

ケ-ブル橋の強制振動について

東北工業大学正員 高橋 龍夫

○松山正將

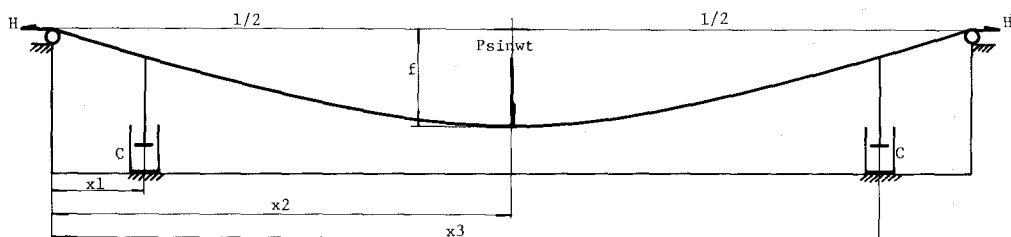
山田俊次

1. はじめに

著者等は、テンション構造物としてのひとつの新しい構造型式となる、ケーブル橋の動力学的面での得失を示し、基礎的な資料を作成しつつある。①、②

本文は、これらの基礎的資料において、サゲが比較的小さく水平方向に等分荷重が載荷されたケーブルに、粘性抵抗力が集中的に作用する場合の、ケーブルの強制振動解析について述べるものである。

2. 運動方程式



方程式を導くには、次のような仮定をもうけている。

- (1) ケーブルの形状は放物線とする。
(2) 水平方向に等分布荷重があり、ケーブルの自重は考慮していない。
(3) 振動振幅は微小であり、振動に伴う水平反力増分を考慮していない。

以上の仮定に加えて上図に示す様に、2個の集中粘性抵抗力を斜材に設置し、スパン中央に正負波状外力 $P \sin \omega t$ を作用させた。

$$m \frac{\partial^4}{\partial t^2} - H \frac{\partial^4}{\partial x^2} + C \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \delta(x-x_1) + \delta(x-x_3) \right\} = P \sin \omega t \delta(x-x_2)$$

m は単位長当りの質量, H は水平反力, C は粘性係数である。

$$n = \frac{C}{m}; a^2 = \frac{H}{m}; p = \frac{P}{m}; \beta^2 = \frac{S^2}{a^2}; x_1 < x_2 < x_3 < \ell$$

初期条件 $t=0 \quad y(0,x)=0$; $t=0 \quad \dot{y}(0,x)=0$

境界条件 $x=0 \quad y(t,0)=0$; $x=l \quad y(t,l)=0$

を用いて、定常振動解を求めると次式の様に書き表わすことができる。

$$y_f = \frac{2 P A_x}{\omega \sqrt{mH} (\rho_1^2 + \rho_2^2)} \sin(\omega t + \theta_x)$$

$$A_2 = \left\{ \left((D_1 D_1 + D_2 D_2) \right)_{x1}^2 + (D_2 D_2 - D_1 D_1)_{x2}^2 - (D_1^2 + D_2^2)_{x1}^2 \right\} + \left\{ (D_1 D_1 - D_2 D_2)_{x1}^2 - (D_1 D_1 - D_2 D_2)_{x2}^2 - (D_1^2 + D_2^2)_{x2}^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\theta_x = \tan \left(\frac{(D_1 D_1 + D_2 D_2) \gamma_{x11} + (D_2 D_1 - D_1 D_2) \gamma_{x12} - (D_1^2 + D_2^2) \gamma_{x21}}{(D_2 D_2 - D_1 D_1) \gamma_{x11} - (D_1 D_1 + D_2 D_2) \gamma_{x12} - (D_1^2 + D_2^2) \gamma_{x22}} \right)$$

$$N = i\omega \quad ; \quad \beta = i\frac{\omega}{\alpha}$$

$$D_1 = \alpha \left\{ \sin \frac{\omega}{\alpha} X_1 \sin \frac{\omega}{\alpha} (l - X_1) + \sin \frac{\omega}{\alpha} X_3 \sin \frac{\omega}{\alpha} (l - X_3) \right\}$$

$$D_2 = \sin \frac{\omega}{\alpha} l - \alpha^2 \sin \frac{\omega}{\alpha} X_1 \sin \frac{\omega}{\alpha} (X_3 - X_1) \sin \frac{\omega}{\alpha} (l - X_3)$$

$$D_1 = \alpha \cdot \alpha \sin \frac{\omega}{\alpha} (X_3 - X_2) \sin \frac{\omega}{\alpha} (l - X_3)$$

$$D_2 = \sin \frac{\omega}{\alpha} (l - X_2)$$

$$P_{11} = \alpha \left\{ \sin \frac{\omega}{\alpha} X_1 \sin \frac{\omega}{\alpha} (X - X_1) + \sin \frac{\omega}{\alpha} X_3 \sin \frac{\omega}{\alpha} (X - X_3) \right\}$$

$$P_{12} = \sin \frac{\omega}{\alpha} X - \alpha^2 \sin \frac{\omega}{\alpha} X_1 \sin \frac{\omega}{\alpha} (X - X_1) \sin \frac{\omega}{\alpha} (X - X_3)$$

$$P_{21} = \alpha \sin \frac{\omega}{\alpha} (X_3 - X_2) \sin \frac{\omega}{\alpha} (X - X_3)$$

$$P_{22} = \sin \frac{\omega}{\alpha} (X - X_2)$$

ここで、 α は粘性係数 C と等価節質量 m 及びケーブルの水平反力 H からなるパラメーター $\alpha = C/\sqrt{mH}$ である。

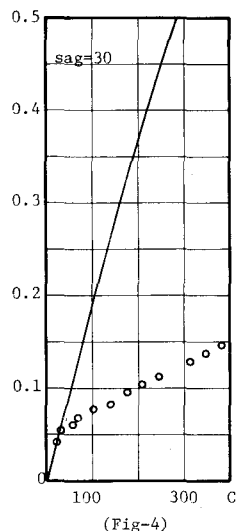
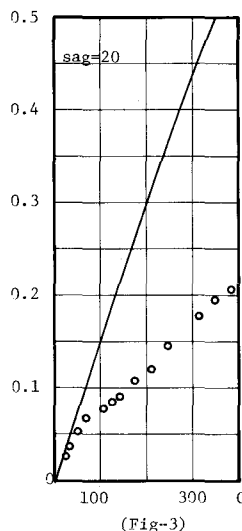
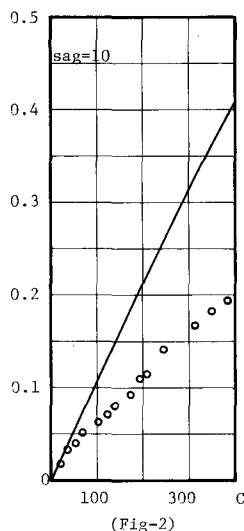
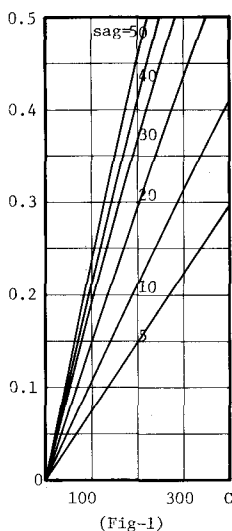


Fig1~Fig4は、ダンパー位置を各点に設置した場合の、粘性係数と対数減衰率の関係を示したものである。縦軸が対数減衰率 (δ) 、横軸に粘性係数 (C) に記してある。○印は実験値を示す。Fig5は、同じ位置の粘性係数と振動数比の関係を表わしたもので、縦軸に振動数比 (ω/ω_0) 、横軸に粘性係数 (C) に記している。Fig6は、ダンパー位置各点に設置した場合のものである。なお、振動モード、位相ずれ等については、当日発表する予定である。

参考文献

- ① ケーブル橋の耐振についての実験的考察 (高橋, 辰山, 山田)
1974.2. 土木学会東北支部研究発表会報告集.
- ② ケーブル橋の耐振に関する一考察 (高橋, 辰山, 山田)
1974.10. 第2回土木学会講演会講演報告集.

