

非線形減衰を有する非線形ばねに支持された 弾性構造物の FEM 応答解析

山口 誉夫
(群馬大学)

○ 金井 知幸
(群馬大学院)

永井 健一
(群馬大学)

丸山 真一
(群馬大学)

Analysis of Damped Vibration for Elastic Structures Connected by
Nonlinear Springs with Nonlinear Damping Using FEM

Takao YAMAGUCHI
(Gunma Univ.)

Tomoyuki KANAI
(Graduate School of Gunma Univ.)

Ken-ichi NAGAI
(Gunma Univ.)

Shinichi MARUYAMA
(Gunma Univ.)

有限要素法を用いて弾性構造物に非線形ヒステリシスを有する非線形集中ばねを接続した系を解析した。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。提案解析法を検証、及び非線形ヒステリシスの影響によって生じる非線形振動挙動を考察した。

Key Words : Nonlinear Spring, Nonlinear Damping, Finite Element Method

1. 緒言

機械構造物において振動の軽減、防振対策は重要な問題である。防振対策にはダンパなど、減衰特性を持つ素材が用いられる。しかしそれらには荷重と変位の間に非線形性を持つものがある。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、線形ヒステリシスを有する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。本論では非線形ヒステリシスを有する非線形集中ばねを接続した構造物の応答解析法を拡張する。

弾性構造物を非線形ヒステリシスを有する非線形集中ばねで支持し、鉛直方向のインパルスによる加振力を加えて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運動方程式に変換し、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。提案解析法を検証し、さらに非線形ヒステリシスの影響によって生じる非線形振動挙動を考察した。

2. シミュレーションモデル

図1に示すように弾性構造物を非線形ヒステリシスを有する非線形集中ばね(Spring1)で Y 軸方向に 2 点支持し、X 軸方向から線形集中ばねで支持した。弾性構造物の外形寸法は 1801mm×30mm×601mm である。弾性構造物の質量密度は、 $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とした。原点座標(0.0.0)を弾性構造物の Y 軸面の中心の底面とし、加振点座標を (900.5・300.5.0)、応答点の座標を (900.5・300.5.30)とする。弾性構造物は微小変形を仮定

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。集中ばねは弾性構造物の 2 点、(820.456.0.0)、(-820.456.0.0) にそれぞれ X、Y 方向の 2 個を配置した。また、弾性構造物側面は Z 方向を拘束し X、Y をフリーとした。X 方向線形集中ばねのばね定数は $\gamma_{1mx} = 490 \text{ N/mm}$ とした。

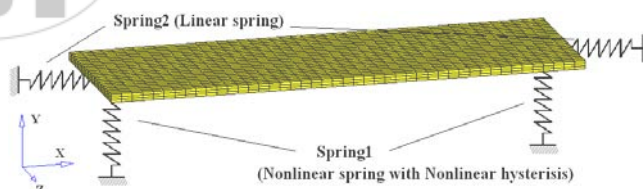


Fig.1 Simulation model

3. 基礎式

図1のように、弾性構造物が非線形ヒステリシスを有する複数の非線形集中ばねで接続される場合を考える。この系の有限要素による離散化方程式を求める。

3.1 非線形ヒステリシス、非線形ばねの離散化方程式
 m 番目の非線形集中ばねの復元力は、

$$R_{my} = \gamma_{1my} U_{amy} + \gamma_{2my} U_{amy}^2 + \gamma_{3my} U_{amy}^3$$

のように構造物との接合点 α_m ($m=1,2,3,\dots$) における Y 方向変位 U_{amy} の 3 次のべき級数で表現されるものとする。これらの集中ばねには非線形ヒステリシス減衰を導入し、