

弾性構造物に非線形集中ばねを接続した系の FEM 共振応答解析

山口 誉夫
(群馬大学)○ 渡辺 実良
(群馬大学院)永井 健一
(群馬大学)丸山 真一
(群馬大学)

Analysis of Resonance Responses for Elastic Structure Connected by Nonlinear Springs

Takao YAMAGUCHI Miyoshi WATANABE
(Gunma Univ.) (Graduate School of Gunma Univ.)Ken-ichi NAGAI Shinichi MARUYAMA
(Gunma Univ.)

有限要素法を用いて弾性構造物に非線形集中ばねを接続した系を解析した。弾性構造（フレーム）を Z 軸方向の複数の非線形集中ばねで支持し、X 軸方向、Y 軸方向は線形ばねで支持した。非線形集中ばねの復元力は三次の非線形を考慮した。集中ばねには線形ヒステリシス減衰を導入した。非線形離散化方程式を、線形固有振動形を基準座標とする非線形連立常微分方程式に変換し、大規模自由度問題の応答を自由度縮小し高速に解析した。解析方法を検証し、フレームの剛性の相違によって生じる非線形振動挙動の影響を減衰の影響を含めて考察した。

key words : Vibration of Continuous System, Finite Element Method, Nonlinear Vibration, Computer Aided Analysis

1. 緒言

機械構造物において、弾性構造物を集中ばねで支持し振動絶縁することが行われている。防振要素には荷重と変位の間に非線形性を持つものもある。したがって、弾性フレームと非線形ばねを接続した問題の解明が重要である。著者らは、構造物を線形有限要素で弾性体としてモデル化し、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きた。本論では、弾性フレームを、ヒステリシスを有する非線形集中ばねを Z 軸方向に 4 点支持した。さらに X, Y 軸方向から線形集中ばねで支持し鉛直方向の周期加振力を加え、動的応答を解析した。非線形離散化方程式を、線形固有振動形を基準座標とする非線形連立常微分方程式に変換し、大規模自由度問題の応答を自由度縮小し高速に解析した。提案解析方法を検証した。さらにフレームの剛性の相違により生じる非線形振動挙動を減衰の影響を含めて考察した。

2. 弾性フレーム+集中ばねのモデル

弾性フレームのモデルを図 1 に示す。外形寸法は 600mm×200mm×80mm で、中空部分の寸法は 500mm×100mm×80mm とする。このフレームを剛性が高いフレームと呼ぶ。このフレームで高さを 10mm にしたものを剛性が低いフレームと呼ぶ。フレームの質量密度は、 $7.8 \times 10^3 [\text{kg}/\text{m}^3]$ とした。原点 (0.0.0) をフレームの下面の中心とし、加振点座標を (-275.0.0)、応答点の座標を剛性が高いフレームでは (-275.-70.80) とし剛性が低いフレームでは (-275.-70.10) とする。弾性フレームは微小変形を仮定し、有限要素法を用い非適合モードを考慮した 8 節点 isoparametric solid 要素でモデル化した。集中ばねはフレームのコーナー部の 4 点に、それぞれ X, Y, Z 方向の 3 個を配置した。Z 軸方向のみ非線形集中ばねとし、X 軸方向と Y 軸方向は線形ば

ねとした。非線形集中ばねの復元力は三次の非線形を考慮した。非線形集中ばねの荷重 R_{mz} - 変位 U_{mz} 曲線を図 2 に示す。集中ばねの線形成分は $\gamma_{1mz} = \bar{\gamma}_{1mz}(1 + j\eta_s)$ で表せる複素ばねとしてヒステリシス減衰を導入した。ばね定数は $\bar{\gamma}_{1mz} = 980 [\text{N}/\text{mm}]$ とした。

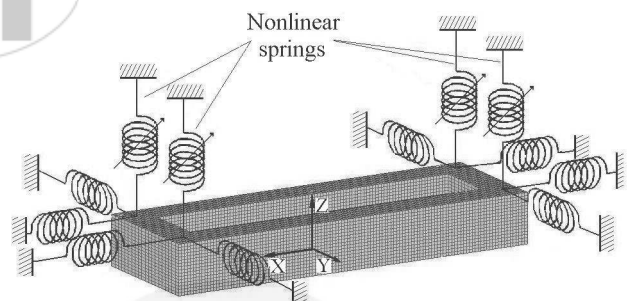


Fig.1 Simulation model

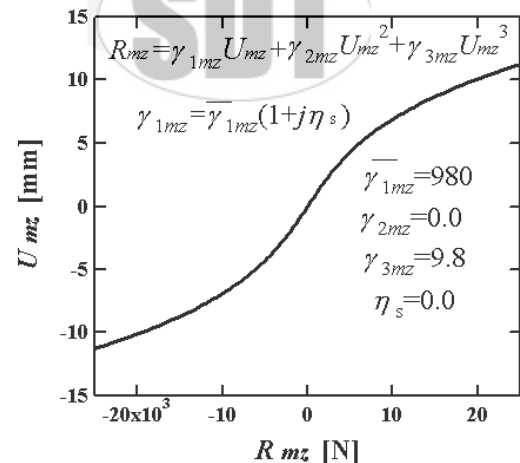


Fig.2. Restoring Force of Nonlinear Concentrated Spring