

肥前鷹島大橋のケーブル要素を用いた振動解析

長崎大学大学院 学生会員 ○田中健介 長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄
 福 州 大 学 非 会 員 呉 慶 雄 長崎大学工学部 正 会 員 中村聖三

1. まえがき

斜張橋において支持ケーブルは重要な構造部材である。しかし、現在の汎用ソフトでは、支持ケーブルのサグや係数励振振動の影響について考慮できず、サグを無視した一つの要素でモデル化を行い、解析を行っている。しかし、この方法では、支持ケーブルの応答による主桁や主塔に及ぼす影響を考慮した全体系の振動解析ができない。そこで、本研究では、サグを考慮しないモデル(以下、非分割モデル)とサグを考慮したケーブル要素を用いたモデル(以下、分割モデル)の 2 つのモデルを用い、周期加振を行った際の全体系の応答を比較して影響を評価する。さらに、ケーブルを斜張橋全体系から分離し一つの連続体として固有振動数を求め(以下、分離モデル)、分割モデルを用いて求めた固有振動数と比較を行い、ケーブル分離の影響を評価する。

2. 橋梁の概要

肥前鷹島大橋(仮称、建設中)は長崎県鷹島町と佐賀県肥前町との間を結ぶ橋梁で、主橋梁部は斜張橋が採用されている。本橋に対してはコスト削減が検討され、主桁は鋼構造、主塔は RC 構造が採用されている。

図-1 に肥前鷹島大橋(仮称)の一般図を示す。橋梁形式：5 径間連続複合斜張橋、橋長：1251m(中央径間 400 m+側径間 440m+取付け橋 411m)、幅員：車道部 6m、歩道部 2m、ケーブル：二面吊、間隔 11.5m、主塔：逆Y字下絞り 高さ 100m、主桁：鋼フェアリング無し一箱桁

3. 解析モデル

(1) 斜張橋全体のモデル

本研究では、全体系の振動解析に対して 3 次元有限要素法を用いて構造のモデル化を行う。支持ケーブルのサグを無視した汎用ソフト(TDAPIII)を用いた非分割モデル¹⁾とサグを考慮できる本研究室で開発したソフトを用いた分割モデル²⁾の 2 つのモデルを用いて解析を行う。非分割モデルでは支持ケーブルは弦要素を用い、分割モデルでは一つの支持ケーブルを 8 つに分割を行ったケーブル要素を用いてモデル化を行う。どちらのモデルにおいても主桁・主塔ははり要素を用いた。非分割モデルでは節点数 554、要素数 683、分割モデルでは節点数 1048、要素数は 1187 である。

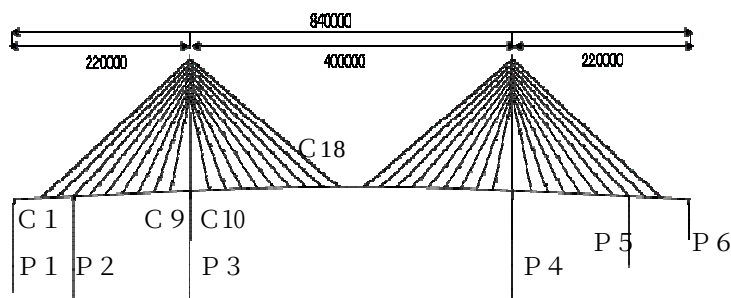


図-1 対象橋梁一般図 単位(mm)

(2) ケーブルのモデル

非分割モデルにおいて、ケーブルの固有振動数の算定はできないため、ケーブルの固有振動解析には、斜張橋全体系から支持ケーブルのみを取り出し、サグを持つ偏平ケーブルの運動方程式を用いて支持ケーブルの固有振動解析を行う。本研究では、支持ケーブルに図-1のように側径間から順にケーブル番号を付ける。本橋梁のケーブルは塔に対して対称に張られているが、死荷重時張力が異なるので、側径間と主径間の対応するケーブルの固有振動数は必ずしも一致しない。

4. 解析結果

(1) ケーブルの固有振動数

分離モデルと分割モデルによって求めたケーブルの一次固有振動数を表-1 に示す。なお、差は、分離モデルに対しての差を示している。両者の固有振動数の比較を行うと、最大 2%程度の差があるケーブルがある

ものの、差は小さく、ほぼ同じ固有振動数が求められていることがわかる。これより、ケーブルの固有振動数の算定には、ケーブル分離の影響は小さいものと判断できる。なお、表-1には、側径間側のケーブル固有振動数のみを示しているが、中央径間側のケーブルにおいても、同様の結論が得られた。

(2) 周期加振による全体系の応答

本研究では、ケーブルの局部振動を考慮できない非分割モデルと考慮できる分割モデルの2つのモデルの応答について比較を行うため周期加振を行い、モデルの違いが主桁や主塔の応答におよぼす影響を照査する。

周期加振力は鉛直加振の場合

表-2 非分割モデルと分割モデルにおける応答の比較

加振方向	主桁中央点鉛直変位(m)		主塔頂部橋軸方向変位(m)		主塔基部軸力(kN)	
	非分割モデル	分割モデル	非分割モデル	分割モデル	非分割モデル	分割モデル
鉛直(0.677Hz)	0.067	0.141	0.014	0.026	305	298
ねじり(1.252Hz)	0	0.146	0	0.019	229	645

は中央径間中央断面中点に、ねじり加振の際には中央径間中央断面中点から10mはなれた2箇所に逆位相入力を行う。入力加振力は、鉛直加振では100kN、ねじれ加振では50kNである。入力振動数は、鉛直加振では鉛直対称2次の固有振動数である0.677Hz、さらにねじり加振ではねじれ対称1次の固有振動数である1.252Hzとした。

表-2は、周期加振における主桁中央点鉛直変位と主塔頂部橋軸方向変位、主塔基部軸力について非分割モデルと分割モデルの値を示したものである。表-2より、0.677Hzで鉛直加振した場合は、変位に関しては非分割モデルが分割モデルに比べ小さい値を示しているものの、軸力に関して、ほぼ同様な値が得られた。1.252Hzのねじり加振については、鉛直加振と同様に、非分割モデルが分割モデルに比べ変位の値は小さい。また、主塔基部軸力も非分割モデルが分割モデルに比べ小さい値を示し、両者に差が生じた。

図-2に、0.677Hzで鉛直加振した際の主塔軸力を表したものである。これより非分割モデルおよび分割モデルともに同様な軸力分布を示していることがわかる。しかし、負の軸力の領域では、非分割モデルと分割モデルでは差が生じていることが分かる。

これらの応答の差異は、非分割モデルではケーブルの振動による主桁や主塔への影響を評価することができないが、分割モデルではこれらを評価したため生じたものと考えられる。

5. まとめ

- (1)支持ケーブルの固有振動数算定において、分離モデルと分割モデルとの差が小さく、斜張橋全体系から分離し一つの連続体として算定が可能であることを示した。
- (2)周期加振を行い、分割モデルと非分割モデルの応答を比較したところ、ケーブルの局部振動が応答に及ぼす影響が大きいことを示した。これより、ケーブルの局部振動の応答を評価するためには、分割モデルを使用すべきである。

今後、ケーブルの非幾何学的非線形領域までを考慮したモデル化を行いたいと考えている。

参考文献

- 1)高橋, 呉, 中村, 久保田, 伊田:斜張橋のケーブルの局部振動の解析, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.501-510, 2000.3
- 2)木村, 呉, 高橋, 中村:ケーブル要素と弦要素を用いた斜張橋の動的応答の比較に関する研究, 土木学会第60回年次学術講演会講演概要集, 第1部門, pp.1147-1148, 2005

表-1 ケーブルの固有振動数

ケーブル番号	1次固有振動数(Hz)		
	分離モデル	分割モデル	差(%)
C1	0.576	0.586	1.7
C2	0.614	0.626	2.0
C3	0.685	0.695	1.5
C4	0.784	0.792	1.0
C5	0.922	0.929	0.8
C6	1.042	1.049	0.7
C7	1.182	1.188	0.5
C8	1.396	1.400	0.3
C9	1.656	1.659	0.2

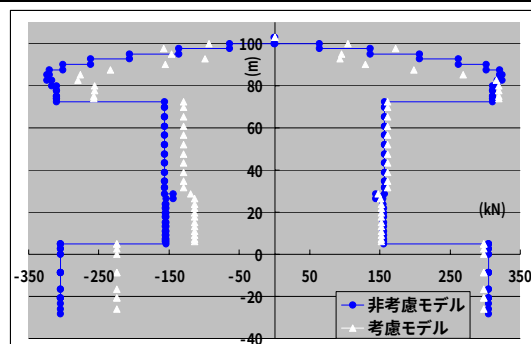


図-2 0.677Hz 加振時の主塔軸力