

I-72 骨組構造物の振動性状に及ぼす軸力の影響について

大阪大学工学部 正 員 前田 幸雄

大阪大学工学部 正 員 〇林 正

1. まえがき

骨組構造物の振動性状に関する研究は、すでに数多く発表されているが、死荷重やプレストレスなどによる初期軸力を考慮した研究は少ないようである。骨組構造物の固有振動におよぼす軸力の影響に関する研究としては、ランガー桁については吉村・平井の研究¹⁾、また、吊橋については藤野・大坂の研究²⁾がある。本文では、大きな軸力が作用する構造物として、ニールセン桁橋と斜張橋の固有振動におよぼす初期軸力の影響を、2, 3の数値計算により調べた。

2. 理論解析

理論解析では、骨組構造物を、部材の質量を節点に集中させた質点系として取扱った。固有振動解析においては、構造物は死荷重やプレストレスなどの先行荷重による一定の初期軸力が作用する状態で、微小振動するものと考えた。解析方法としては、変形法を用いた。

3. 数値計算例

本文では、動的解析とともに大変形理論による静的解析も行った。その結果は、本文で扱った数値例では、微小変形理論による解と殆んど差がなかった。

表-1~5で用いた記号は、次のことを意味する。

A : 軸力の影響を無視した場合。

B : 軸力の影響を考慮した場合。

B/A : Aに対するBの場合の固有振動数の増加(減少)率

(1) ニールセン型ローゼ桁橋(安芸大橋)

参考文献³⁾の資料により、安芸大橋について、その固有振動数を求めた結果を、表-1に示す。表より、初期軸力を考慮すれば、わずかながら固有振動数は高くなるが、その影響は殆んどないと言ってよいであろう。なお、第6次振動は、橋軸水平方向の振幅が卓越した縦振動である。

(2) 2径間連続斜張橋(摩耶大橋)

参考文献⁴⁾による実験結果とともに、数値計算による値を表-2に示した。数値計算では、プレストレスによる初期張力も考慮した。主桁に作用する圧縮力により、固有振動数は低くなるが、その影響は低次振動において大きく現われる。第6次振動は、塔頂の水平方向の振幅が卓越した振動である。

図-1 安芸大橋

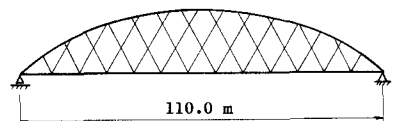


表-1 安芸大橋の固有振動数(c/s)

mode No.	experi. ³⁾ values	theoretical values		
		A	B	B/A(%)
1	1.8525	1.7763	1.7778	0.1
2	2.185	2.1206	2.1248	0.2
3	3.015	2.8678	2.8791	0.4
4	3.850	3.7505	3.7802	0.8
5	5.260	4.6623	4.7218	1.3
6*	—	5.0205	5.0229	0.0
7	—	5.5431	5.6319	1.6

図-2 摩耶大橋

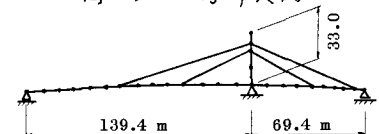


表-2 摩耶大橋の固有振動数(c/s)

mode No.	experi. ⁴⁾ values	theoretical values		
		A	B	B/A(%)
1	0.61	0.6330	0.6150	-2.8
2	1.50	1.4938	1.4571	-2.5
3	2.26	2.2728	2.2498	-1.0
4	3.30	3.3175	3.2913	-0.8
5	—	5.3004	5.2613	-0.7
6*	—	6.1732	6.1375	-0.6

(3) 3径間連続斜張橋

尾道大橋の場合についてはすでに報告したが⁴⁾、ここでは、尾道大橋をモデルとして、図-3に示したようなケーブルの張り方を変えた3つの形式について比較した。なお、塔基部は主桁と剛結した構造とした。

いづれの形式でも、主桁に作用する圧縮力により、固有振動数は減少することが、表-3よりわかる。

また、軸力が最も小さい *Radial-type* の場合には、やはりその影響も最も少ない。一般に、斜張橋の固有振動においては、高次振動になるほどケーブル作用が弱くなり、主桁の固有振動に近づく⁵⁾。したがって、固有振動におよぼす軸力の影響も、高次振動になるほど少なくなる。表-3の第6次振動は、やはり縦振動である。

(4) 大径間斜張橋

図-4に示したような、大径間斜張橋について計算した。断面諸係数および質量は、表-4のように定めた。

まず、大変形理論による静的解析では、微小変形理論による値より、たわみでは最大2%、曲げモーメントでは最大3% 小さかった。

固有振動数におよぼす軸力の影響は、第1次と第2次振動において大きく現われている(表-5)。

4. 結 語

以上の計算結果だけでは、骨組構造物の固有振動性状におよぼす軸力の影響を一般的に論ずることはできないが、径間長の短い橋梁構造物では、初期軸力の影響は、たかだか数パーセント以内であると考えられる。しかし、大径間の斜張橋や吊橋のようなフレキシブルな構造物では、軸力の影響は無視できないと言える。

以上の計算はすべて2倍精度計算で行ない、演算時間は約40節点の構造物で5分ぐらいである。使用機種は、FACOM 230-60 (京大大型計算機センター)で、固有振動数およびモードの計算精度(収束条件)は、 10^{-6} とした。

- 1) 吉村・平井：ランガー桁の動的解析，土木学会論文集，第101号，昭和39年1月。
- 2) 藤野・大坂：任意形式のツリ橋の固有振動解析法，三菱重工技報，Vol.3, No.6, 1966。
- 3) 高木他4名：安芸大橋の実験報告，土木学会論文報告集，第177号，昭和45年5月。
- 4) 田原他5名：摩耶大橋の設計および現地実験，三菱重工技報，Vol.4, No.3, 1967。
- 5) 前田・林・木本：斜張橋の振動性状について，関西支部年次学術講演概要，昭和46年5月。

図-3 3径間連続斜張橋とケーブルの張り方

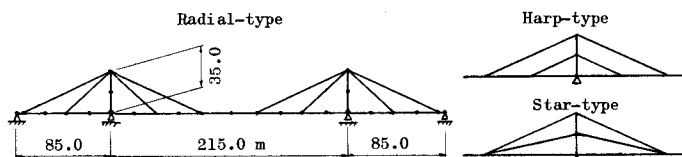


表-3 3径間連続斜張橋の固有振動数(c/s)

type No.	Radial-type			Harp-type			Star-type		
	A	B	B/A(%)	A	B	B/A(%)	A	B	B/A(%)
1	0.557	0.547	-1.8	0.511	0.496	-2.9	0.515	0.505	-1.9
2	0.918	0.905	-1.4	0.673	0.649	-3.6	0.680	0.661	-2.8
3	1.415	1.396	-1.3	1.012	0.988	-2.4	1.007	0.979	-2.7
4	1.596	1.582	-0.9	1.297	1.281	-1.2	1.125	1.103	-2.0
5	1.896	1.897	0.1	1.653	1.638	-0.9	1.474	1.452	-1.5
6*	—	1.990	—	1.997	1.999	0.1	2.008	2.008	0.0

図-4 大径間斜張橋

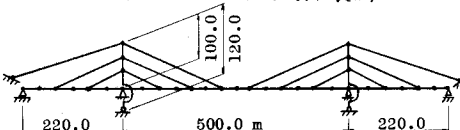


表-4 断面諸係数と質量

	girder	tower	cable
A (m ²)	1.0~1.2	0.20~0.25	0.1
I (m ⁴)	1.0~1.5	0.075~0.10	0.0
E (t/m ²)	2.1×10^7	2.1×10^7	1.6×10^7
w (t/m)	10.0	2.0	0.8

表-5 固有振動数(c/s)

mode No.	A	B	B/A(%)
1	0.1510	0.1142	-24.4
2	0.1647	0.1282	-22.2
3	0.4604	0.4457	-3.2
4	0.5488	0.5159	-6.0
5	0.6816	0.6529	-4.2
6	0.7543	0.7478	-0.9
7	0.8484	0.8428	-0.7