

I-483

アクティブ・マス・ダンパーによる橋の地震応答制御

建設省土木研究所 正員 川島 一彦
 " " 長谷川 金二
 " " 吉田 武史

1. はじめに

アクティブ・マス・ダンパーによる橋の地震応答制御の適用性を検討するために、橋の橋軸方向振動を1自由度系にモデル化し、これに制御装置を取付けた場合の応答を検討したので、この結果を報告する。

2. 解析手法

1自由度系に制御力が作用する場合の構造物（橋）及びアクティブ・マスの運動方程式は

$$\begin{bmatrix} m_s & 0 \\ 0 & m_d \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x}_s \\ \ddot{x}_d \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_s & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x}_s \\ \dot{x}_d \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_s + k_d & -k_d \\ -k_d & k_d \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_s \\ x_d \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_s \\ f_d \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} -u \\ u \end{Bmatrix} \quad (1)$$

となる。ここで、下添字sは構造系、dはアクティブ・マス系に係わる諸量であり、また、 x_s ：構造物の相対変位、 x_d ：構造物に対するアクティブ・マスの相対変位、 u ：制御力、である。

制御力 u は、一般に次のように仮定される場合が多い。

$$u = \begin{Bmatrix} G_s^v & G_s^d \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x}_s \\ x_s \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} G_d^v & G_d^d \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x}_d \\ x_d \end{Bmatrix} \quad (2)$$

ここで、 G_s^v 、 G_s^d は、それぞれ、構造物の速度 $\dot{x}_s$ 、変位 x_s に対する制御ゲイン、 G_d^v 、 G_d^d は、それぞれ、アクティブ・マスの速度 $\dot{x}_d$ 、変位 x_d に対する制御ゲインである。制御ゲインは、以下の2つの方法により設定する。

a) 最適フィードバック制御法 ----- 評価関数 J が最小となるように制御ゲインを与える。

$$J = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} (\dot{X}^T Q \dot{X} + R U^2) dt \quad (3)$$

b) モード制御法 ----- 一般化座標を用いた線形結合として、制御ゲインを与える。

$$U = \sum_{j=1}^n \underline{k}_j \underline{r}_j \quad (4)$$

ここで、 $\underline{k}_j$ ：制御定数、 $\underline{r}_j$ ： r 次の一般化座標

3. 解析対象とする橋

図1に示す橋長90mの3径間連続橋（上部構造重量1,035tf）の橋軸方向振動を対象とする。1次固有振動数は0.99Hzで、簡単のため制震効果を見込まない状態で橋が本来有している減衰定数は0と仮定した。入力地震動は図2に示すように開北橋記録（宮城県沖地震）及び八郎潟記録（日本海中部地震）である。

4. 解析結果

最適フィードバック制御を用いた場合の一例とし、 m_d/m_s を1/100とし、 Q_s^d （構造物の相対変位に相当する式(3)の Q 、 Q_s^v 以外の Q の要素は0と仮定）を 10^6 、 10^{10} とした場合の結果を図3、4に示す。図5及び図6は、最大応答値に及ぼす m_d/m_s 及び Q_s^d の効果、アクティブ・マスのストローク量を示す。同様に、図7及び図8は、モード制御の制震効果を示したものである。

5. まとめ

以上、非常に簡単な試算であるが、これより、橋の応答制御のためには、制御ゲインを上げる必要があり、その結果、橋の減衰性能は増大するが、これに伴ないアクティブ・マスのストローク及び制御力も増大すること、アクティブ・マスの質量 m_0 はストローク量に大きく影響を与えるが、橋の応答及び制御にはほとんど影響を与えないこと、等がわかった。

