

I-359

アクティブ・マス・ダンパによる制振実験

建設省土木研究所	正会員	川島	一彦
建設省土木研究所	正会員	長谷川	金二
建設省土木研究所	正会員	吉田	武史
○株式会社 長大	正会員	足立	敏行

(1) まえがき

外部から制御力を付与して、構造振動の積極的な低減を計る能動的制振方式(アクティブ・コントロール)が、種々の工学的分野で研究されている。アクティブ・コントロールには、対象系の状態をフィードバックする閉ループ制御、外乱信号をフィードフォワードする開ループ制御、ならびにそれらの併用制御が考えられている。このような制振方式は解析的研究のみならず、制御手法や制御装置の実現可能性に関する実験的検証が重要である。本文は、制振装置としてアクティブ・マス・ダンパを用い、橋梁模型を対象とした閉ループ制御による制振実験の結果を報告するものである。

(2) 実験装置

制振対象は、図1に示す連続高梁橋模型の橋軸方向振動である。上部構造の支承条件は一点固定であり、基本的に一自由度系構造と考えることができる。

制振装置はマス・ダンパの他に、上部構造の振動を検出するセンサ、この信号に基づいて制御信号を発するコントローラ、制御信号により制御力を発生させるアクチュエータより構成される。制御信号は、上部構造の相対速度に比例させるものとし(比例定数を制御ゲインとする)、そのためセンサには速度計を用いることとした。この速度計の測定範囲は0.025より70Hzまでである。コントローラにはアナログの増幅器を使用し、ダイヤル調整により制御ゲインを設定することとした。アクチュエータはモータ駆動とし、コントローラの制御に従い上部構造とダンパ・マスとの間で制御力を発生させる。ダンパ・マスは対象構造重量の10%程度を目標として5.9Kgとした。橋梁模型および制振装置の主要な諸元を表1に示す。

(3) 実験方法

マス・ダンパおよびアクチュエータを載せた橋梁模型を加振台上に設置し制振実験を行う。制御の効果をみるため、制御するケース及び制御しないケースについて実験を行った。制御するケースでは3段階(100, 200, 300N・s/m)の制御ゲインを対象とした。加振には開北橋記録および八郎潟記録の地震波を用いた。

(4) 実験結果

図2は初期変位を与えた後の自由振動時の上部構造の速度波形である。これらの波形の対数減衰率から粘性減衰定数を求めて、制御ゲインとの関係を示したものが図3である。制御ゲインを増加させることにより減衰定数が高くなる事がわかる。図4の開北橋記録を入力した場合の上部構造の加速度応答波形を図5に示す。各ケースの最大入力加速度は50-70galの範囲でばらつきがあったため、最大入力加速度を50galとして正規化して示した。図5は、制御ゲインを増加させることにより、最大応答加速度の大きくなるケースが有るものの、応答の平均パワーは小さくなることを示している。

なお、制御の妥当性を検証するため、測定記録から制御ゲインを求めた。制御ゲインは制御力を出力、上部構造の相対速度を入力とする応答関数として求める。ただし制御力はアクチュエータの制御電圧より求める。例として自由振動時における制御ゲインが100N・s/mの場合の制御電圧波形及び応答関数を図6, 7に示した。図7は制御ゲインが100N・s/m付近に有り、且つ位相遅れの無い制御が実現されたことを示している。地震波入力時においても同様の結果が得られている。

(5) あとがき

実験の結果、比較的単純な制御手法・制振装置により、一定の制振効果を確認することができた。本実験は閉ループ制御を対象にしたが、今後は開ループ制御など他の制御手法を対象とした研究も必要であると考えている。

表1 橋梁模型と制振装置の諸元

上部工重量	M_s : 60.0 Kg
ばね係数	K_s : 2630 N/m
ダンパ重量	M_d : 5.9 Kg
ばね係数	K_d : 260 N/m
アクチュエータの力定数	K_f : 0.646 N/V

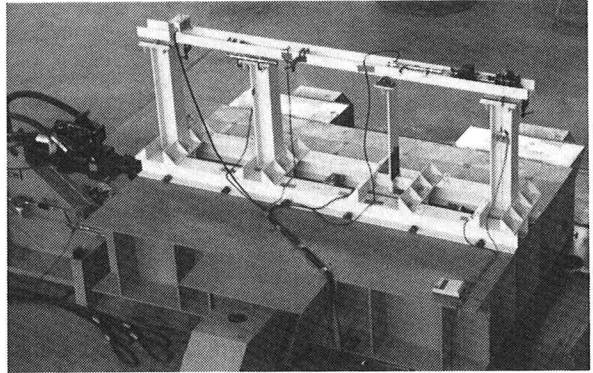


図1 橋梁模型

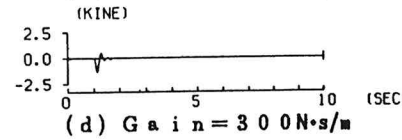
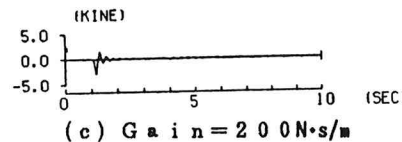
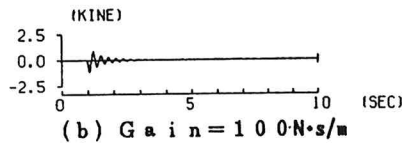
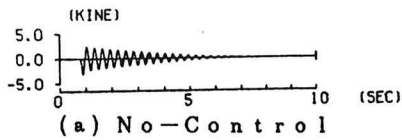


図2 速度自由減衰波形

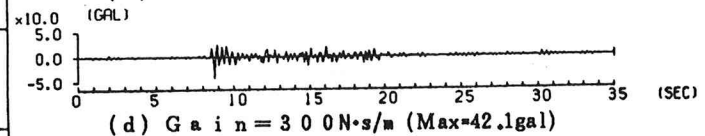
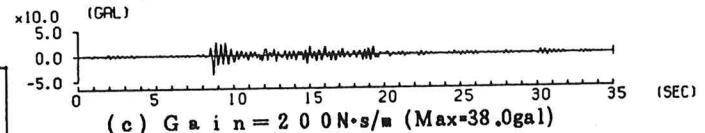
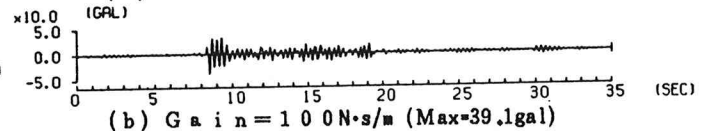
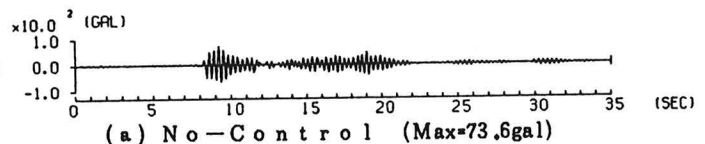
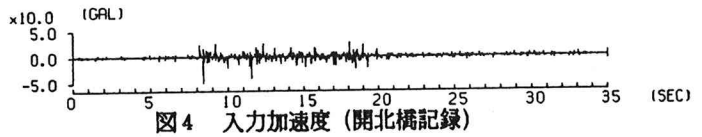
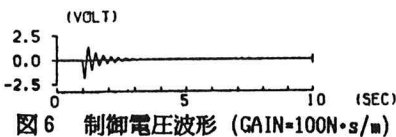
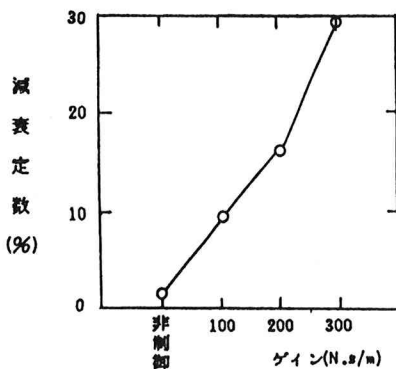


図5 加速度応答波形

