

1. はじめに

交通荷重による道路橋の振動は、橋梁周辺の環境問題を発生させている。そこで、振動の原因となる橋梁の振動を制御するために、動吸振器を設置する試みがなされている。著者の内の一人は、車両が走行し、不規則な橋梁の振動を抑えるための、最適動吸振器の設計方法¹⁾を提案した。しかし、実際に動吸振器を現場で最適設計することは困難な場合が多い。そこで、本研究では、動吸振器にアクティブな制御を加えるハイブリッドマスダンパー(HMD)の有効性を検討した。橋梁の振動は、車両の接地力により励起されるが、本研究では、まず、これを近似的に白色雑音と考えて、HMDの有効性を考察したものである。

2. 橋梁-HMD系の方程式

HMDを設置した橋梁に不規則外力が作用する状況を、図-1に示した。また、車両が走行する橋梁を、図-2に示した。 $x = a$ 点に荷重 $f(t)$ が作用し、 $x = b$ 点にHMDを設置した場合、 x 点の変位応答は、次式で与えられる。なお、HMDの構造を、図-3に示した。 m_2 の質量が移動することで力が生じる。

$$y(x, t) = \sum_{k=1}^n \phi_k(x) q_k(t) \quad (1)$$

ここに、 $\phi_k(x)$ は k 次の振動モード、 $q_k(t)$ は、次式で与えられる基準座標である。

$$\begin{aligned} \ddot{q}_k(t) + 2h_k\omega_k\dot{q}_k(t) + \omega_k^2q_k(t) \\ = -\mu_{1k}\phi_k(a)\ddot{Z}(t) - \mu_{2k}\phi_k(a)\ddot{u}(t) \\ + \phi_k(b)f(t)/M_k \quad (k=1, \dots, n) \end{aligned} \quad (2)$$

ここに、 ω_k 、 h_k 、 M_k は、 k 次の固有円振動数、減衰定数、有効質量である。 μ_{1k} 、 μ_{2k} は、 m_2/M_k 、 $(m_1+m_2)/M_k$ である。 $\ddot{Z}(t)$ と $\ddot{u}(t)$ は、HMDの加速度と、駆動部の加速度である。動吸振器の荷分の方程式は、次のようになる。

$$\begin{aligned} \ddot{Z}(t) + 2h_d\omega_d\dot{Z}(t) + \omega_d^2Z(t) + \ddot{y}(b, t) \\ + \omega_d^2(Z(t) + y(b, t)) = -\mu_3\ddot{u}(t) \end{aligned} \quad (3)$$

なお、 ω_d 、 h_d 、 μ_3 は、動吸振器の固有円振動数、減衰定数および質量比 $m_2/(m_1+m_2)$ である。

3. 制御則と不規則応答

橋梁の1次振動のみを考慮した場合、系の状態変数は、

$$X(t) = [q(t) \quad \dot{q}(t) \quad Z(t) \quad \dot{Z}(t)]^T \quad (4)$$

で与えられる。このとき、制御力は、次式で表されるものとする。

$$\ddot{u}(t) = -KX(t) \quad (5)$$

(1)、(2)、(3)、(5)式は、次の状態方程式で表される。

$$\dot{X}(t) = AX(t) + B(t)u(t) + F(t) \quad (6)$$

$$\dot{X}(t) = A^*(t)X(t) + F(t), \quad Y(t) = CX(t) \quad (7)$$

ここに、 $Y(t)$ は観測値である。 $F(t)$ は平均値0で、自己相関関数

$$E[F(t_1)F(t_2)^T] = V(t_1)\delta(t_1 - t_2) \quad (8)$$

となる。このとき、 $X(t)$ の共分散を次式で表すと、これは、

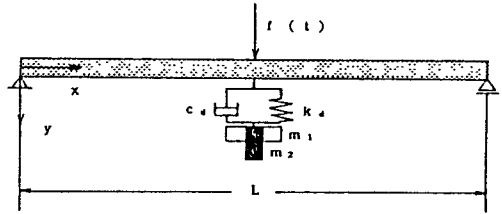


図-1 橋梁-HMD系

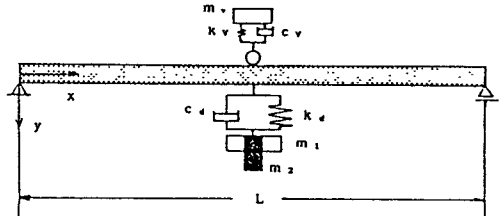


図-2 橋梁-車両-HMD系

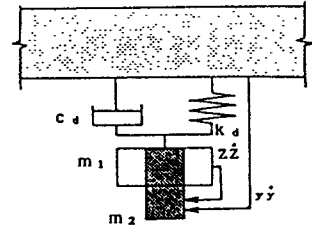


図-3 HMD