SDT06004 B21 C34 C35 D46 E53

Biotタイプ多孔質材をサンドイッチした二重壁構造の振動減衰特性の２DFEM解析

○山口　誉夫　　山本　崇史　　丸山　新一
（群馬大学）　（日産自動車）　（日産自動車）

2D-FEA for Vibration Damping of Laminates having Biot Type Porous Material Sandwiched Between Double Walls

Takao YAMAGUCHI (Gunma Univ.)　Takashi YAMAMOTO (Nissan Motor CO.LTD)　Shin-ichi MARUYAMA (Nissan Motor CO.LTD)

多孔質材を弾性はりと粘弾性シートでサンドイッチにして積層した二重壁構造の振動減衰特性を有限要素法で解析した。多孔質材を伝播する波動の媒質として、内部空気と骨格を考慮するBiotモデルを用いた。内部空気の粒子変位Uと骨格の変位uを未知数とする二次元有限要素を用いて、離散化方程式を導いた。コードを作成し、積層構造（はり、シート、内部空気、骨格）の変形分布と減衰特性の関係を明らかにした。

key words：制振材，多孔質材，FEM

1．はじめに

著者の一部は，多孔質材内部空気のみを媒質とするモデルを用いて，車両に適用される吸遮音材料を積層した防振防音構造を有限要素法で解析する方法と解析例を報告してきている[(1),(2)]．本研究では，多孔質材の内部空気だけではなく，多孔質材を形成する骨格も波動が伝播できるモデル，いわゆる弾性多孔質材モデル（Biot タイプモデル）を取り扱う[(3),(4)]．

Bolton[(5)]らは骨格の変位$\{u\}$と内部空気の粒子変位$\{U\}$を未知数とする有限要素法(FEM)による離散化方程式を導いている．Atalla ら[(6)]は骨格の変位$\{u\}$と内部空気の圧力pを未知数とする FEM 離散化方程式を導いている．本報告では，Bolton らと同様に内部空気の粒子変位$\{U\}$と骨格の変位$\{u\}$を未知数とする二次元有限要素を用いた．この定式化の利点は，弾性体と多孔質材が接続される場合に変位という共通なパラメータのみで記述できるので，境界条件の処理が容易にできることである．また，このような連成問題の応答の変形分布を直接表示できる．反面，Atalla らの定式化に比べると計算自由度が多く計算時間がかかる．

Biot モデルにおいて内部空気の粒子変位$\{U\}$と骨格の変位$\{u\}$は流れ抵抗にもとづく粘性減衰項，ヒステリシス減衰項，慣性項，復元力項で連成する．コードを作成し，積層構造（はり，シート，多孔質材（内部空気と骨格））の変形分布と減衰特性の関係を明らかにした．

2．解析手法

2.1　弾性多孔質材の内部空気と骨格に関する振動場の離散化

Biot のモデルは内部空気に加え，骨格の弾性変形（粘弾性材として扱う）を考慮した弾性多孔質材モデルである[(3)~(6)]．

$\{U\}=\{U_x,U_y\}^T$ と $\{u\}=\{u_x,u_y\}^T$ を，それぞれ内部空気の粒子変位ベクトルおよび骨格の変位ベクトルとすると運動方程式は次式となる．

内部空気に関する運動方程式:

$$-\omega^2(\rho_{21}u_x+\rho_{22}U_x)+j\omega b(U_x-u_x)=-\Omega(\partial p/\partial x) \quad (1)$$

$$-\omega^2(\rho_{21}u_y+\rho_{22}U_y)+j\omega b(U_y-u_y)=-\Omega(\partial p/\partial y) \quad (2)$$

骨格（粘弾性材）に関する運動方程式:

$$-\omega^2(\rho_{11}u_x+\rho_{12}U_x)+j\omega b(u_x-U_x) =(\partial\sigma_x/\partial x)+(\partial\tau_{xy}/\partial y)+(\partial\tau_{xz}/\partial z) \quad (3)$$

$$-\omega^2(\rho_{11}u_y+\rho_{12}U_y)+j\omega b(u_y-U_y) =(\partial\sigma_y/\partial y)+(\partial\tau_{yz}/\partial z)+(\partial\tau_{yx}/\partial x) \quad (4)$$

Ωは多孔率，sはトーチュオジティである．$\rho_{11}=\rho_s+\rho_a$，$\rho_{12}=-\rho_a$，$\rho_{22}=\rho_f+\rho_a$，$\rho_{21}=-\rho_a$であり，$\rho_s=\rho_1(1-\Omega)$と$\rho_f=\rho_0\Omega$は骨格と空気の混合体体積を換算した密度，$\rho_a=\rho_f(s-1)$は骨格と空気との連成に基づく付加質量である．ρ_1は骨格材料の密度である．σ_x，σ_yはそれぞれx方向，y方向の垂直応力である．τ_{xy}はx軸に垂直な面にy方向に作用するせん断応力である．$b=\Omega r$は粘性連成項の係数，rは抵抗である．

内部空気の圧縮の式は次式となる．

$$-\Omega p=Q_m\,\mathrm{div}\{u\}+E_m\,\mathrm{div}\{U\} \quad (5)$$

$E_m=\Omega E^*$でありE^*は内部空気の複素体積弾性率である．$Q_m=(1-\Omega)E^*$はカップリング弾