

I-427

ケーブルにモード座標系を用いた斜張橋の連成振動解析

川崎重工業(株) 岸本節二 長岡技術科学大学 長井正嗣
 埼玉大学大学院 菊地昭仁 埼玉大学工学部 奥井義昭 秋山成興

1. まえがき

斜張橋の振動解析において、ケーブルの振動をより厳密に扱おうとすると、全体の自由度数、バンド幅が大幅に増大することから、これまでの解析では比較的少ないケーブル内質点での計算が行われている。その場合、振動数の誤差は小さいと考えられるが、ケーブルのモード形、断面力については大きな誤差が予想される。そこで、ケーブルの自由度低減を目的として、ケーブルの物理座標をモード座標に変換する振動解析法の適用性をケーブル単体モデルで検討した。本文では、縮約したケーブルを斜張橋システムに組み込み、斜張橋としての解析での適用性の検討を行う。

2. 解析方法

各ケーブルに縮約法を適用し解析を行った。図-1に示すように、まず支点移動による内部節点の変位と、次にケーブル両端を固定して求めた振動モード形を用いて、内部節

点の変位を両端の変位とモード座標に対応する一般化変位に変換する。変換マトリックスを用いて内部節点の自由度を低減した質量、剛性マトリックスを作成し、斜張橋全体の質量、剛性マトリックスへ組み込む。そして斜張橋の二次元固有振動解析を行う。(文献[1], [2]参照)

解析モデルを図-2に示す。また表-1にモデルの諸元を示す。

ケーブル両端を固定した固有値解析で求めるモード数(以下縮約

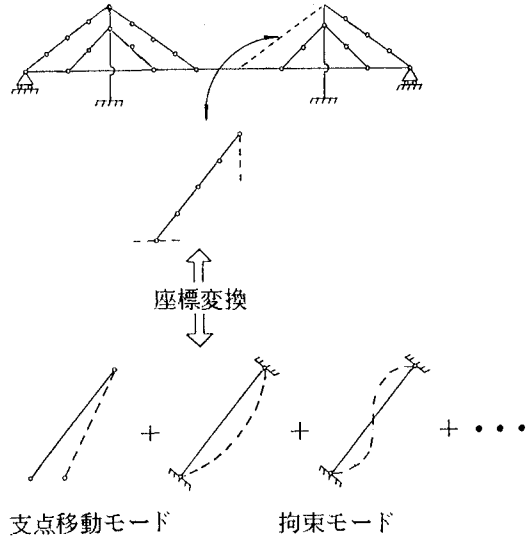


図-1 縮約手順

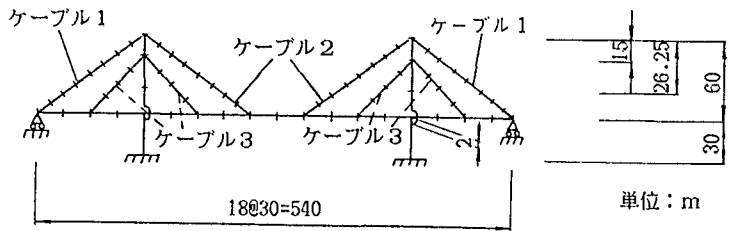


図-2 解析モデル

表-1 モデルの諸元

主桁	ヤング率(tf/m ²)	2.1X10 ⁷	ケーブル1	ヤング率(tf/m ²)	2.0X10 ⁷
	断面積(m ²)	1.5		断面積(m ²)	0.07
	断面二次モーメント(m ⁴)	2.5		水平張力(tf/m)	2164
	単位長さ重量(tf/m)	19.6		単位長さ重量(tf/m)	0.5488
主桁	ヤング率(tf/m ²)	2.1X10 ⁷	ケーブル2	ヤング率(tf/m ²)	2.0X10 ⁷
	断面積(m ²)	1.0		断面積(m ²)	0.06
	断面二次モーメント(m ⁴)	4.0		水平張力(tf/m)	2473
	単位長さ重量(tf/m)	15.7		単位長さ重量(tf/m)	0.4704
			ケーブル3	ヤング率(tf/m ²)	2.0X10 ⁷
				断面積(m ²)	0.044
				水平張力(tf/m)	1623
				単位長さ重量(tf/m)	0.3332

モード数と呼ぶ）をパラメータとして解析した。

3. 解析結果および考察

縮約解析から得られた、固有振動数の解析精度を図-3に示す。同図は、縮約モード数（全ケーブルについて同数）の変化に伴う固有振動数の誤差を表し、誤差については次式から算出した。

$$\text{誤差}(\%) = (| \text{非-縮} | / \text{非}) \times 100$$

非：非縮約解析（ケーブル質点モデル）

の解析値

縮：縮約解析の解析値

図-3には書いてないが、1次モード（橋軸方向振動）の振動数については約2.1(%)の誤差、2次モード（桁の鉛直1次）については0.1(%)の誤差が生じ、2次以上の固有振動数は非縮約解析と良い一致を示すことが分かる。

固有モードの計算結果を図-4, 5に示す。図-4は1次から3次の固有モードを表し、図-5はケーブルと桁の連成が生じている3次モードにおいてケーブルの部分拡大し、縮約解析と非縮約解析の結果を比較したものである。これらの計算結果から、固有モードについても縮約解析は比較的精度良く解析できることが分かる。

4. まとめ

単一ケーブルの振動方程式をモード座標を用いて表示し、斜張橋システムに組み込んだ解析を行った。ケーブルに質点を設けた振動解析結果との比較からケーブルのモード値についても良い一致を示し、有効な手法となることが確認できた。

参考文献

- [1] 菊地, 奥井, 秋山他, ケーブルの振動解析における縮約法の適用, 土木学会第48回年次学術講演会（平成3年9月）
- [2] 長松昭男, モード解析, 培風館, 1985

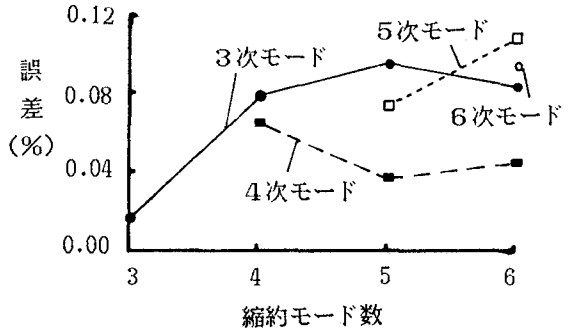


図-3 固有振動数の解析精度

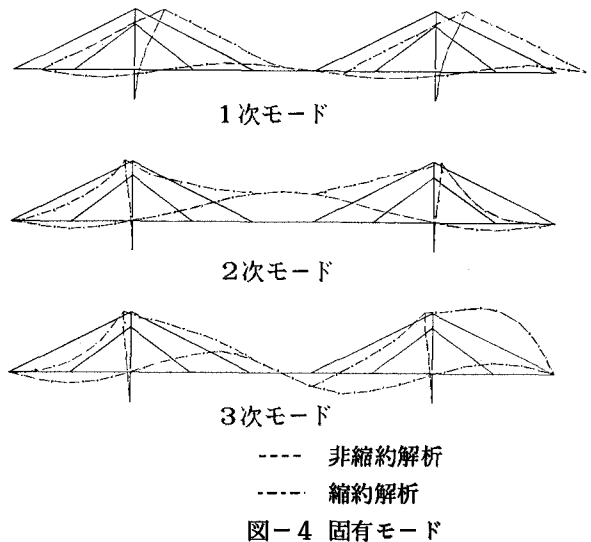


図-4 固有モード

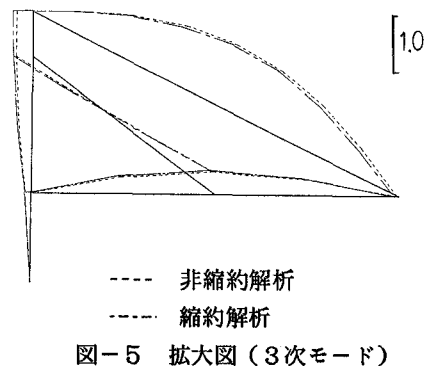


図-5 拡大図（3次モード）