

機械振動の伝達を防止するため空気ばねをつけた機械装置の共振を防止する研究

SUZUKI, Hiroshi / 鈴木, 広志

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

Bulletin of the Faculty of Engineering, Hosei University / 法政大学工学部
研究集報

(巻 / Volume)

16

(開始ページ / Start Page)

97

(終了ページ / End Page)

102

(発行年 / Year)

1980-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004135>

機械振動の伝達を防止するため空気ばねをつけた 機械装置の共振を防止する研究

鈴木 廣 志*

An Eliminating Method of Resonance of Vibration System Without Viscous Damper

Hiroshi SUZUKI

Abstract

In the case of rotating machinery which is out of balance, vibrations of undesirable transmits through floor or ground to other parts of the building or structure.

One of the methods of vibration isolation is to insert an elastic isolator (coil spring, air spring, rubber and etc.) between a vibration source and ground.

Putting an elastic isolator makes a vibration system and a resonance of the system occurs many times. Then the vibration system has a resonant frequency by using an elastic isolator.

When the forcing frequency approaches near the resonant frequency, the elastic coefficient of isolator is changed to a small elastic coefficient automatically and we are able to avoid the resonance of the vibration system without viscous damper.

§ 1. 緒 言

回転部のある機械装置において回転部に不平衡量がある場合、または往復運動機構のある機械装置においては多くの場合機械振動が発生し、その機械振動が他に伝わりいろいろな障害たとえば振動公害などと言われる問題も起こしている。

機械振動が基盤（地面、床など）に伝わることを防止するためいろいろな方法が考えられている。たとえば機械装置の基礎コンクリートブロックをできるだけ重くする。コンクリートパイルを地中深く打ちこみこの上に基礎をつくり機械装置を設置するなどの方法が採用されているが、これらの方法は工事に多額の費用がかかるため、あまり一般的な方法とはいえない。

これらの方法にくらべて施工も容易であり、費用も比較的少なくてすむ方法として振動が発生している機械装置と基礎との間にいろいろな弾性体を挿入することが広く行われている。しかしこの弾性体のばね定数の値をきめるときは機械装置の質量、機械装置が発生する振動数をよく調べてからその値を決定しなければ、振動伝達率が全く減少しなかったりかえって大きくなる場合も

* 電気工学科，計測制御専攻

ある。

振動源のある機械装置と基盤との間に弾性体を入れることによって機械装置と弾性体によって新しく機械的振動系がかたちづくられる。

弾性体を用いて機械振動の伝達を防止するためには、機械装置の質量と弾性体のばね定数できまるその振動系の固有振動数は、機械装置の発生する振動数（強制振動数）にくらべて十分小さくなるように設計されていなければならない。このように設計された振動系においては、機械装置の回転数が停止状態から出発して次第に回転数を増加し、定常運転の回転数に到達するまでにこの振動系の固有振動数と機械の回転数とが合致するときがある。このとき機械装置の振動振幅が非常に大きくなる共振現象がおこり、機械装置に損傷を与えることが少くない。

機械的共振のため機械装置の振動振幅が非常に大きくなる場合には、オイルダンパなどを用いて振動振幅を減少させている。しかし機械装置の回転数が共振点を通過して定常運転の回転数に達した状態にあるとき、振動伝達率をできるだけ小さくするためにはダンパーはない方がよい。われわれは振動振幅を減少させるダンパーを用いることなく振動系をかたちづくっている機械装置の機械共振を防ぐ方法について研究を行った。

機械の回転数が次第に増加し機械装置の質量と弾性体のばね定数できまるその機械系の固有振動数に近づくときと振幅は次第に増加するが、振幅が余り大きくならない段階で弾性体のばね定数を小さくするような操作を行う。ばね定数を小さくすることによって固有振動数は小さくなるが、この固有振動数をばね定数が大きかったときの固有振動数より十分小さくしておけば、機械の回転数がさらに増加しても振幅は増加することなく減少していく。このように固有振動数をかえることによって振動系をかたちづくっている機械装置の共振を防ぐことができた。

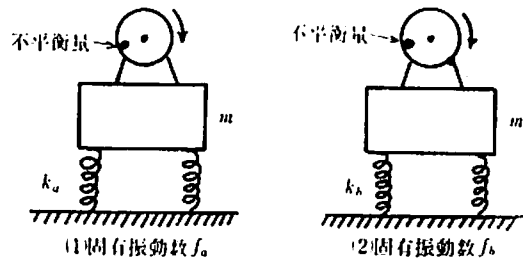
振動伝達率を小さくするためには、弾性体のばね定数は小さい方がよいのであるが、ばね定数が余り小さくなると大きな静的たわみ、必要な隙間の増加、横揺れの増加による不安定性の問題が起ってくる。そのため機械装置の回転数が定常運転の回転数に近づくとき、弾性体のばね定数を再びもとのばね定数の大きい状態にかえておく。

本研究においては機械装置と基盤との間に挿入する弾性体として補助空気室をもった空気ばねを用い、空気室の容積を増減させることによって空気ばねのばね定数を変えた。

機械装置の質量と空気ばねのばね定数できまる固有振動数（ばね定数の大きいとき）より低い振動数と、高い振動数をまえて適当にえらび、この振動数の範囲内では補助空気室がもとの空気室につながり空気室の容積が増加してばね定数は小さくなる。そしてその振動系の固有振動数は小さくなる。

§ 2. 原 理

機械振動を発生している機械装置の全質量を m 、この装置を支えている弾性体のばね定数を


第1図 ばね定数 k_a, k_b をもつ振動系

k_a とするとき、この振動系の固有振動数 f_a は次式のように表わされる。

$$f_a = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_a}{m}}$$

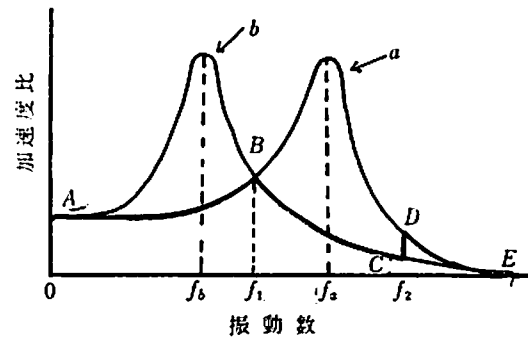
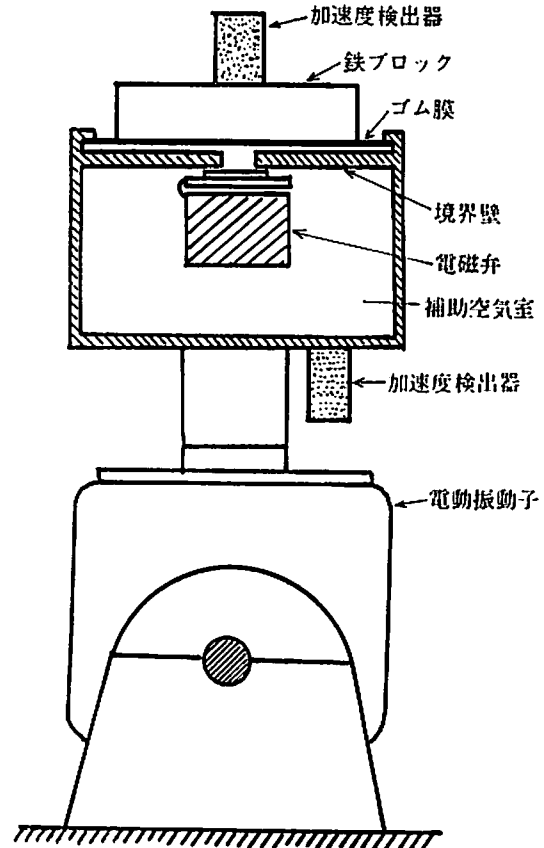
この振動系の共振特性は第2図 a 曲線のように変化する。

つぎに上記ばね定数 k_a より小さいばね定数 k_b をもつ第1図(2)の系の共振特性は第2図 b 曲線のように変化する。この振動系の固有振動数を f_b と表わす。

機械装置が回転をはじめ定常運転の回転数に達するまでの過程を考える。回転をはじめてから第2図に示される振動数 f_1 まではばね定数大きい k_a の弾性体で支えられているため振幅比は第2図の太い実線で示される a 曲線上を A から B に移動していく。 B 点すなわち回転数が f_1 になったとき、ばね定数 k_a を k_a よりも小さいばね定数 k_b に変化させる。

この振動系の共振特性は第2図の b 曲線であるから回転数の増加につれて振幅比の大きさは a 曲線上を進むことなく b 曲線上を B から C へと移動する。すなわち回転数が f_1 から f_2 の間は振幅比は b 曲線上を B から C へと移動する。この間機械の回転数は第1図(1)に示される振動系の共振点を通過するが共振を起すことはない。もし振動数 f_1 のところでばね定数を k_a から k_b に切りかえていなければ、機械装置の回転数が固有振動数に合ったところで振幅比が非常に大きくなる共振をおこす。

回転数が f_2 に達すると弾性体のばね定数は k_b から値の大きい k_a にかわる。このとき振幅比の大きさは C から D に移り回転数の増加につれて a 曲線上を D から E へと移っていく。この E 点は定常運転時の振幅比を表わすのともする。


第2図 ばね定数 k_a, k_b をもつ振動系の共振特性


第3図 測定装置

§ 3. 測 定

第1図の原理図においては機械振動をおこす装置が弾性体で支えられた機械装置に含まれていたが、本実験装置においては製作した空気ばねが小型であったため、振動発生装置を空気ばねの上にのせることが困難であった。そのため第1図の原理図とは逆になるが、第1図の基盤にあたる部分、第3図の実験装置では空気ばねの底部を振動させ、空気ばねにのっている鉄ブロックに伝わる振動の伝達率を測定した。空気ばねの底部は電動振動子の可動部に固定してある。この振動子に加える正弦波の信号はスイープオシレータによって自動的に5 Hz から5 kHz まで変えることができる。

振動子の振動数が次第に増加するとき、第2図に示される f_1 Hz までは電磁弁は閉じたままになっている。電磁弁が閉じているときの空気ばねの内容積はゴム膜と境界壁ではさまれた空間である。この容積に対するばね定数は第1図(1)の k_a に相当する。振動数が f_1 Hz をこえると補助空気室との間の電磁弁が開き、空気ばねの容積は補助空気室の容積分だけ増加する。空気ばねの容積が増加したときのばね定数は第1図(2)の k_b に相当する。ばね定数 k_b は k_a より小さい値であるから補助空気室が連結されたときの固有振動数は補助空気室が連結されるまえの固有振動数にくらべて小さくなる。

本実験装置においては、電磁弁が閉じて補助空気室が連結されていないときの固有振動数は約36 Hz、電磁弁が開き補助空気室が連結されたときの固有振動数は約16 Hz になっている。また電磁弁を開かせる振動数の範囲を20 Hz から60 Hz の間にえらんである。20 Hz から60 Hz の間電磁弁を作動させるためバンドパスフィルタを用いている。

第3図において空気ばねに支えられた鉄ブロックに固定した加速度検出器の出力をバンドパス幅20 Hz～60 Hzのフィルタに通し、その出力によって電磁弁を作動させている。

空気ばねをとりつけたときの振動伝達率を測定するために、加速度検出器を空気ばねの底部と空気ばねにのっている鉄ブロックに固定した。両加速度検出器の出力を対数変換したのちその差をとりXY記録計のたて軸に接続する。横軸はスイープオシレータを用いて5 Hz から5 kHz まで変化させることができる。

第4図はスイープオシレータの振動数を5 Hz から200 Hz まで変化させたときの加速度比をしめている。図中の太い実線は振動数によってばね定数を変える自動装置が作動したときの加速度比の変化をしめている。細い実線は空気ばねに補助空気室が連結されていないときの共振特性をしめし、点線でしめされる共振特性は空気ばねに補助空気室が連結されたときの変化をしめして

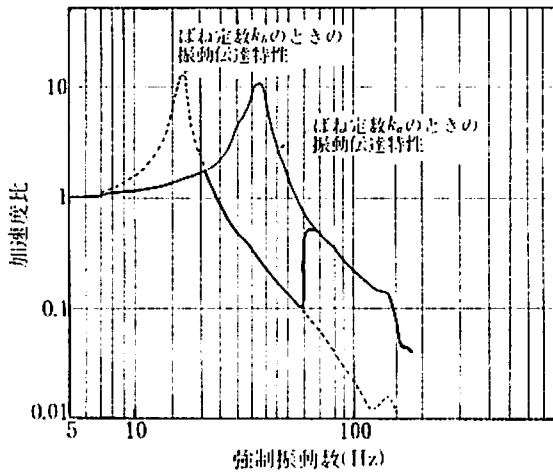
空気ピストンのばね定数は次式のように表わされる。 $k=nPA^2/V$

ただし n : 空気シリンダ内の空気に対するポリトロップ指数

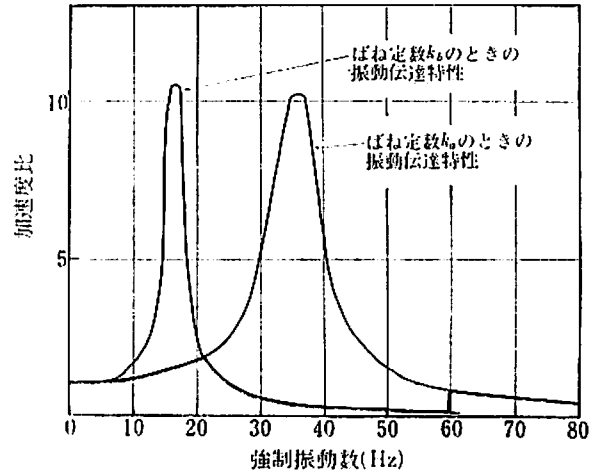
P : シリンダ内の空気圧

A : 空気シリンダのピストンの面積

V : シリンダ内の空気の体積



第4図 ばね定数を変える自動装置をつけたときの振動特性



第5図 ばね定数を変える自動装置をつけたときの振動特性

いる。

第5図は第4図の振動数に対する加速度比の共振特性を直線目盛のグラフに書きかえたものである。強制振動数（機械装置の回転数）が0 Hz から20 Hz にかわるまでは加速度比の大きさは空気ばねのばね定数が k_a とときの特性曲線に沿って変化し、20 Hz になると空気ばねのばね定数が小さくなり、60 Hz まではばね定数 k_b 共振特性の曲線に沿って変化する。強制振動数が20 Hz から60 Hz まで変化する途中において、ばね定数が k_a のときの固有振動数と合致するところがあるが、機械的共振はおこらない。強制振動数が60 Hz になると空気ばねのばね定数は k_b から値の大きい k_a に変わり、60 Hz 以上はばね定数は k_a の値を保ちつづける。強制振動数が減少するとき、すなわち機械装置の回転数が減少していくときは、上記の過程とは逆の方向に変化していく。

§4. 結 言

回転部に不平衡量のある機械装置に発生した機械振動が基盤を伝わり他の物体に障害をあたえる場合、その機械振動の伝達を防止するために機械装置と基盤との間にコイルばね、空気ばねまたは防振ゴムを挿入することが広く行われている。しかし機械装置と基盤との間に弾性体を挿入することによって新しく機械的振動系が形づくられる。その結果機械の回転数が増加するとき、あるいは減少するときに機械の振動振幅が大きくなる共振という問題が起ってくる。

この機械的共振を防止するために機械の回転数すなわち強制振動数が機械装置の質量とばね定数で定まるその振動系の固有振動数に近づき、振動振幅が増大しはじめるある振動数のところで自動的に空気ばねのばね定数を小さくする。ばね定数が小さく変わることによって、その振動系の固有振動数も小さく変わる。

その変化した固有振動量の大きさを強制振動数よりも十分小さくしておけば、強制振動数が更に増加しても振動振幅は増大することなく減少する。以上のように振動の伝達を防止するために

空気ばねをとりつけた機械装置の運転を開始したとき、あるいは停止するときにおこる機械的共振を防ぐことができた。

謝 辞

おわりに本研究について色々と御指導をいただきました武田教授に感謝いたします。