

ヒステリシスを有する非線形集中ばねで支持された 小型イヤホン用振動板のカオス振動

○笹島 学 山口 誉夫 小池 美夫 原 晃
(フォスター電機(株)) (群馬大学) (フォスター電機(株)) (フォスター電機(株))

Chaotic Oscillations of Diaphragm for Small Earphone Supported
by Nonlinear Springs with Hysteresis

Manabu Sasajima Takao Yamaguchi Yoshio Koike Akira Hara
(Foster electric) (Gunma University) (Foster electric) (Foster electric)

小型イヤホン用振動板の荷重-変位関係の実測値からばね物性を定義してヒステリシスを有する非線形集中ばねとしてモデル化し、これらのばねで支持された系の動的応答を解析した。本論では、線形固有振動形の基準座標を導入して応答の自由度を縮小し、高速に解析した。加振力が大きな場合には非定常応答が生じ、時刻歴波形から最大リアプノフ指数を計算することで、条件によっては応答がカオス振動であることが確定できた。

Key Words : 損失係数, 非線形解析, FEM, 家電, カオス, リャプノフ指数

1. 緒 言

一般的な小型イヤホンでよく使われている振動板は、常に振動板全体が変形しながら振動している。このタイプの振動板の剛性は、ドーム部形状、周辺部のコルゲーションと呼ばれる螺旋状の溝形状等の寸法値を設計変数とすることで調整可能である。しかし、振動板の荷重-変位関係の非線形性から非線形振動の発生が予想される。また、電気伝導体に電気を導通させるためのリード線を振動板背面に接着するために剛性が不均一になり、振動板の面外方向の変位が不均一になる恐れがある。これらより非定常振動や振動モードの連性によるカオス振動の発生が予想される。そのため、小型イヤホン振動板の非線形性を加味した振動解析を行うことは非常に重要と考えられる。従来から非線形集中ばねを含む系の振動特性の研究は行われてきている。例えば、近藤らは非線形支持されたビームが連結された構造の強制振動について、高速な安定判別法を提案している⁽¹⁾。Shawらは両端を単純支持したビームの中央を

非線形集中ばねで支持された系について Nonlinear Modal Analysis を行っている⁽²⁾。一方、山口らはブロック状の構造物を、線形有限要素を用いて弾性体でモデル化し、それを非線形集中ばねで支持した系の連成振動の解析を行っている^{(3), (4)}。山口らの解析では、線形固有振動形に対応する基準座標を導入して応答の高速演算法を提案しており、この方法を拡張して線形ヒステリシス減衰を復元力に与えた1個の非線形集中ばねが接続された粘弾性ブロックの定式化を行っている⁽⁵⁾。また、弾性構造物と非線形集中ばねからなる系の非線形振動特性、カオス振動について多くの研究があり、内部共振による板やシェルのカオス振動の研究もいくつか見受けられる^{(6), (7)}。著者らは小型イヤホン振動板の非線形解析に関して線形固有振動形の基準座標を導入した応答計算法の適用を試みている⁽⁸⁾。しかし、小型イヤホン振動板の非定常振動やカオス振動を取り扱った非線形応答解析の報告は見受けられない。そこで本論では、実測した振動板の荷重-変位関係から非線形ばね特性を同定し、振動板周縁の柔軟