

東北大学 学生員 ○田嶋 仁志
東北大学 正員 倉 匠 氏
東北大学 正員 岩 熊 哲 夫

1 はじめに

構造物の制振を目的として適用されるダンパーのうち、主に外部からエネルギーを供給することによって、積極的に制御を行なう装置をアクティブダンパー (Active-Damper) という。このダンパーを主に多自由度系の基本である2自由度系へ1つだけ設置した時の制振効果を解析により明らかにしたので、次の結果について報告する。

2 制御モデル

制御モデルは、図-1のように構造系の振動状態をモニターした電気信号を電気信号変換器に入力し、目標とする制御信号に変換し、制御力発生部で制御信号に比例した制御力を発生し、その制御力を構造系へ入力するシステムを考えた。従ってその振動の解析にあたっては、構造系と制御系とを一体として取り扱う必要がある。そのため両方の系をひとつのフィードバック系として全体構造を解析した。尚、前述の制御信号に対する制御力の比例定数をゲインと言う。

3. 速度帰還法と1自由度系へ適用

図1において制御信号として速度を用いた場合、この制御系を速度帰還と呼ぶ。1自由度系へこの方法を適用した所、図-2のように、ゲインを大きくとれば系の減衰定数はゲインに比例して上がり、過減衰にすることも可能である。また共振ピーク値も著しく下がる効果がある。

4. 2自由度への適用

2自由度の構造パラメータとして次の2つを考えた

$$\zeta = m_2/m_1, \quad \psi = \omega_2/\omega_1, \quad \omega_i = \sqrt{k_i/m_i} \dots (1)$$

系に減衰がなければすべての2自由度系の応答は3つのパラメータ、 ζ のみで支配される。さて1自由度系での制御法としては速度帰還法の有効性が確認されたので、次の方法を2自由度系へも適用し、その制振効果を検討した。2自由度系では制御装置の位置は図-3のような場合1と2の2ケースが考えられるが、制御信号は2地点においたセンサーによる信号を用い、それらを適当な割合で合成する。2地点速度合成帰還法によった。まず制御入力位置と同じ位置にセンサー1個を置いた速度帰還を検討する。図4には1次、

2次の減衰定数 β_{N1}, β_{N2} とゲイン k との関係を示した。ゲインが小さい時は、1自由度系と同様、ゲイン k と減衰定数には比例関係があるが、ゲインが高くなるにつれて、一方の減衰定数がピーク値 β_{Nmax} をとり、その後減少する傾向にある。この図でゲインが小さい範囲での値は構造パラメータ ζ, ψ のみにより一義に

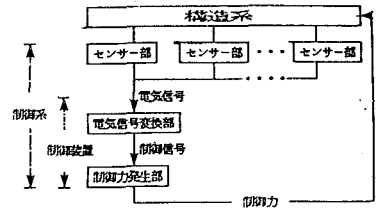


図-1 制御系詳細図

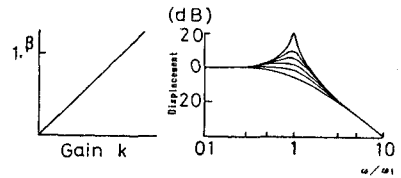


図-2 減衰定数と周波数応答の変化（1自由度系）

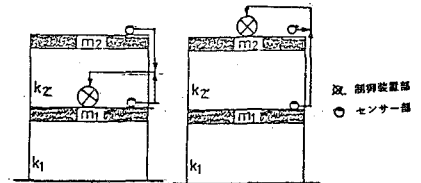


図-3 2地点速度帰還合成法（2自由度系）

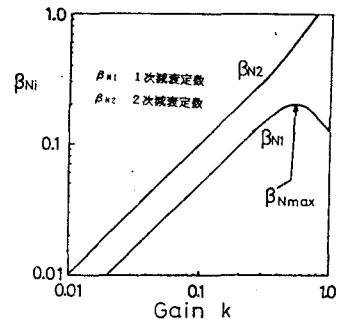


図-4 ゲインの変化による1, 2次減衰定数の変化（質量1入力）

従うので、1次と2次の減衰定数比 λ を、 γ, ψ のみの関数である。よって

$$\lambda^2 = F^2(\gamma, \psi) \quad \lambda^2 = F^2(\gamma, \psi) \quad \dots \quad I, II \text{ は } \lambda \text{ の値を } 1, 2 \text{ への制御が入力} \quad (2)$$

次にセンサーを2ヶ所にし、2ヶ所の速度を合成したもので制御する場合を考える。 λ の合成比をとると、この時もある値が与えられた時、図4と同様の傾向が見られるので λ は次式で表わす(1)。

$$\lambda^2 = G^2(\gamma, \psi, \tau) \quad \lambda^2 = G^2(\gamma, \psi, \tau) \quad \dots \quad I, II \text{ は (2) 式に同じ} \quad (3)$$

式(2)と型なり式(3)は、 τ を変化させることによって、 λ の値を自由に変えられるから、1, 2次の制振比率と τ とで、制御の自由度が高くなる。ところで(3)式において λ^2 と τ^2 が等しく、ゲインを等しくとれば両ケースの減衰定数特性は同じになる。今度は高ゲイン時の減衰定数特性である。図3のピーク β_{max} を τ を変化させることによって表わしたのが図5である。 $\lambda(\tau)=1$ で最高値 β_{max} をとることから β_{max} は構造パラメータ γ, ψ のみ依存する。この β_{max} と $\gamma-\psi$ との関係を図6に実線の等高線で示した。又図中の破線の等高線は1, 2次の固有円振動数比を示したもので、両者が似た傾向にあることがわかる。このグラフから1次と2次の共振点が近いほど制御できる減衰定数のピーク値が下がっていく。

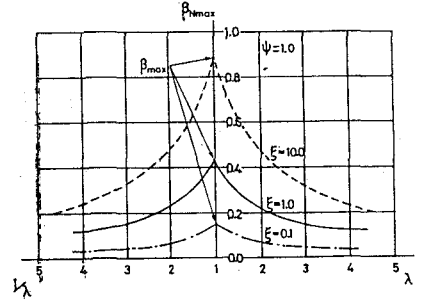


図-5 $\lambda(\tau)$ による減衰定数ピーク値の変化

図7には $\lambda(\tau)=1$ にした時のゲインの値に対する周波数応答の変化を表わした。ゲインを上げていくと徐々に両共振ピーク値が下がっていくが β_{max} を取るゲイン($k=1$ としてみた)では両共振ピークは平坦化された。

速度帰還法であるとき共振点のピーク値を下げる効果はなかったが、筋入は電圧信号変換部に適當な低通補償回路を入れることによって図8のような共振点以外の周波数帯域で制振効果を上げることが出来る。図中(10)はある周波数付近で、顯著な振動レベルの減少が見られる。それと比べて(10)は共振点以下の広い周波数帯域で、振動レベルが下がっている。

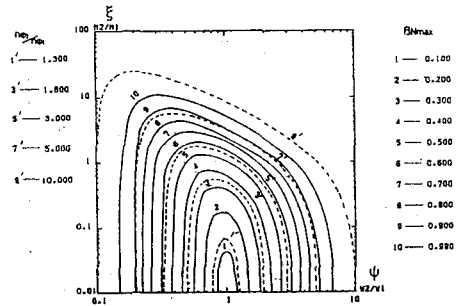


図-6 構造パラメータ γ, ψ と β_{max} 及び1, 2次の固有円振動数比の等高線

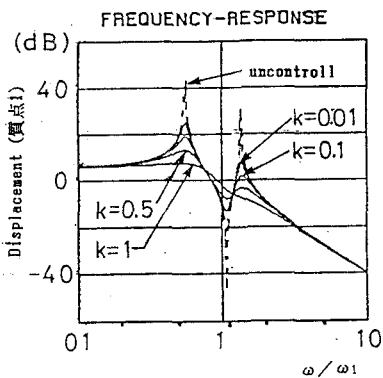


図-7 ゲインの変化による周波数応答の変化

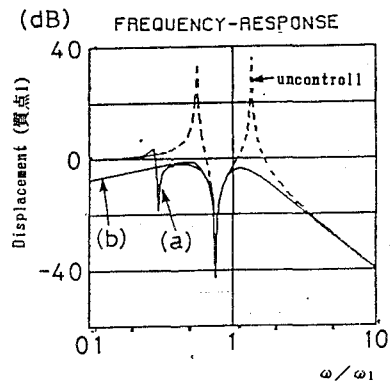


図-8 位相補償回路を接続した時の周波数応答