

ハイブリッド吊床版歩道橋の力学特性について

九州産業大学 学○古城 建一 九州産業大学 正 水田 洋司
九州産業大学 正 吉村 健 新構造技術(株) 正 岡戸 三夫

1. 序論

吊床版歩道橋では、サグ比を大きくすればたわみやケーブル張力を小さくできるため、経済上有利となる。しかし、縦断勾配の制約を受け、サグ比は3%以下が採用されている。サグ比を大きくしてケーブル張力を小さくするために、文献(1)でハイブリッド吊床版歩道橋を提案した。本論文では低い主塔を持つハイブリッド吊床版歩道橋の力学特性を吊床版歩道橋や歩道吊橋と比較して検討している。

2. ハイブリッド吊床版橋

現在架設されているPC吊床版橋は自重が大きく、かつサグ比の問題などで使用目的が制限されている。ハイブリッド吊床版橋はこれらの問題を解決するための構造形式で、張力の一部は低い主塔を設けて外装ケーブルに分担させ、残りは複合桁(PCと鋼)と内装ケーブルに分担させる吊床版橋である。床版の自重の軽量化を考え、主塔近傍の床版をPCとし、スパン中央部の床版を鋼とした。提案するハイブリッド吊床版橋の概略図を図-1に示している。

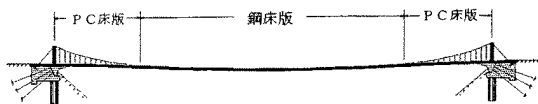


図-1 ハイブリッド吊床版橋

3. 解析モデル

表-1に吊床版歩道橋、歩道吊橋、ハイブリッド吊床版歩道橋の諸元を示す。解析には幾何学的非線形を考慮した有限要素法を用い、3次元解析を行った。図-2に吊床版歩道橋、歩道吊橋、ハイブリッド吊床版歩道橋の解析モデルを示す。吊床版歩道橋はハイブリッド吊床版歩道橋と比較するため、床版の外側にケーブルを設置し、剛性の大きいハンガーロープでケーブルと床版とを連結したモデルとして解析した。吊床版歩道橋のケーブルを外装にしても内装の場合と比較して、たわみや固有振動数・固有モードは変化しなかった。

表-1 各モデルの諸元

	吊床版歩道橋	歩道吊橋	ハイブリッド吊床版歩道橋
スパン(m)	123	123	123
幅員(m)	1.5	1.5	1.5
ケーブル張力(kgf)	1988800	17893	(1)149433 (2)125950
サグ量(m)	4.10	7.73	4.10 (deck) 8.61 (cable)
床版材料	コンクリート	鋼	鋼 コンクリート
I (m ⁴)	0.0039	0.00001607	0.0000438 0.00076824
自重(kgf/m)	2360.5	134.7	282.7 1008.6
全断面積(m ²)	0.7296	0.013063	0.0114 0.3706
換算ヤング係数	3.63E+05	2.09E+06	2.08E+06 3.34E+05

ここに、I:床版の断面2次モーメント、換算ヤング係数の単位(kgf/cm²)
(1):ハイブリッド(1)モデルのケーブル張力、(2):ハイブリッド(2)モデルのケーブル張力

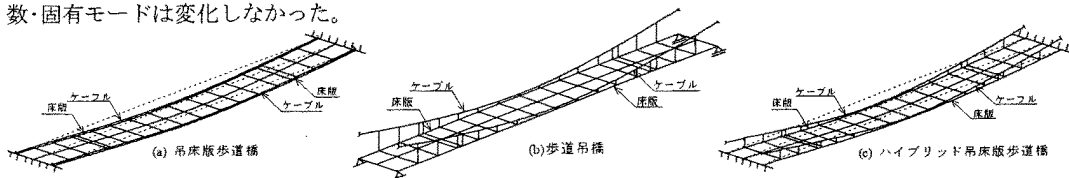


図-2 解析モデル

4. たわみ特性

図-3に単位荷重(1.0tf)がL/4点に作用したときの各モデルのたわみを示している。図中のハイブリッド(1)は自重による水平張力をケーブルと床版で7:3に分担したモデル、ハイブリッド(2)は自重による水

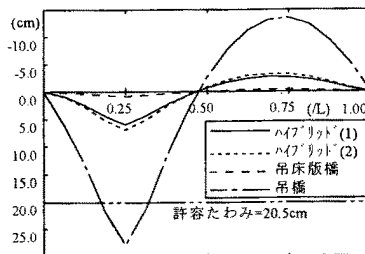


図-3 集中荷重によるたわみ曲線

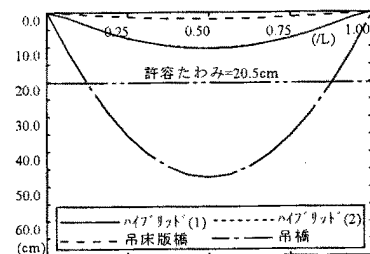


図-4 設計荷重によるたわみ曲線

平張力を全てケーブルで分担したモデルを示す。たわみは吊橋、ハイブリッド吊床版橋、吊床版橋の順で小さくなっている。図-4は設計荷重(0.15tf/m)によるたわみ曲線である。この場合も吊橋、ハイブリッド吊床版橋、吊床版橋の順に小さくなっている。ハイブリッド吊床版橋のたわみ特性は吊床版橋に近い。

5. 固有振動数・固有モード

表-2に各モデルの1次から5次まで固有振動数を表している。ハイブリッド吊床版橋は各次数とも、吊橋より大きく、吊床版橋より小さい。図-5は最低固有振動の基準モードを示しており、逆対称1次となっている。吊橋では低次振動(0.5Hz)に桁のねじり振動が存在するが、ハイブリッド吊床版橋(1.45Hz)では吊床版橋(1.49Hz)と同様に高い振動数となっている。また、ハイブリッド吊床版橋はねじりと面外の振動が連成して生じている。

6. ハイブリッド吊床版歩道橋のサグ比と固有振動数・固有モード

ハイブリッド吊床版歩道橋の力学特性はサグ比、つまり塔の高さが影響すると考えられ、図-6に塔の高さをパラメータにしたときの集中荷重(1.0tf/L/4点)によるたわみを図示している。塔の高さが高いほどたわみが大きくなっている。

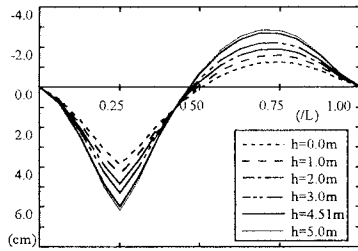


図-6 たわみの比較 (集中荷重)

図-7には塔の高さをパラメータにしたときの設計荷重(0.15tf/m)によるたわみを図示している。塔の高さが高いほどたわみが小さくなっており、集中荷重によるたわみと逆の影響が出ている。図-8は塔の高さを変えたときの固有振動数を図示している。塔が高くなるにつれ最低次固有振動数は低下しており、ケーブルの面外振動の振動数も低下している。また、塔の高さが3m以上のモデルでは、固有振動数が逆対称1次、対称1次、逆対称2次、対称2次の順になっている。

7. まとめ

ハイブリッド吊床版歩道橋の力学特性は、吊床版歩道橋によく類似している。設計荷重によるたわみは十分に許容値内にあり、その値は吊橋より小さく、吊床版橋より大きい。固有振動数は、逆対称1次モードが最低次となって現れ、ケーブルのサグ量により応答特性が少し異なる。塔の高さを高くする(サグ量が大人)と、集中荷重ではたわみが大きくなり、設計荷重(等分布荷重)ではたわみが小さくなる。固有振動数は塔が高くなるにつれ低下する。これらは、サグ比が大きくなることにより、ケーブル張力が小さくなるために生じる現象であろう。

参考文献

- (1) YOSHIMURA et al: Steel and Hybrid Stress-Ribbon Pedestrian Bridges, IABSE REPORTS, Vol.79, pp.329-334, September 2-4, 1998. (2) 水田洋司, 他4名: 吊床版歩道橋の静的特性について, 土木構造・材料論文集第14号, pp.55-60, 1998年12月.

表-2 固有振動数の比較

	ハイブリッド(1)	ハイブリッド(2)	吊床版橋	吊橋
1次	0.46 (V)	0.43 (V)	0.58 (V)	0.40 (V)
2次	0.67 (V)	0.62 (V)	0.73 (H)	0.51 (T)
3次	0.93 (CH)	0.91 (V)	0.80 (V)	0.57 (V)
4次	0.97 (V)	0.97 (H)	1.14 (V)	0.64 (T)
5次	0.99 (H)	1.02 (CH)	1.21 (V)	0.84 (V)
備考	V: 桁鉛直, H: 桁面外, T: 桁ねじり CH: ケーブル面外			

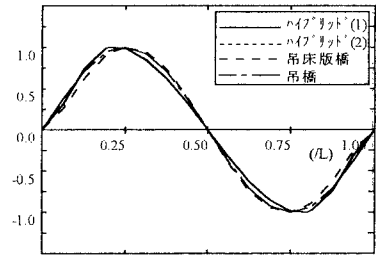


図-5 最低次の固有モード

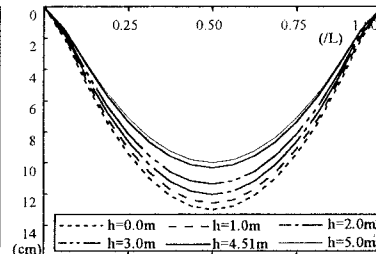


図-7 たわみの比較 (設計荷重)

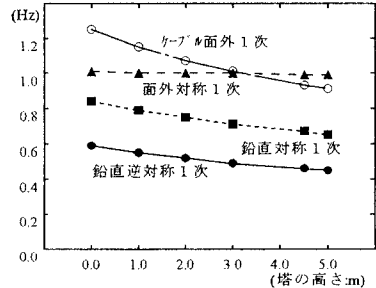


図-8 塔の高さと固有振動数