

モード解析による制振技術

長松昭男（法政大学工学部）

1. 制振とは

機械や構造物において振動、騒音を低減することは、安全性、性能、信頼性、快適性、商品性、公害防止などあらゆる面で大変重要な問題である。例えば、航空機では極度の軽量化の中で疲労破壊防止が至上命題になる。自動車や列車では乗員の快適性と外部騒音公害防止が大切である。家電品や事務機器は静粛性が商品価値になる。工作機械のびびり振動は工具と製品をだめにしてしまう。チェーンソーや削岩機などは労働障害を引き起こす。高層建物は地震、風、環境振動への対策が必要である。

振動対策の場所としては、発生源、伝達系、応答系に大別できる。自動車を例にとれば、タイヤ表面形状の改良、エンジンの燃焼制御と構造最適化が発生源対策である。また、エンジンマウント、サスペンション、シャシー、ブッシュなどによる振動遮断が伝達系対策である。更に応答系の対策としては、車体の構造最適化や制振材の使用が挙げられる。

一般に、対策は上流で行うほうが望ましい。しかし、振動や音の発生源は同時にエネルギーの発生と変換の場であることが多く、エネルギー効率を低下させないで振動を対策することには限界がある。また、振動の伝達系は同時に力の伝達系であると共に、運動性能などの決定要因になることが多く、やはり振動対策には限界がある。そこで、応答系の対策が不可欠になる。

振動の低減技術は、遮断、防振、制振に分けられる。遮断は入力を低減するものであり伝達系で行う。防振は、構造を対策することにより振動を防止するものであり、構造動特性のうち主に質量と剛性の最適化により行われる。防振は、設計段階で行う改善と試作試験による不具合対策に分けられる。設計の早期に実動時の動挙動を正しく予測することにより前者を重視し、後者はできるだけ避けることが望ましい。前者に対しては、有限要素法（FEM）、理論モード解析、部分構造合成法^{2,3)}、感度解析など、コンピュータ支援によるシミュレーションと最適設計の方法が用いられる。後者に対しては実験モード解析が主な道具になる。

制振は、振動の力学的エネルギーを熱エネルギーに変えて消散させることにより振動を制御するものであり、主に減衰機能の付加により行われる。振動対策を行う際の優先順位は、遮断、防振、制振の順とすべきである。前二者をまず徹底して追求し、制振でそれらの限界を補うという姿勢が望ましく、安易に制振に頼ってはならない。しかしながら、振動問題は一般的に困難であり、制振を抜きにして解決することは無理なことが多いのが現状である。制振は、制振器を用いる方法と制振材を用いる方法とに分けることができる。

図1と図2に振動対策の場所と方法を示す。