

第19回 防振装置・防振ばね

三菱製鋼(株) 松音 崇之

1. はじめに

防振装置とは、振動発生源となる機械を弾性支持することにより外部への振動伝達を防ぐ(低減させる)装置であり、コイルばね、皿ばねなどの金属ばねや空気ばね、ゴムなどが使われている。今回はこの防振装置についての概要を紹介する。

2. 振動の発生

機械装置にはなんらかの運動部分があり、そのほとんどが例外なく振動を発生する。もちろんその振動の程度は様々であり、ほとんど問題にならない程度のものであり、数百メートルの範囲にまで影響を及ぼすものまであり、これにより振動問題が生じることがある。

振動問題の内容としては、やはり最も多くの部分を占めているのは「人」に対するもので、これは伝搬された振動を直接感じるものであったり、ガラスがガタガタ鳴るといった間接的に感じるものであったりする。伝搬された振動が建物内で発生する場合には、建物構造の影響(固有値の違い)により、各階、各部屋で振動の大きさが異なることもある。

振動の感じ方には個人の感覚差もあり、非常に小さな振動であっても感じる人は感じるのである。また、人が感じない振動であっても、精密機械、計測器にとっては障害になるものもある。法的には敷地境界での振動規制値があるが、これが守られていても苦情は発生するものであり、苦労している企業も多いのではないだろうか。

3. 振動問題への対応

振動問題への対応として、まずは振動源が何であるかをつきとめなければいけない。特定の機械を運転すると振動が生じるというように簡単に振動源が判明する場合はよいが、多くの機械がある場合などは簡単に確定できない場合がある。この場合は振動測定、振動周波数の測定などにより振動源を確定する必要がある。

振動源により機械基礎が振動すると、それに接する地盤や建造物の部分が振動させられ、これが第二の振動源となって他の所に悪影響を及ぼす。そこで機械を弾性支持し伝達力を小さくするために防振装置が使われる。

機械基礎近傍の地盤や建造物に誘起された振動は、地盤や建造物を伝搬していく。土や構造物は多少なりとも振動に対する減衰性をもっており、伝搬の途中で次第に減衰していくはずである。また、地盤を四方に広がっていくような場合にはエネルギーが分散されるため、そのためにも減衰する。ただし、地盤の状態(地層状態、土質など)により必ずしもなめらかに減衰していかないことが多々ある。また、構造物を伝搬する際にも減衰はあるが、この場合も周波数などによっては構造部材や建物床などの中に共振するものが存在すると振動が増幅される場合もある。

前述のような機械設置後に発生した振動問題への対応の場合、様々な労力も必要となるが、基礎改造等の多額の費用もかかる。そのためプレスメーカーなどでは現在は防振装置が標準装備となっているようである。

4. 防振装置

防振装置は「ばね(弾性要素)」と「ダンパー(減衰要素)」の組み合わせからなる支持系である。

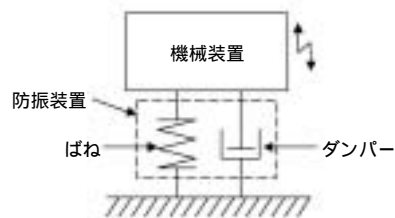


図2 振動モデル

弾性材として使用されるものとしては、防振ゴム、空気ばね、金属ばねが一般的で、それぞれ特徴があるので状況に合わせて選定する

必要がある。以下に各特徴を簡単に述べる。

(1) 防振ゴム

防振ゴムは内部摩擦を有しており、減衰要素の作用もあるため、装置そのものがシンプルかつコンパクトで比較的安価である。また、サージングもなく高周波域での振動絶縁性がよいという特徴がある。しかしながら、ばね定数を低くとることが難しく固有振動数をあまり小さく設定できない、また劣化するなどの問題がある。

(2) 空気ばね

空気ばねは、非常に低い固有振動数を容易に得られることが一番の魅力である。しかしながら、空気供給源、補助タンク、レベリングバルブなどと組み合わせて用い

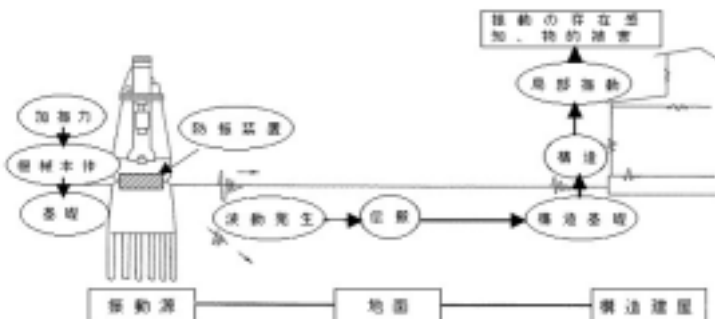


図1 振動の発生と伝搬

られるため構造が複雑になり、高価なものとなる。減衰要素については、空気ばねと補助タンクに接合部に絞り（オリフィス）を設けることにより多少の減衰効果は得られるが、許容振幅が小さい場合には別のダンパーの併用が必要となる。プレス機械用としても用いられているが、何千トンもの大型振動台用としても用いられている。

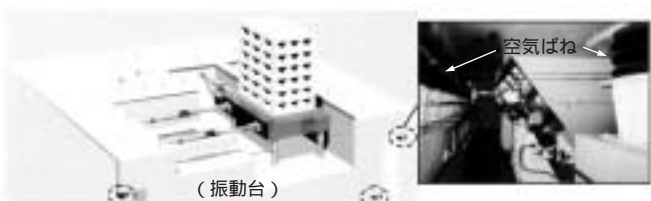


図3 空気ばねを用いた防振装置

(3) 金属ばね

防振装置に主として使用されている金属ばねは重ね板ばね、コイルばね、皿ばねである。金属ばねは設計自由度が大きく固有振動数を広い範囲で設計することが可能であり、一般的には構造が簡単で取り付けも容易である。重ね板ばねや皿ばねといった金属間摩擦を有するばねについては、ダンパーを必要としない簡素な構造の装置が可能となるが、それ以外では別のダンパーを付与する必要がある。



図4 重ね板ばねを用いた防振装置

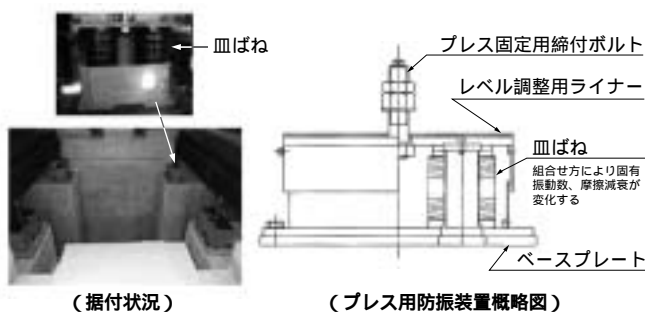


図5 皿ばねを用いた防振装置例（プレス用防振装置）

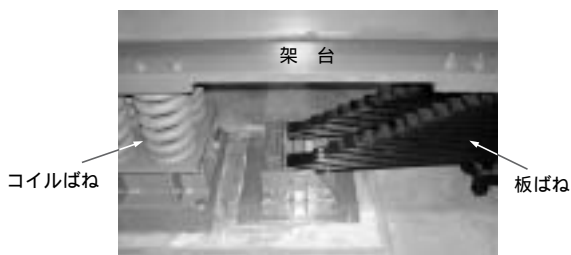


図6 コイルばねと板ばね併用の防振装置

(4) ダンパー

防振装置に使用されるダンパーの主な目的は、衝撃加振における振動の減衰と、強制振動の共振振幅を抑えることである。ダンパーはオイルダンパー、摩擦ダンパーがあるが、一般的にはオイルダンパーが多く使用されている。粘性の高いオイルと抵抗板を用いた独自のダンパーを開発し実用化されている防振メーカーもある。

5. 防振設計とその問題点

(1) 機械の揺れ

防振装置を取り付けた場合には、防振効果を要求されることはもちろんであるが、機械の揺れを制限される場合が多い。これはワークの搬送障害（フィーダーなどとの関係）や、ワークの転倒・落下、加工不良といったことを生じることがあるためである。

しかしながら、軟らかいばねの場合、防振性能はよいが機械の揺れも大きくなり、逆に揺れを抑えようとばねを硬くすると防振効果が低減されるのである。まさに「あちらをたてればこちらがたたず」である。

設計計算では1自由度振動系、あるいは6自由度振動系の計算が主に行われているが、近年では有限要素法による計算が行われる場合もあるようである。しかしながら、機械の加振力やその数、種類と入力位置など機械メーカーでも把握されていない場合も多く、また、それらの数値を与えられても計算結果と実測値が合致しないことも多い。

(2) 防振性能

一般に防振性能は敷地境界での地盤振動値で評価される。これは前述したように振動規制値があるためである。

振動値の設計計算では2自由度振動系（機械 - 基礎 - 地盤）の計算や、有限要素法による計算が行われているが、これらで求まる数値は機械基礎近傍のものであり、本当に必要な、敷地境界や離れた場所での振動値を求めるためには「地盤特性」を考慮しなければいけない。

実際の地盤は不均質であり、振動の波が地中で反射したり屈折したりして、地表面の振動状態を複雑にしている。そのため距離が遠くなるにつれてかえって振動が強くなることや、特定の場所だけが周囲よりも振動が大きくなることもある。これは地盤特性だけでなく建物構造特性の影響もあるが、例えばある工場（振動発生源）から数百メートル離れた特定の民家だけから苦情がくるといったケースもある。

これらのように防振性能に関しては地盤特性や建物構造特性など、いろいろな要素が関係してくること、また、設計前にそれらの情報（地盤の距離減衰、地盤や構造の固有値など）を得ることは稀であるため、防振性能（ある地点での振動値）推定は一筋縄ではいかないのである。