

大阪大学工学部	正会員	前田 幸雄
川田工業(株)	正会員	前田 研一
川田工業(株)	正会員	米田 昌弘
川田工業(株)	正会員	○ 磯 光夫

1. まえがき

著者らは斜張橋のシステムダンピングに関する研究において、図-1に示すケーブル構造に対し、桁とケーブルが連成する2種の相似振動モードに対応する複素固有値の近似値を次式で与える、

$$\Omega_1 \div i \{ (hg + hc)/2 \} \bar{\omega} \pm \sqrt{\bar{\omega}^2 [1 - \{ (hg + hc)/2 \}^2] - \alpha}$$

$$\Omega_2 \div i \{ (hg + hc)/2 \} \bar{\omega} \pm \sqrt{\bar{\omega}^2 [1 - \{ (hg + hc)/2 \}^2] + \alpha}$$

ケーブルの減衰が2種の近接した振動モードにそれぞれ寄与することを、数式上から報告した。¹⁾今回、斜張橋に模した簡単な模型で実験し、ケーブルが有する減衰の寄与効果について検討したので、その結果について報告する。

2. 実験モデルと実験方法

実験は、1)ケーブルに所要の付加質量を設置して beating 現象を誘起させる場合、2)ケーブルに付加質量を設置しないか、その半分の質量を桁先端に付加して桁だけを振動させる場合、3)ケーブルには所要の付加質量を設置するか、桁にも所要値を越える重量を付加して、ケーブルだけを振動させる場合、についてそれぞれ3回ずつ実施した。参考までに、

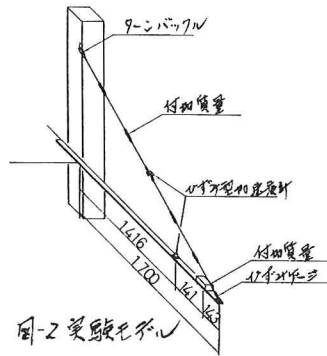


図-2 実験モデル

beating 現象を誘起させたときの実験モデルとその固有振動数の解析値をそれぞれ図-2、-3に示す。模型の加振は、手で強制変位させた後その手を離して自由振動させる方法をとった。得られた記録波形は、F.F.T.アナライザーで卓越振動数を把握した後、テープレコーダーに記録するとともに、6Hzの low pass filter を介してリニアレコーダーに出力させた。実験状況と測定器を写真-1に示す。

3. 実験結果と考察

桁とケーブルをそれぞれ単独に誘起させて得られた波形を、横軸に振数、縦軸に振幅の読取値をとって片対数用紙にプロットした。その結果の一例を、それぞれ図-4、-5に示す。図-4より、桁のみが振動するモードの対数減衰率は、0.028程度であり、振動伝存性が認められたいことが判る。一方、ケーブルのみが振動するモードの対数減衰率については振動伝存性があり、比較的大きな振幅域では0.053程度、小さな振幅域では0.027程度であることが図-5より判る。

次に、部分構造としての桁とケーブルの固有振動数を並列させて、2種の相似振動モードに起因する beating 現象を誘起させた。その結果の一例として、桁の beating 波形などを図-6、-8に示す。図-6のよううなりを伴う波形の減衰算定法として、柴田²⁾の図式解法を提案している。この手法の妥当性を検証するために、振動数、初期

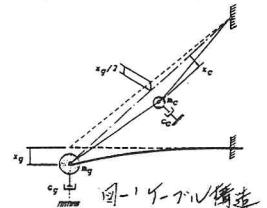


図-1 ケーブル構造

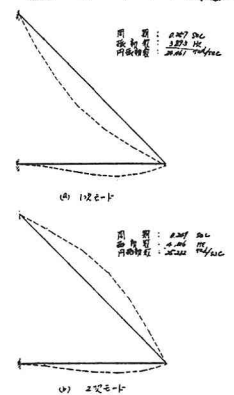


図-3 模型の固有振動数 (解析値)



写真-1 実験状況の測定器

振幅 a_i 、対数減衰率 δ_i の異なる2つの減衰波形を

$$y = \sum_{i=1}^2 a_i e^{-\delta_i t} \cos 2\pi f_i t$$

なる式でジェネレートし、対数減衰率を逆算してみた。ジェネレートした波形を図-9に、また、横軸に時間、縦軸に倍振幅の振幅値をとって片対数用紙にプロットした結果を図-10に示す。図-10より対数減衰率を算定した結果、読み取りに伴う若干の誤差はあったが、ジェネレーションでの設定値と比較的よく一致した。そこで、図-6の実験波形のうち、過渡期よりなり部分を詳しく比較して定めたうなり波形を、同様にプロットして、対象とする2つの振動モードの構造減衰を算定した。結果が図-7である。なお、この波形については、F.F.T.アナライザで解析した結果、2.875 Hzと3.250 Hzのスペクトルが卓越しており、しかも2.875 Hzのピークの方が大きかったことか図-8より判明しているが、これらの値をそれぞれ対象とした2種のモードに対する固有振動数とした。これらの結果より、各モードとも低振幅域では0.02程度、大振幅域では0.06程度と推定され、振動依存性が認められた。なお、この振動依存性は、リーパルの減衰特性に起因したものと考えられる。そこで、著者らが斜張橋特有のシステムダンピング効果を考慮したため風誘振動の時系列応答解析法を実施する際に採用した、2種の振動モードに対する構造対数減衰率の算定法を計算した結果と対比した。その結果を表-1に示す。この表のみからは、提案した算定法の妥当性について詳細に検討することはできないが、両者の傾向がよく一致していることが判る。

4. まとめ

以上に述べたことから、リーパルの減衰がシステムダンピングの要因となる2種の相似振動モードの減衰に寄与するものと推定される。

それゆえ、斜張橋のリーパルに、防振材料を高減衰時期待てするHammerバルを使用すれば、定義した要因による効果はより大きくなると思われる。この効果は走行車両による衝撃係数の低減、また、風誘振動では空力減衰も明らかに各モードに分配されることから最大応答量の低減に有効に作用する³⁾。最後に、本研究において常に熱心な御助言を頂いた、東京大学・伊藤 学教授に謝意を表す。

＜参考文献＞ 1) 前田、前田、米田：斜張橋のたわみ振動現象に関する研究、土木学会論文集、No. 344、1984-4

2) 柴田、原：うなりによる減衰率の解析法、建築研究、17-8、1969-8

3) 前田、前田、米田：斜張橋のたわみ振動現象に関する研究、土木学会論文集、No. 344、1984-4

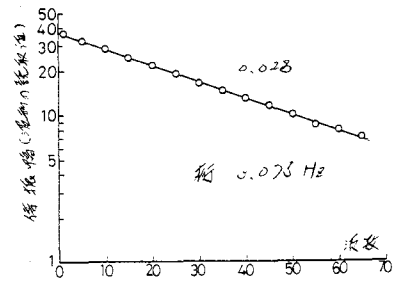


図-4 橋の構造対数減衰率

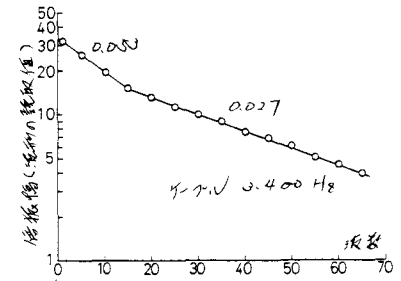


図-5 Y-T-Vの構造対数減衰率



図-6 記録波形

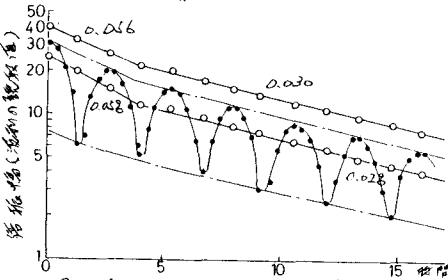


図-7 記録された beating 波形の構造対数減衰率

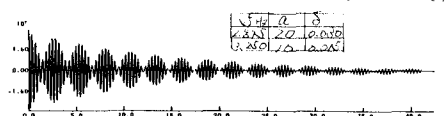


図-9 ジェネレートした beating 波形

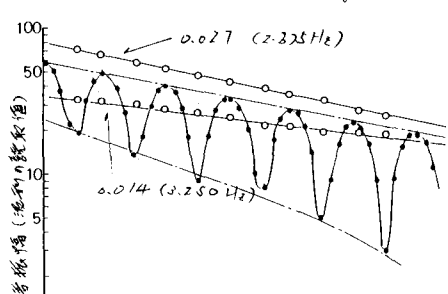


図-10 ジェネレートした beating 波形の対数減衰率