

上路式吊床版橋の固有振動解析モデルの検討

九州東海大学 大学院 学生会員 原田 務

九州東海大学 工学部 正会員 加藤雅史

1. はじめに

近年、吊床版橋は歩道橋として数多く建設されるようになった。そして、この吊床版形式は景観的に優れ短期施工が可能なこと等から、道路橋への適用が注目を集めつつある。また、実橋の振動試験も多く実施され、各橋梁ごとの振動解析も行われている^{1) 2) 3)}。しかし、振動解析における解析モデルの違いによる固有振動特性の差異については、ほとんど検討されていない。そこで、本研究では2種類の上路式吊床版試設計橋についてそれぞれ複数の解析モデルを作成し、解析モデルの形状の違いおよび2次ケーブルの導入プレストレスによる幾何剛性が固有振動特性に及ぼす影響について検討した。

2. 基本型試設計橋の解析

まず、支間長 80m の上路式吊床版橋を基本型試設計橋 (A タイプ) として、いくつかの解析モデルを作成し固有振動解析を行った。解析モデルは上床版と下床版をそれぞれ一本の梁要素にモデル化し、それを繋ぐ部材を実断面どおりに横梁・2本の鉛直材を配置した実断面モデル (実)、横梁・鉛直材を一本の鉛直方向部材にまとめた簡略モデル (略) の2つのケースに、さらに下床版の梁要素に2次ケーブルのプレストレス力を直接導入したケース (直)、ケーブル

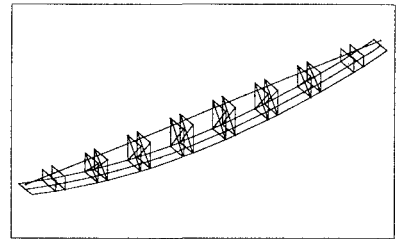


図-1 解析モデル『A-実-ケ』

部材を追加してそこに張力を導入したケース (ケ) の計6つケースについてモデルを作成し解析を行った。なお、いずれのモデルも3次元骨組モデルを使用している。図-1に実断面ケーブル部材使用モデル『A-実-ケ』の解析モデル図を示す。また、固有振動解析の結果を表-1に示す。この表は『A-実』モデルの1~10次固有振動の振動モードを基準に各モデルの固有振動数を示している。図-2は『A-実』を基準として各モデルの固有振動数を比較したものである。結果として、次のようなことが言える。

a) 解析モデルの簡略化による固有振動特性への影響

実断面モデル『A-実』、『A-実-直』、『A-実-ケ』のそれぞれに対して各簡略モデルの固有振動数を比較した場合、プレストレス力未導入のケースでは『A-略』が平均5.4%高く、張力導入ケースでは『A-略-直』と『A-略-ケ』もそれぞれ平均で5.1%、5.0%高くなっている。また、図-2よりモデルの簡略化がたわみ逆対称モードに大きな影響を与えていることが判る。

b) プレストレス力考慮による固有振動特性への影響

張力未導入モデル『A-実』と『A-略』を基準にプレストレス力を考慮した場合の固有振動数を比較す

表-1 各モデルの固有振動特性 (基本型) 単位: Hz

次数	固有振動モード	張力未導入		張力導入			
		A-実	A-略	A-実-直	A-実-ケ	A-略-直	A-略-ケ
1	たわみ逆1次	1.305	1.421	1.438	1.441	1.547	1.547
2	たわみ1次	1.576	1.644	1.643	1.644	1.702	1.702
3	たわみ2次	2.288	2.432	2.437	2.440	2.581	2.580
4	橋軸直角1次	2.751	2.793	2.771	2.771	2.813	2.813
5	ねじり1次	2.876	2.972	2.897	2.904	2.998	3.005
6	たわみ逆2次	3.097	3.299	3.316	3.319	3.510	3.508
7	たわみ対称3次	4.312	4.527	4.553	4.555	4.762	4.759
8	たわみ逆3次	5.646	5.844	5.905	5.907	6.101	6.097
9	たわみ4次	7.389	7.510	7.654	7.655	7.775	7.770
10	ねじり逆1次	7.409	8.397	7.421	7.428	8.446	8.456

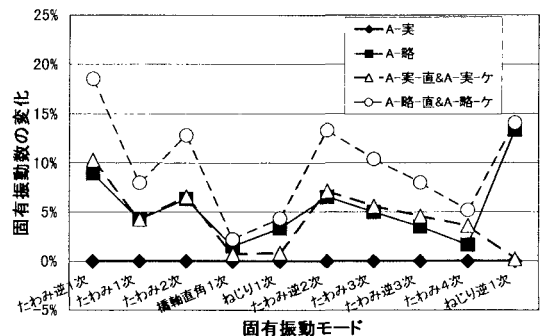


図-2 固有振動数数の変化 (基本型試設計橋)

ると、『A-実-直』、『A-実-ケ』は平均 4.4%程度、『A-略-直』、『A-略-ケ』は平均 4.0%程度固有振動数が高くなった。固有振動数への影響は低次のたわみ振動モードで大きく、橋軸直角・ねじり振動モードでは小さい。

c) プレストレス導入用ケーブル部材の有無による固有振動特性への影響

ケーブル張力導入モデルの『A-実-直』と『A-実-ケ』および『A-略-直』と『A-略-ケ』を比較すると、それぞれほぼ同じ固有振動数となった。これより、新たにケーブル部材を設けて張力を導入する必要はなく、基本モデルの上下床版に張力を導入しても良いと考えられる。

d) 解析結果には示していないが、『A-実-ケ』および『A-略-ケ』モデルにケーブル部材と下床版を接続する部材をさらに増やした場合でも固有振動数の変化は平均 0.1%程度であり、ケーブル部材を用いる際の下床版との接続部材は鉛直材位置の仮想横梁の他に設ける必要はないであろう。

3. 応用型試設計橋の解析

応用型試設計橋（Bタイプ）は、建設を想定した地形条件等を考慮して前述の基本型試設計橋を応用した橋梁である。諸元は吊床版部の支間長は基本型と同じ 80m、片側に橋脚を介した側径間部を有し、橋長を 122mに拡張しモデルである。解析ケースは前述の基本型と同じ 6 ケースについて解析を行った。図-3に実断面ケーブル部材使用モデル『B-実-ケ』の解析モデル図を示す。表-2に固有振動解析の結果を示す。この表は『B-実』の振動モードを基準に固有振動数を示している。

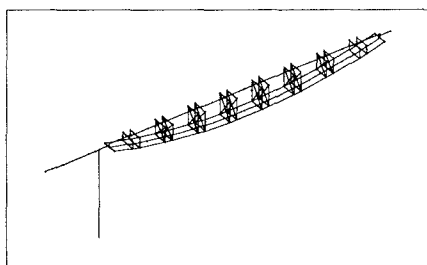


図-3 解析モデル『B-実-ケ』

図-2は『B-実』を基準として各モデルの固有振動数を比較したものである。これより応用型の解析結果においても基本型と同様の傾向が見られる。

表-2 各モデルの固有振動特性（応用型）単位：Hz

次数	固有振動モード	張力未導入		張力導入			
		B-実	B-略	B-実-直	B-実-ケ	B-略-直	B-略-ケ
1	たわみ逆1次	0.824	0.871	0.988	0.990	1.033	1.033
2	たわみ1次	1.535	1.605	1.605	1.607	1.661	1.661
3	橋軸直角1次	1.600	1.651	1.612	1.616	1.663	1.667
4	たわみ2次	2.082	2.169	2.231	2.233	2.324	2.323
5	たわみ逆2次	2.218	2.388	2.323	2.331	2.518	2.517
6	ねじり1次	2.515	2.665	2.544	2.549	2.697	2.704
7	たわみ逆3次	3.126	3.476	3.277	3.285	3.596	3.595
8	たわみ3次	3.931	4.109	4.184	4.186	4.355	4.352
9	橋軸直角逆1次	4.838	4.952	4.854	4.858	4.969	4.972
10	たわみ逆4次	5.135	5.291	5.405	5.407	5.556	5.553

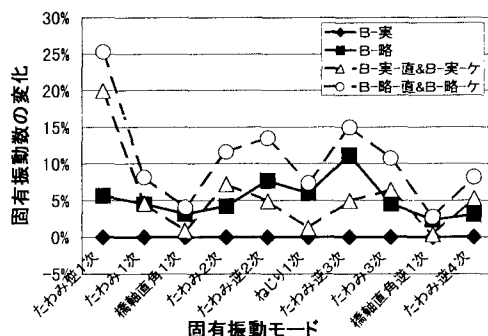


図-4 固有振動数の変化（応用型試設計橋）

4. まとめ

基本型および応用型試設計橋の解析結果を総括すると以下のようである。

- (1) 横梁・2本の鉛直材を1本の鉛直部材に簡略化することで固有振動数が平均で5.0～5.5%高くなる。
- (2) 2次ケーブル張力を考慮することにより、平均4.0～5.6%ほど固有振動数が高くなる。固有振動数の変化は、たわみ振動への影響が大きく、橋軸直角・ねじり振動では影響が少ない。
- (3) プレストレス導入用ケーブル部材を用いても、床版の梁部材に直接プレストレスを導入しても振動特性はほとんど変わらない。

[参考文献]

- 1) 梶川 他：P C吊床版歩道橋の振動とその使用性，構造工学論文集，Vol.36A，1990年3月。
- 2) 梶川 他：吊床版橋の振動実験—鳥山城カントリークラブ歩…，橋梁と基礎，Vol.24，No.4，1990年4月。
- 3) 唐下 他：走行加重による上落式P C吊床版橋の振動特性，橋梁振動コロキウム'97論文集，1997年10月。