

単振子とギアモータによるアナログ簡易アクティブ制振実験

高知高専 学○岩村太浩 高橋直人 正 黒岩哲夫

1) はじめに

動吸振器をルーツとして構造物を対象とする付加振動体型制振装置は、制振効果の大きいアクティブ型がここ数年、その実施例を増してきている。制振を目的とする構造に、これと固有振動数の等しい小振動系を取り付けるだけのパッシブ型に対して、付加振動体を励振するアクティブ型は、制御力の決定つまり刻々の励振力を算出するアルゴリズムを必要とする分、取り扱いが複雑になる。このような制御則として現代制御理論の中の最適制御が広く取り扱われているが、やや特異な分野でその内容にはなじみにくいものがある。また、このときの制御力はデジタル・コンピュータで決定されており、センサからコンピュータまたコンピュータから付加振動体励振の駆動源の間にそれぞれA/D、D/Aコンバータを必要とする。したがって、これらの再現実験に当たってはそれらの基礎知識の外、流用できる機器を持つ場合を除いて、関連装置を併せての少なからぬ初期投資が必要となって、小さい実験室では新たに取り掛かりにくい研究テーマである。

ここでは、加速度変換器を繋いだ動ひずみ測定器の出力で小型の直流ギアモータを駆動できることを頼りに、質点の重量約 15Kgfの倒立振子を制振の対象として、これに質量比の1/100の単振子を取り付けて以下のようなアナログ型のアクティブ制振装置を試作し、1自由度系の自由振動の減衰定数の測定からその機能をひとつとおり確かめることができた。

2) 装置の概要

図-1に試作した制振装置を、また表-1に想定した構造と設定した相似比およびこの装置の諸元を示す。

使用したギアモータの定格は電圧12V、容量は不明であるがギア比6.2:1の小型、重量0.2Kgf足らずの流用品である。単振子の重量と腕長はそれぞれ約 0.15 Kgf、10cmであり、回転の軸はM8の寸切らなっている。これらは10mm厚の透明アクリル樹脂板の枠に取り付けてあるが、単振子の軸は摩擦を小さくするためボール・ベアリングで支えてある。モータの駆動力は一對のギアによって単振子の回転軸に伝達される。

単振子の過大な振幅を抑えて制振の効果を高めるため、ロール紙巻芯と球形浮きでダッシュ・ポットを試作して取り付けた。なお、これについてはその効果を体感できるものの減衰係数等の特性は未検証である。

モータの駆動電源は直流増幅器とした。これへの入力信号は倒立振子の加速度または変位を入力とする動ひずみ測定器の出力である。結線図を図-2に示す。フィードバック信号を加速度または変位に選ぶためのスイッチと、これに連動して位相を反転するスイッチを付けてある。前述のようにこれらの信号はすべてアナログのまま取り扱われる。接続された感熱型の波形の記録器には、倒立振子の加速度と変位および制振装置である単振子の加速度、そしてモータの駆動電圧が記録されるようになっている。

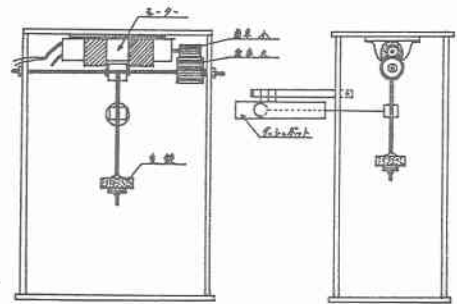


図-1 制振装置模型

表-1 制振構造諸元

	初期変位 (cm)	重量 (Kgf)	固有振動数 (Hz)
原型	512	1024×10^3	0.1
模型	2	15.625	1.6

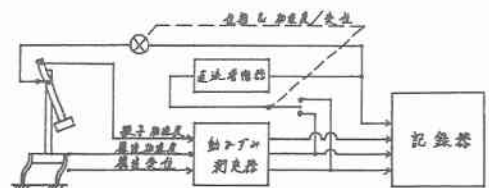


図-2 結線図

3) 実験および結果

制振の効果を初期変位 2 cm の自由振動で確かめることにした。単振子を使ったこの装置は線形とは見なし難い非線形系であるが、実験に先立って手持ちのプログラムでとりあえずこれを線形と仮定して加速度、速度、変位の各フィードバックを単独に与えて数値計算を試みた。付加振動体の振動が制振構造から $1/4$ 周期遅れて生じるというパッシブ型の挙動から、速度フィードバックによる効果が期待されたが期待に反し、ゲインや減衰定数をどのように選んでもパッシブの場合とほとんど変わらないを効果しか得られなかった。

他方、加速度単独の外、変位フィードバック単独ではパッシブとは比較にならない制振効果が認められた。

以上は速度変換器を持たない筆者らには非常に都合がよく、実験に当たって手持ちの加速度変換器と倒立振子の脚に貼り付けるひずみゲージがあれば十分ということになる。

図-3～5は得られた実験結果のうち最も制振効果が大きい 10 秒間の応答である。それぞれパッシブ、加速度フィードバック、変位フィードバック制御の場合で、4 つ一組の応答は上から、制振構造の加速度、変位および付加振動体である単振子の加速度、そしてモータの駆動電圧となっている。制振構造の加速度の縦軸は約 $\pm 0.3g$ 、駆動電圧のそれは $\pm 10V$ である。単振子の加速度は運動の円弧成分であるが、取り付け位置を特定していないので定性的な記録に留まる。変位の値は初期値 2 cm を基準にして読み取ることができる。

これら 3 つの場合に得られた等価減衰定数はそれぞれ、0.021、0.053、0.043 である。

4) まとめと理論的補足

極めて簡潔な方法でアクティブ制振構造を試作して、その機能を知る簡単な実験を示すことができた。一方、質量比 $1/100$ 程度の線形系のパッシブ制振構造の数値計算では、効果に付随して生じる付加振動体の過大な振幅が課題を提示する。また、加速度や変位単独のフィードバック制御のアクティブ制振に際しても同様であるが、ここで行なった単振子による非線形な制振装置を使った実験でも、同じく単振子が支持枠に衝突する形で制振の効果の限界を示す。これについては加速度フィードバック制御を提案した文献¹⁾の中に、共振応答に対して 0.15 程度の等価減衰定数を得るのに、付加振動体が加振の変位振幅の百倍程度で振動するという解析解が示されている。

このような課題の解決には既述、現代制御理論に沿った制御則による場合の外、装置そのものに多機能な電子デバイスをアナログ的に多用して所要の挙動をさせることが考えられ、小さな実験室での当面の研究テーマである。

<文献 1) 西村功「絶対加速度フィードバック制御によるアクティブ動吸振器」アクティブ制(震)振シンポジウム論文集 92 年 3 月>

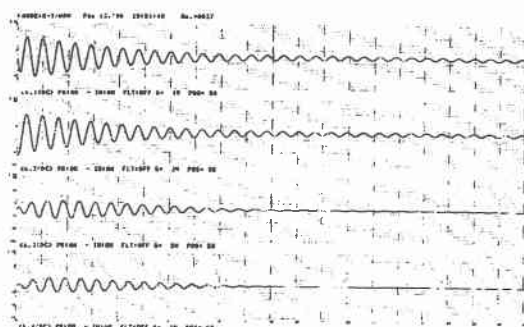


図-3 パッシブ

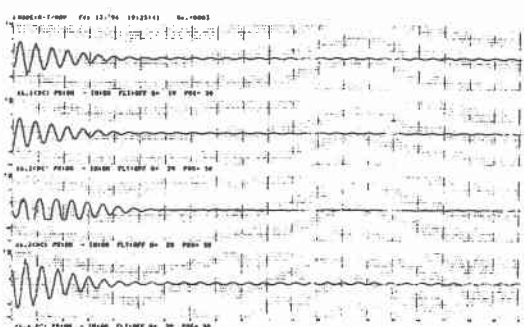


図-4 加速度フィードバック

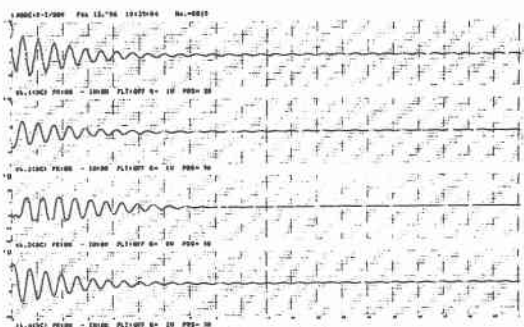


図-5 変位フィードバック