

Biot タイプ多孔質材を含む自動車用内装構造の 動特性の有限要素解析

山口 誉夫
(群馬大学)

○藤本 雅士
(群馬大学院)

山本 崇史
(日産自動車)

丸山 新一
(日産自動車)

Analysis of Dynamic Characteristics for Automotive Interior Structures Including Biot Type Porous Material Using FEM

Takao YAMAGUCHI
(Gunma Univ.)

Masashi FUJIMOTO
(Graduate School of Gunma Univ.)

Takashi YAMAMOTO
(Nissan Motors)

Shin-ichi MARUYAMA
(Nissan Motors)

自動車用内装構造の振動、波動解析には、車体パネルと樹脂部品と多孔質材を組み合わせた構造が用いられる。本研究では、鋼製ビームに制振材、骨格・内部空気の両方が波動を伝播できる Biot タイプ多孔質材、樹脂シートを積層したものを二次元有限要素モデル化した。変形分布と材料特性および境界条件の関係を著者ら⁽¹⁾が開発した内部空気の粒子変位 $\{U\}$ と骨格の変位 $\{u\}$ を未知数とする計算コードを用いて数値解析した。

key words : Damping, Vibration of Continuous System,
Computer Aided Engineering, Coupled Vibration, Automobile

1. 緒 言

自動車の車体と内装構造の振動、波動解析には、制振材を積層したパネルと樹脂シートで多孔質材をサンドイッチした構造が用いられる。自動車内装部品に用いられる多孔質材をミクロで見ると、多孔質材を形成する骨格と内部に含まれる空気などの流体から成っている。

そこで本研究では、多孔質材を形成する骨格、内部空気の両方が波動を伝播できる弾性多孔質材モデル (Biot⁽²⁾ タイプモデル) を取り扱い、Bolton ら⁽³⁾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。

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。積層構造(はり、樹脂シート、多孔質材(内部空気と骨格))の変形分布と材料特性および境界条件の関係を数値解析した。

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。

$\{U\} = \{U_x, U_y\}^T$ 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:

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

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

ただし、 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