

NX Nastranの固有値解析機能

NX Nastranには、多くの固有値計算手法が用意されています。

変換法

変換法は固有値計算に先立ち、マトリクス方程式を固有値計算に適した特別な形に変形する手法です。おもに使用されるのは、三重対角マトリクス法です。変換法はモードの取りこぼしなどがなく、信頼性も高いのでよい方法といえます。

変換法には、いくつかの種類があり、NX Nastranでは以下の解析手法が選択できます。

- Givens法(三重対角マトリクス化)
- 修正Givens法(三重対角マトリクス化 + コレスキー分解)
- Householder法(三重対角マトリクス化)
- 修正Householder法(三重対角マトリクス化 + コレスキー分解)

追跡法

追跡法は、反復計算を用いて一度に1つの固有値を求めます。計算する周波数帯域を逐次移動することで複数のモードを求めることができます。NX Nastranでは、逆べき乗法(Shifted Inverse Power)が利用できます。

- 逆べき乗法(Shifted Inverse Power Method)
- スツルム付修正逆べき乗法(Shifted Inverse Power Method with Sturm Sequence check)

複合法

複合法は変換法と追跡法のよいところを合わせた方法です。Lanczos法(正確にはShifted Block Lanczos)がこの方法にあたります。Lanczos法では、計算速度が他の方法に比べて格段に速く、スパース性が利用できるため、最も広範囲に適用できます。

差分剛性について (幾何学的剛性)

ギターの弦を絞ると、それにつれて弾いたときの音程(周波数)が上がります。これは張力が作用すると弦の剛性が変化することを示します。このような剛性の変化を差分剛性と呼びます。差分剛性が働くケースは、ギターの弦の他にもたくさんあります。

圧力容器

圧力容器は内圧が作用することで壁面に張力が作用し、固有値(周波数)が上がります。NX Nastranはこのようなケースを取り扱えます。

回転円盤

回転円盤は遠心力によって、軸周辺では引張が作用し、端部では圧縮が作用します。この結果、回転を考慮しない場合と比べて固有値はかなり変化します。フライホイールやモーターなどでは共振回避のため固有値と固有モードが非常に重要になりますが、各固有値は回転速度に依存します。

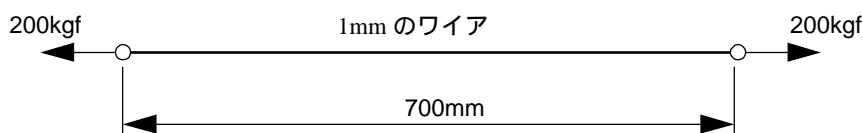
大型構造

ビルディングなどの場合、下層階の支持構造は上層階の質量によって圧縮されます。この結果、固有値が変化します。耐震設計上、固有値は重要になります。

解析事例1 - 差分剛性を考慮した固有値解析

Basic パッケージを使用した弦の固有値解析

直径1mm、長さ700mmの鋼鉄のワイアがあります。このワイアに張力をかけない場合と張力200kgfが作用した場合での固有値を比較しました。ワイアの縦弾性率は2100kgf/mm²、質量は 8.0×10^{-10} kgfs²/mm⁴とし、固有値は両端が固定されない状態(張力だけが働く)としました。



まず、張力を作用させない場合の一次固有値を求めました。

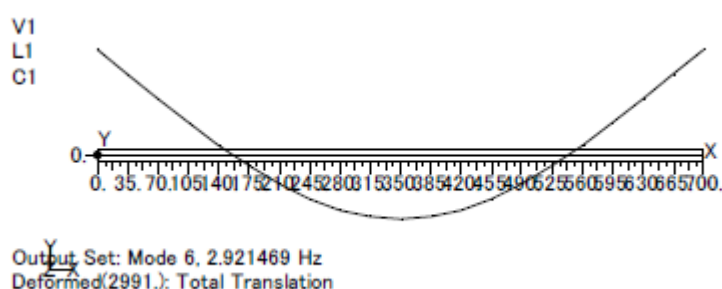


図1-1 張力なしの場合の1次モード(2.9Hz)

張力を作用させない場合の固有振動数はだいたい13Hzであることがわかりました。これは可聴音域を下回ります。

次に張力を作用させた状態で固有値解析を実行しました。NX Nastranの機能として、力学的バランスがとれていれば、非拘束でも差分剛性を考慮して解析を実行できます。

解析結果を次図に示します。

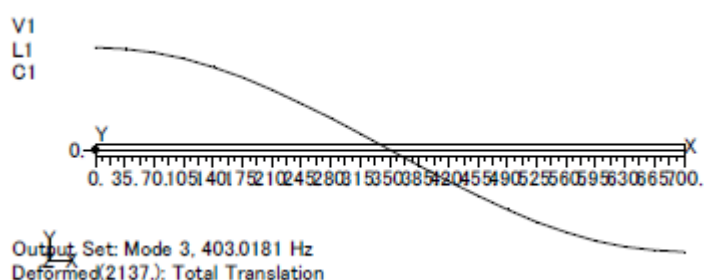
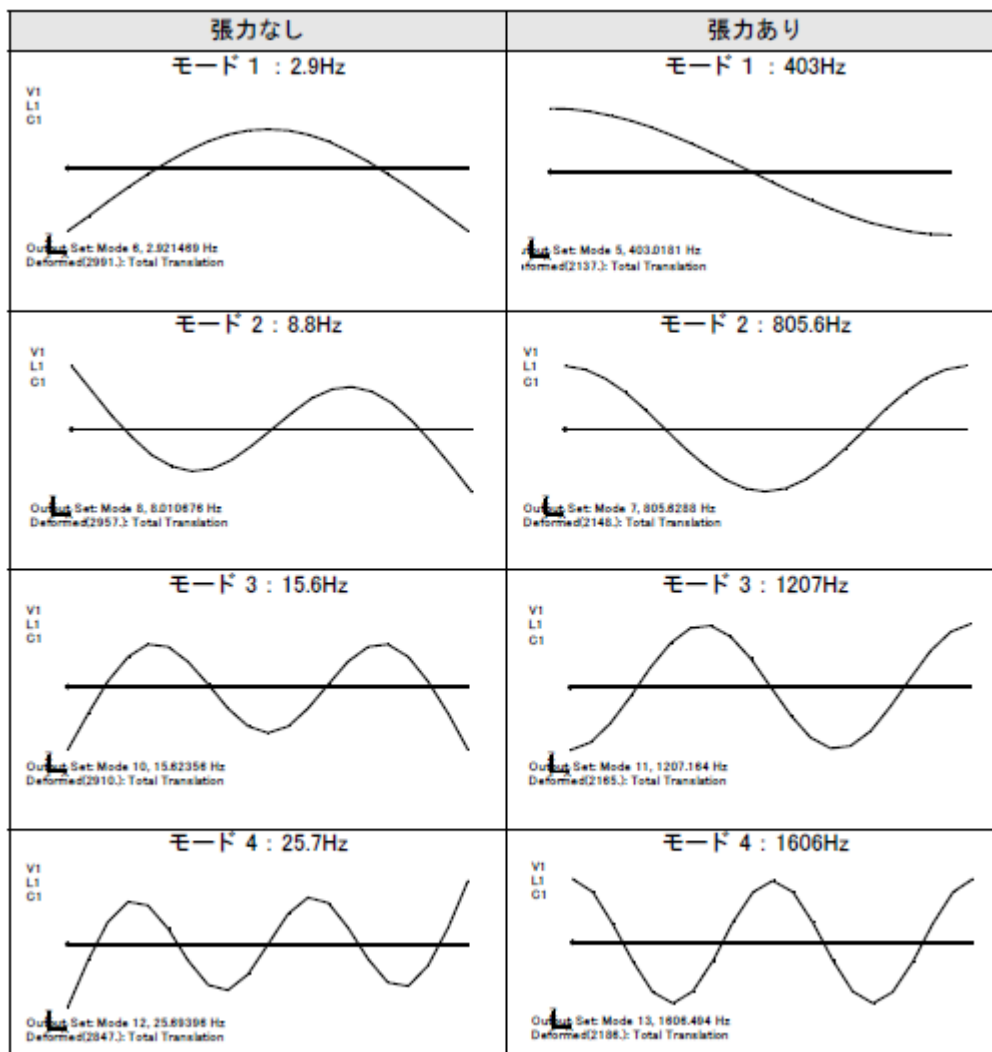


図1-2 張力ありの場合の1次モード(403Hz)

張力を作用させた場合、固有値は403Hzまで上昇し、モードも変化しました。これは大体ギターの音階のA(ラ)にあたります。

以下の表に高次モードをまとめます。



解析事例2 - 差分剛性を考慮した固有値解析

Basic パッケージを使用した圧縮板の固有値解析

圧縮が作用する場合の固有値を調べます。例では厚さ1mm、幅180mm、長さ900mmの鋼鉄の板の片側を完全固定し、他端に0.8kgfの圧縮荷重を作用させました。拘束条件を適用し、材料は先の例と同じとして、1次モードを比較しました。結果を以下に示します。

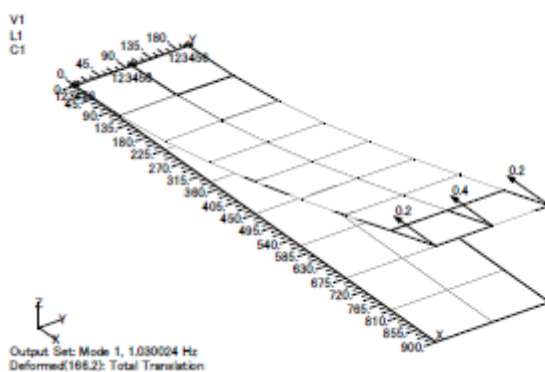


図1-3 圧縮しない場合の1次固有振動周波数(1.03Hz)

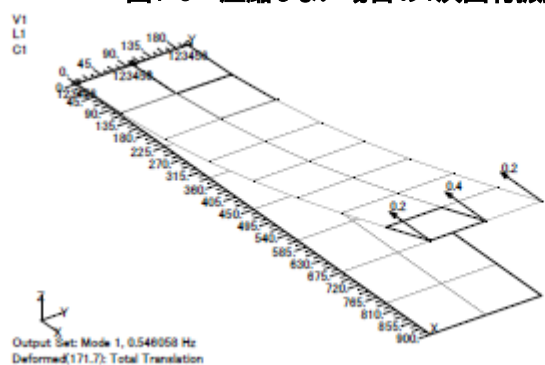


図1-4 圧縮した場合の1次固有振動周波数(0.55Hz)

このケースでは圧縮によって、モード形状は同じでも固有振動周波数が減少することがわかります。

まとめ

NX Nastran for Femapの差分剛性機能を使うと、応力の影響を考慮して固有値解析を実施することができます。この機能は「非線形固有値解析」ともいいますが、NX Nastran for Femap Basic Budle で計算可能です。

以上