

1. はじめに

通常の構造物は強度や剛性などの要件から、主に鋼、アルミなどの弾性体で作られることが多い。しかし、これらの弾性体は一般に減衰が小さく、構造物が周期外力にさらされると、振動や放射音が問題になりやすい。その対策として、ゴム、制振材やプラスチックなどの粘弾性体を構造物に付加することがよく行われる。粘弾性体は弾性体と比べて減衰が大きく柔らかい。その特性を利用して構造物を制振あるいは振動絶縁する。

粘弾性体を構造物に適用した時に、どの程度、系として減衰が得られるかは、系が共振した時の粘弾性体の変形量に依存する。粘弾性体の減衰作用は、外力が作用した時の応力と変形に関連する歪みの間のヒステリシスに起因するためである。したがって粘弾性体の変形しないような振動モードでは、ヒステリシスに起因する減衰は得られない。対策を考えている共振で、粘弾性体がどの程度変形するかを、設計段階で調べることが望まれる。そのためにCAEを援用することが有効な手段となる。CAEで構造物の制振、振動絶縁問題をシミュレーションするためには、粘弾性体と弾性体とが混在する系を取り扱う必要がある。有限要素法(Finite Element Method, FEM)は、粘弾性体と弾性体とが混在した任意形状の構造物の動的問題が解けるので、このような内容を目的としたシミュレーションに有効である⁽¹⁾。

一般に粘弾性材の動的な材料特性(貯蔵弾性率と材料損失係数)には周波数依存性、温度依存性があることが知られている⁽²⁾。振動発熱による粘弾性材の温度変化⁽³⁾が無視できる条件では、数値シミュレーションでは特に周波数依存性の考慮が重要となる。本報告では、シミュレーションに必要な制振に係わるこれら材料特性のデータベースに求められる要件について説明していく。

2. 弾性構造物+粘弾性材の振動減衰特性のシミュレーションと粘弾性材料データベース

本章の2-1では、FEMを用いた数値シミュレーション法を概説し、運動方程式の中で、どの項が粘弾性材料特性の周波数依存性の影響を受けるかを示す。ついで2-2では、2-1で示した運動方程式を解いて応答を求める手法を概説する。その際の粘弾性材料特性の周波数依存性の取り扱いについて説明する。

2-1. 弾性構造物と粘弾性材からなる系の有限要素法による運動方程式

有限要素法を用いて粘弾性体と弾性構造物の運動方程式を要素の節点に関する式へと離散化する。以下にその概要を示す。

まず、弾性体についての離散化運動方程式を示す。微小変形を仮定し、線形三次元有限要素⁽⁴⁾⁽⁵⁾を用いて説明する。

要素の内部の変位ベクトル $\{U\}$ を $\{U\} = \{U_x, U_y, U_z\}^T$ とおき、 $\{U\}$ を節点変位ベクトル $\{U_e\}$ と形状関数 $[N]$ で次式のように近似する。

$$\{U\} = [N]\{U_e\} \tag{1}$$

この形状関数行列 $[N]$ は、通常は座標の関数で、四面体要素、五面体要素、六面体要素などの要素の種類で異なる。図1に四面体要素の例を示す。

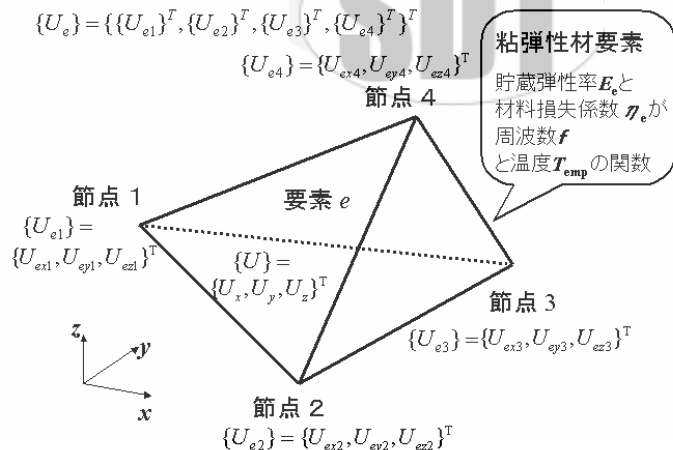


図 1