

空気の粘性を考慮したスリットモデルの有限要素解析

○笹島 学 山口 誉夫 渡邊光春 黒沢良夫 小池 美夫
(フォスター電機) (群馬大学) (フォスター電機) (帝京大学) (フォスター電機)

Acoustic Finite Element Analysis of a Slit Model with Consideration of Air Viscosity

Manabu Sasajima Takao Yamaguchi Mitsuharu Watanabe Yoshio Kurosawa Yoshio Koike
(Foster electric) (Gunma University) (Foster electric) (Teikyo University) (Foster electric)

小型ヘッドホンの筐体内にある音響伝達経路には非常に狭い箇所があり、そこでは、音速や位相の変化が生じる。そこで、減衰材による音響減衰を含む音響解析手法を応用し、音響伝達経路上での空気粘性による減衰の影響を考慮可能な定式化を行う。さらに、FEMを用いて数値解析を試み、理論解と比較することによって計算の妥当性を検討した。

Key Words: 周波数特性、空気伝播音、家電、FEM

1. 緒 言

現在、音響の分野においても CAE が幅広く活用されている。しかし解析対象は、建築物・設備等の比較的大きなものが主であり、例えば、小型ヘッドホンの筐体内の様にわずか数百 mm³ の空間内での音響伝搬現象について解析された例は非常に少ない。小型のヘッドホンは筐体内がいくつかの空間に分割され、それらを繋ぐ音響伝達経路が非常に狭い場合が多い。この経路では、空気の粘性による減衰が生じ、音速の減少や位相の変化が生じる。したがって、一般的な音響解析では無視できる空気粘性による減衰を考慮する必要がある。本報告では、減衰材による減衰を含む音響解析⁽¹⁾⁽²⁾を応用し、空気粘性による減衰を考慮可能な定式化を行う。さらに、スリット断面を持つ三次元解析モデルについて、FEMを用いた音響解析ソルバで数値解析を試み、理論解と比較検証した。

2. シミュレーションモデル

図 1 のような直交デカルト座標系と、四面体定ひずみ要素を考える。要素内の任意の点での x 方向変位を u_x 、 y 方向変位を u_y 、 z 方向変位を u_z とすると、ひずみエネルギー \tilde{U} は以下のように表せる。

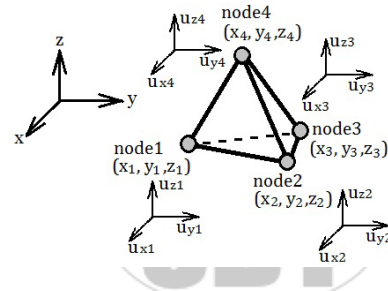


Fig.1 Direct Cartesian coordinate system and a constant strain element

$$\tilde{U} = \frac{1}{2} E \iiint_V \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right)^2 dx dy dz \quad \cdots (1)$$

ここで、 E は体積弾性率である。変位の時間微分を \dot{u} と表現すると、運動エネルギー \tilde{T} は以下のように表せる。