

第1部門 斜張橋の減衰特性の改善の一方法

立命館大学理工学部○学生員 北川勝也

立命館大学理工学部 正 員 小林紘士

駒井鉄工株式会社 正 員 細見雅生

駒井鉄工株式会社 正 員 木場和義

1. はじめに 斜張橋は可撓性に富んだ振動しやすい構造物であり、風による影響を受けやすく、それに対する安全性についての検討が重要である。渦励振のような限定振動に対しては減衰の付加により比較的容易に発振を低減あるいは抑制できる。

本研究は図1に示すような塔から桁あるいは固定端に張り渡したコントロールケーブルにバネとダンパーを組み合わせたシステムを設置した時の減衰効果について調べたものである。

2. 運動方程式 システムの導入により、運動方程式は次のようになる。

$$\begin{cases} M\ddot{Y} + C\dot{Y} + KY + K_1 Y^* = F \\ k_1(u_s - u_t) + k_2 u_s + c \dot{u}_s = 0 \end{cases} \quad (1)$$

M : 質量マトリクス、 C : 減衰マトリクス、 K : 剛性マトリクス、 F : 外力、 Y : 変位ベクトル

K_1 : コントロールケーブルの付加剛性マトリクス、 Y^* : コントロールケーブルの相対変位量

u_t , u_s : 塔とダンパーでのコントロールケーブル軸方向変位、 k_1 : コントロールケーブルの剛性、

k_2 : バネの剛性、 c : ダンパー減衰係数

3. 模型実験 模型は、図1に示すような中央スパン410mの斜張橋の半橋モデル(縮尺1/100)で、鉛直曲げ方向の制振を行う。また図2にモード形状を示す。

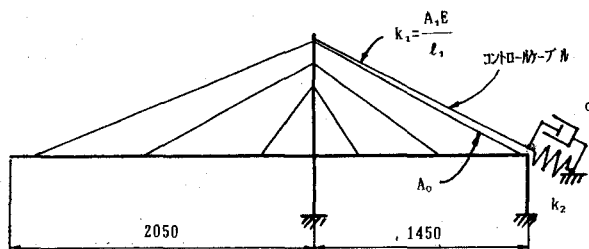
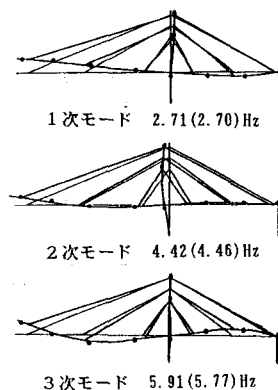


図1 模型



括弧内は解析値
図2 モード形状

4. 実験結果 図3に $A_0/A_1 = 9$ (A_0 , A_1 はそれぞれ右スパン最上段ケーブルとコントロールケーブルの断面積)、 $k_2/k_1 = 0.1$ 、 $c = 0.05$ (kgf·s/m)としたときの1次モードの自由減衰振動の波形を図3に示す。ダンパーシステムのないとき対数減衰率 $\delta = 0.003$ であったものが、 $\delta = 0.125$ に増大している。

様々な c の値を与えて各振動モードの自由減衰振動実験を行った。その結果から対数減衰率 δ を求めた。その結果を図4にプロットした。式(1)を外力 $F = 0$ とし、初期変位を与えたときの自由減衰振動について数値解析した。その結果の波形から対数減衰率 δ を求め、各モードごとの c と δ の関係を調べた。図4の曲線でその結果を示す。尚、サグの変化については計算に考慮していない。これより、数値計算結果と実験結果はよくあっていると言える。各モードの減衰は1次、2次は効果を示すが、3次はほとんど効果を示さない。これは、図2のモード形状を見ればわかるようにコントロールケーブルの伸び量が小さいためダンパーの動きが小さく、減衰力を十分に得られないからである。 c の値により減衰が最大となる最適減衰係数が存在する。また、 k_2/k_1 、 A_0/A_1 などのパラメータによってもその得られる減衰は変わる。

Ktsuya KITAGAWA, Hirishi KOBAYASHI, Masao HOSOMI, Kazuyoshi KOBAYASHI

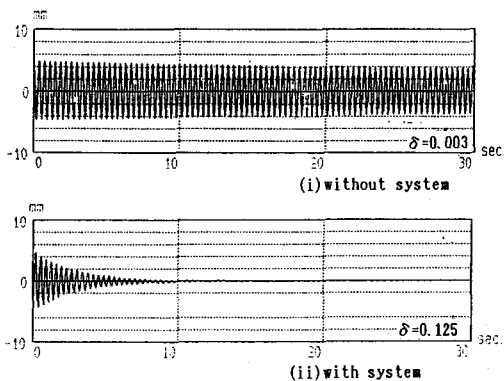


図3. 1次モード自由減衰

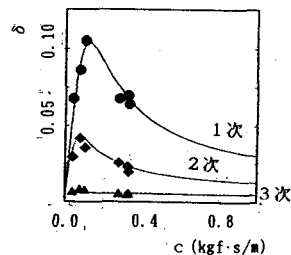


図4 減衰特性曲線

5. 実橋規模のモデルによる数値計算 モデルは図5に示すような中央スパン410m、幅員37.5mの斜張橋で、ダンパーシステムを両方の塔に1機ずつ図示のように取り付けたものである。3次までのたわみ振動について検討する。前述と同様にして計算を行った。モード形状を図6に示す。

数値計算の結果を図7に示す。横軸は減衰係数、縦軸は対数減衰率である。ケーブル断面積比 $A_0/A_1 = 2$ 、バネ定数比 $k_2/k_1 = 0.1$ とした。 $c = 3$ (tf·s/cm) は建築で一般に使われている市販のダンパーの最大値¹⁾である。 $c = 3$ (tf·s/cm) で1次モード $\delta = 0.1$ 、2次モード $\delta = 0.2$ 程度の効果を得られる。この場合、2次モードの効果が大きい。

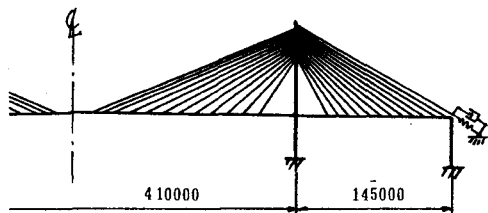


図5 実橋規模モデル

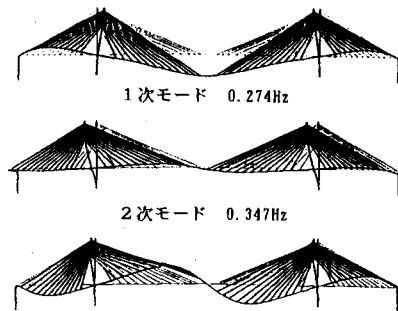


図6 モード形状

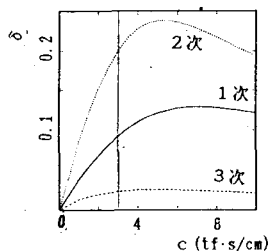


図7 減衰特性曲線

6. まとめ 対象次数のモード形状や減衰係数を考慮することにより、システムの導入による減衰効果は十分に得られる。

中央スパン410m、幅員37.5m程度の斜張橋の1、2次たわみ振動に対しては、市販のオイルダンパーを合計2機用いた場合でも十分な減衰効果を得られる。

参考文献 1) 時田, 森村: 防振制御ハンドブック, フジテクノシステム, 1992