

I - B 437

自碇式上路PC吊橋模型の振動特性について

金沢大学工学部

正会員 ○梶川 康男

オリエンタル建設(株)

正会員 角本 周

大日本コンサルタント(株)

牧 祐之

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、かつ、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、主桁に曲げ剛性と比較して大きな軸力が作用するために、主桁剛性と吊ケーブルからの作用軸力の比率によっては主桁が座屈破壊する可能性があることである。そこで、本研究ではこのような形式の模型橋梁に対して、静的載荷試験を行い、本橋が破壊していく段階において振動特性がどのように変化するのか把握するとともに、各振動モードの減衰定数の変化を調べた。

2. 実験概要

本実験では、図-1に示すような供試体長8.0m、支間7.8m、支間サグ比1/15の自碇式上路PC吊橋に対して、スパン中央に荷重を載荷したときの各損傷段階における振動特性を把握した。載荷方法は、サーボパルス型載荷装置を用いて、スパン中央の変位を2mmずつ増加させる変位制御とした。なお、コンクリートや鉄筋の損傷状況と振動特性の関係を把握するために、スパン中央の変位量(載荷最大変位)が20mmずつ増加した段階で荷重を除荷し、その都度振動実験を行い、振動実験終了後に再載荷する手順で実験を行った。振動実験の方法としては、まずサーボ型速度計を図-2に示すように配置し、スパン1/2点および1/4点においてハンマーを用いた衝撃加振試験を行い、各卓越振動数とその振動モードを推定する。次に、電磁式加振器を用いて各卓越振動モードに共振させ、加振停止後の自由減衰波形を計測した。なお、この際に加振した振幅量が減衰定数に及ぼす影響をみるために、加振振幅レベルを3段階(5, 10, 12.5cm/sec)に分けて計測している。

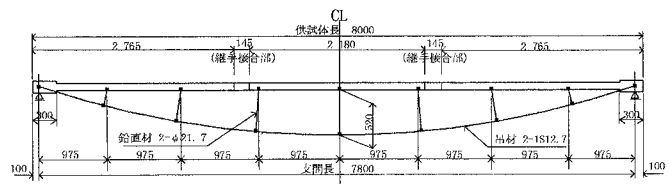


図-1 一般図

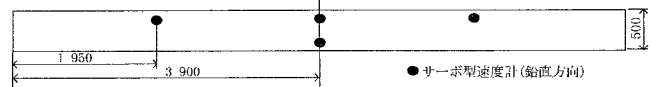


図-2 測点配置図

荷最大変位)が20mmずつ増加した段階で荷重を除荷し、その都度振動実験を行い、振動実験終了後に再載荷する手順で実験を行った。振動実験の方法としては、まずサーボ型速度計を図-2に示すように配置し、スパン1/2点および1/4点においてハンマーを用いた衝撃加振試験を行い、各卓越振動数とその振動モードを推定する。次に、電磁式加振器を用いて各卓越振動モードに共振させ、加振停止後の自由減衰波形を計測した。なお、この際に加振した振幅量が減衰定数に及ぼす影響をみるために、加振振幅レベルを3段階(5, 10, 12.5cm/sec)に分けて計測している。

3. 固有振動特性

本橋を立体骨組構造にモデル化し、サブスペース法をもちいて固有値解析をした。その結果を表-1に、振動モードを図-3に示す。また比較として、損傷前の実測値を同表に付記する。この表を見てもわかるように解析値は実測値にほぼ近い値になっている。また、荷重を載荷した各段階での卓越振動数の変化を図-4に示す。また図中の矢印は、スパン中央における初期ひび割れ(A)、鉄筋降伏(B)、コンクリート圧壊(C)の各損傷時点を示したものである。これより、載荷最大変位が増加するにつれて高次モードにいくほど振動数の減少が顕著に見られる。また、初期ひび割れ時や鉄筋降伏時には振動数の変化はほとんど見られず、コンクリート圧壊以後に振動数が大きく減少していることがわかる。

Key Words: 固有振動数、減衰特性、ひずみエネルギー

〒920 金沢市小立野2丁目40番20号 TEL 076-234-4601 FAX 076-234-4632

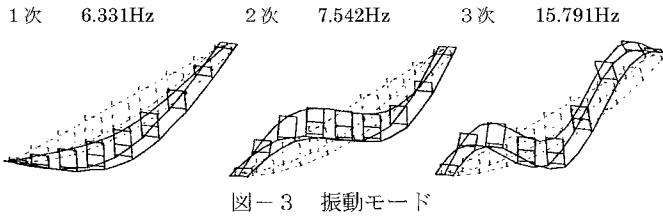


図-3 振動モード

表-1 固有振動数

次数	振動モード	解析値	実験値
1	たわみ対称1次	6.071	6.122
2	たわみ逆対称1次	6.721	7.745
3	たわみ対称2次	15.228	17.133

4. 減衰特性

静的載荷試験を行い、本橋が損傷していく各段階において、電磁式加振器を用いて各モードに共振させた後の自由減衰波形を得ることにより、減衰特性がどのように変化するかを調べた。また、振幅依存性を考慮して加振レベルを3段階に分けて行い、曲線適合により各モードの減衰定数を求めた²⁾。図-5に静的載荷ごとの減衰定数の変化を示す。また図中の矢印は、スパン中央における初期ひび割れ(A)、鉄筋降伏(B)、コンクリート圧壊(C)の各損傷時点を示したものである。この図より、逆対称1次モードにおいては、損傷の進展とともに減衰定数が大きくなっており、特にコンクリートの圧壊以後ではその増加量が急激に大きくなっている。この要因としては、逆対称1次モードの節にあたる1/2点ではコンクリートの圧壊により、内部摩擦が大きく影響したものと考えられる。これに対して、たわみ対称1次モードの減衰定数は、損傷の進展による変化がほとんど見られなかった。また、振幅依存性については、たわみ逆対称1次モードでその傾向が見られる。

5. ひずみエネルギーと減衰の関係

減衰定数がモードによって異なる結果となった理由として、自碇式上路P.C吊橋は床版、ケーブル、鉛直材という異なる3つの要素で構成されているため、それらの要素が特有の減衰特性を示したためと考えられる。そこで各要素のひずみエネルギーが全体のひずみエネルギーに占める割合を固有振動モードから求め図-6に示す。これより、1次の対称1次モードにおいて、ケーブルの占める割合が極めて大きくなっていることがわかる。つまり、床版が破損していくのにも拘わらず減衰定数に変化が見られなかったのは、損傷部の変形が少なくエネルギー消費に変化がないためと考えられる。

6. まとめ

- (1)最大変位が増加すると、高次モードほど卓越振動数の減少が顕著にみられた。
- (2)たわみ逆対称1次モードの減衰定数は最大変位とともに増加し、振幅に少し依存するが、対称1次モードでは変化が見られなかった。
- (3)各振動モードの減衰定数は床版の損傷過程によって、そのひずみエネルギー比に支配され変化している。

＜参考文献＞ 1)南部・梶川・長谷川・角本：自碇式上路P.C吊橋の終局荷重に関する実験，土木学会中部支部研究発表会，pp.53-54，1998.3. 2)岡林・山森・古賀・吉村：仮想計測器ソフトウェアによる構造同定システムの開発，橋梁振動コロキウム'97論文集，pp.197-204，1997.10.

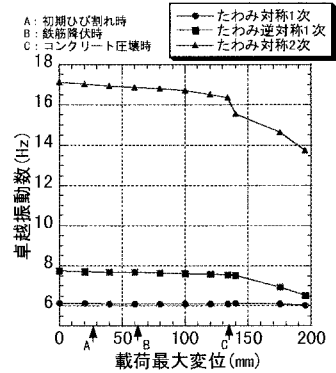


図-4 卓越振動数の変化

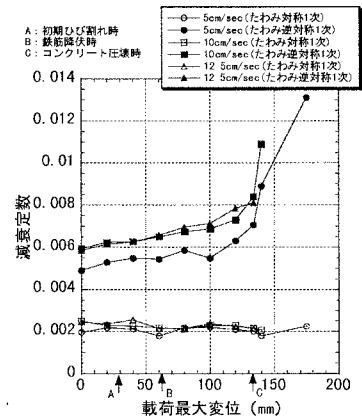


図-5 減衰定数の変化

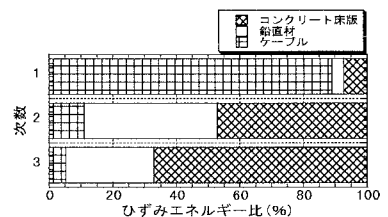


図-6 ひずみエネルギー比