

自碇式上路 PC 吊床版橋の動的特性について

金沢大学工学部
金沢大学工学部
金沢大学大学院
オリエンタル建設(株)

正会員 梶川 康男
学生会員 ○山田 智之
学生会員 犬島 秀治
正会員 角本 周

1.はじめに

自碇式上路 PC 吊橋とは、鉛直材を介して主桁を支持する吊ケーブルを主桁両端に定着し、吊ケーブルに作用する張力の水平反力を主桁軸方向に負担させ、その軸力によりコンクリート製の主桁にプレストレスを導入するという、材料特性を生かした合理的な橋梁形式である。1) この形式の構造上の問題点として、従来の PC 桁橋に比べて剛性が低く死荷重量が軽いことから、活荷重に対する動的応答が大きくなり使用性が損なわれる可能性がある。そこで、このような形式の橋梁に対して解析方法の妥当性の確認をするために動的な構造特性および歩行者通行時の振動使用性を実橋載荷試験にて把握した。

2.実験概要

対象橋梁の一般図を図-1 に示す。振動実験として、衝撃加振試験、定点加振実験および歩行・走行実験を行った。測点配置図を図-2 に示す。衝撃加振試験では、2 人が椅子から飛び降りることにより、橋梁に衝撃を与え、得られた速度波形から FFT によるスペクトル解析を行い、卓越する振動数・振動モードを求めた。歩行・走行実験では、卓越振動数前後のピッチ音にあわせて歩行時には 2 人、走行時には 1 人が、共振歩行及び走行を行った。

3.固有振動特性

本橋を図-3 に示すように 3 次元骨組構造にモデル化した。解析モデルは、主桁を梁部材、鉛直材を梁部材 (Type1)・トラス部材 (Type2) とし、吊ケーブルを幾何剛性を考慮した弦部材、横継ぎ材をトラス部材としてモデル化した。サブスペース法により固有値解析を行い、実測で得られた結果と比較したものを表-1 に示す。また、その振動数に対応した解析により得られた振動モードを図-4 に示す。本形式橋梁の座屈モードは

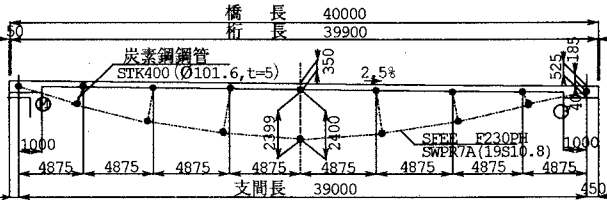


図-1 一般図

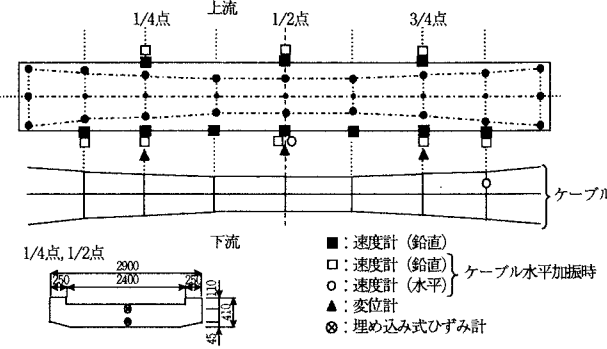


図-2 測点配置図

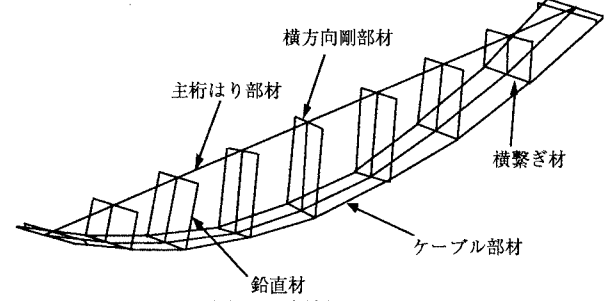


図-3 解析モデル

表-1 固有振動数 (単位: Hz)

次数	振動モード	実験値	解析値	
			Type1	Type2
1	たわみ対称 1 次	1.17	1.17	1.17
2	たわみ逆対称 1 次	1.73	1.65	1.62
3	たわみ対称 2 次	3.86	3.51	3.48
4	ケーブル面外対称 1 次	4.74	5.38	1.80

逆対称モードが最低次となっているが、固有振動モードは対称モードが最低次となっている。本形式橋梁の吊ケーブルのサグ比は吊床版橋のものより大きいが、吊部材の剛性が主桁の剛性に比べて著しく小さいことから、たわみ対称1次モードが最低次の振動モードだと考えられる。実験と解析において得られた1次から3次の各振動数モードの固有振動数は、ほぼ一致した値を示しており吊ケーブルの橋軸直角方向振動が卓越する4次モードの実測値は、鉛直材を梁部材として扱ったType1とトラス部材としたType2の中間に位置している。さらにこの吊ケーブルの橋軸直角方向振動の振動数に合わせて強制加振した際に、床版上の支間1/2点（鉛直方向）において主桁のねじれ振動を確認している。よって、本実験で行った加振振幅範囲では鉛直材と主桁の境界条件は完全なヒンジ状態にはなっておらず、梁部材として扱ったType1に近い結果になったものと考えられる。

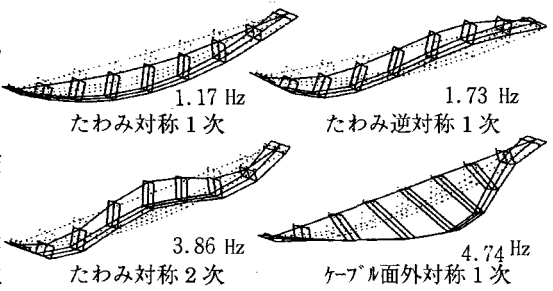


図-4 振動モード

表-2 減衰定数

次数	振動モード	実験値 (%)
1	たわみ対称1次	0.67
2	たわみ逆対称1次	1.20
3	たわみ対称2次	1.06

4. 減衰特性

定点加振実験により、各振動モードに共振させた後の自由減衰波形から減衰定数を求め表-2 にまとめた。各振動モードの減衰定数を比較すると、たわみ対称1次モードがその他の振動モードの減衰定数に比べて、小さい値となっている。固有振動解析により得られた各振動モードごとの全振動エネルギーに対する各部材のひずみエネルギーの比率を図-5 に示す。たわみ対称1次モードは、他の振動モードに比べて吊ケーブルのエネルギー比率が高い結果となっており、モード減衰定数が小さくなる要因と考えられる。

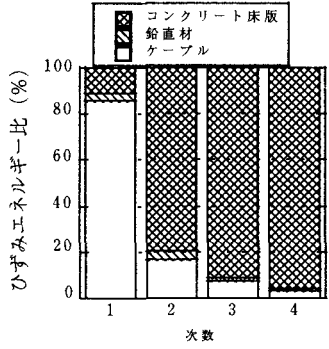


図-5 ひずみエネルギー比

5. 振動使用性

本橋の振動使用性を評価するため、歩行・走行実験において各振動モードに共振させた場合に得られた最大応答値と歩行者の振動に対する心理的な影響から見た振動じよ限度の関係を図-6 に示す。これより2Hz 前後の歩調範囲（1.6～2.4 歩/秒）に存在するたわみ逆対称1次モードは、いずれの振動使用性に対するじよ限度の提案値も超えていないことから、本橋の振動使用性には、特に問題はないと考えられる。

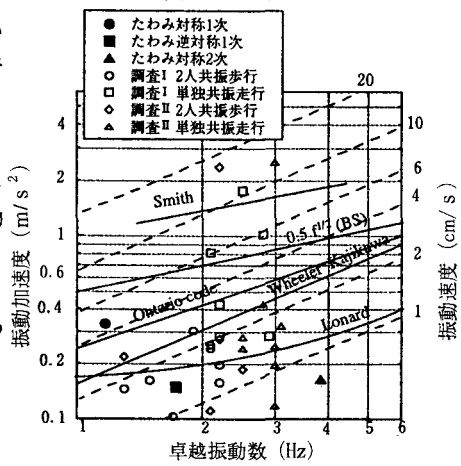


図-6 振動じよ限度

6. まとめ

- (1) たわみ対称1次モードの減衰定数は、他の振動モードの減衰定数に比べて小さい値を示す。これは振動エネルギーが、他の振動モードに比べて吊ケーブルのひずみエネルギーに大きく依存していることが原因として考えられる。
- (2) 本橋では、通常歩行の歩調範囲（1.6～2.4 歩/秒）にたわみ逆対称1次モードがあるが、歩行者の通行により生じる振動レベルは不快感を与えるほど大きくなく、振動使用性は問題ないと考えられる。

参考文献 1) Virlogeux, M., et al. : A Prestressed Concrete Slab Supported from Below : The Truc de la Fare Bridge, La Technique Francaise, The 12th Intemational FTP Congress, pp.403-417,1994.