

# 構造物の弾性振動の計測と制振

秋田県立大学 機械工学科 応用機械設計(動的設計) 富岡研究室

「マルチモード制振検討のための計測プラットフォーム」として製作した構造体(在来線鉄道車両の車体を約1/10スケールで模擬した角筒状構造体)の弾性振動特性の計測とモデル化, 制振に取り組んでいる. これらの多くは, 本研究室の2018年度卒業論文研究として実施した内容である.

## 角筒状構造体の固有振動モード解析<sup>(1)</sup>

様々な弾性振動が生じやすい構造として, 在来線鉄道車両の車体を約1/10スケールで模擬した薄板角筒形構造体を製作した(図1). 実際の鉄道車両と同様に4箇所を空気ばねで弾性支持している.



(a) 台枠(床部分)  
(長さ×幅=2000mm×300mm, 質量約10kg)  
(b) 角筒状構造体全体  
(高さ270mm, 質量約26kg)

図1 振動測定用角筒状構造体(ステンレス鋼製)

立体構造物としての弾性振動特性を把握するには多数の振動計測点が必要だが, 測定機材には制限がある. ここでは15個の加速度センサーで屋根, 床, 左右側面各21点(長手方向7点×3列, 全84点)の振動を測定するため, 14点ずつ計測点を移動しながら同一信号で加振を行った. そして各測定を通じて固定した共通計測点を設け, その点のデータを用いて計測ごとのタイミング調整(図2)を行ったうえで全データを合成するプログラムを作成し, 84点同時計測相当の振動解析を実現した(図3).

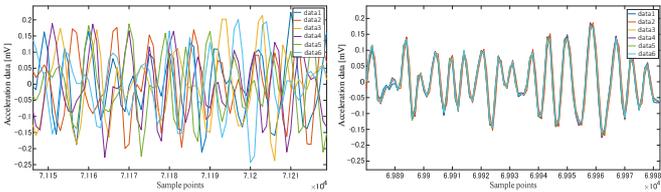


図2 共通計測点のデータのタイミング調整(左:調整前, 右:調整後)

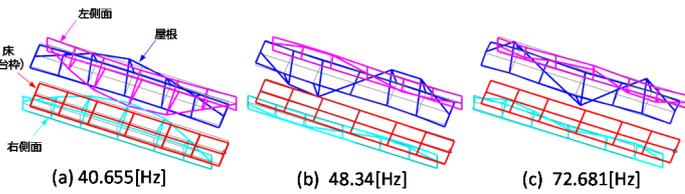


図3 同定された角筒状構造体の固有振動モードの例

## 多方向に振動する動吸振器(3DSDVA)による制振<sup>(3)</sup>

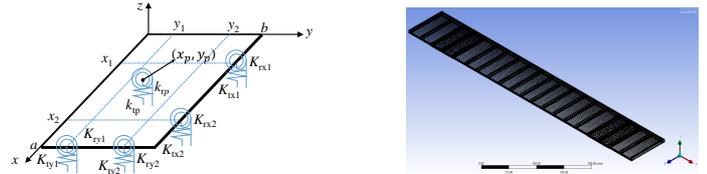
一般に柔軟構造物の弾性振動を効果的に制振するには, 複数の振動モードの同時低減が重要になり, 特定の方向だけでなく多方向の変形を伴う振動に対応する必要がある. さらに実際の構造物では制振対象振動の周波数が変動することもある.

そこで多方向に振動可能で, 制振対象周波数を調整できる小型動吸振器(3軸調整動吸振器:3DSDVA)の開発を行っている. これは補助質量を粘弾性体(ゴム)で3軸方向に支持し, ゴムを圧縮することで支持剛性を変化させ動吸振器として作用する周波数を調整可能にしたもので, 補助質量が多方向に振動するため複数の弾性振動モードの同時制振も期待できる(図8).

この3DSDVAを上述の角筒状構造体の台枠に設置して加振試験を行い, 制振効果を確認した(図9).

## 簡便で合理的な弾性振動解析モデルの構築

簡便で合理的な弾性振動解析手法の検討を行っている. その一環として, 角筒状構造体の台枠(図1(a))を, 任意境界条件をもつ異方性平板としてモデル化する解析手法<sup>(2)</sup>を提案し, 詳細な有限要素モデルも作成して固有振動モード計算結果の比較を行った(図4). 一部のモードを除き, 両者はほぼ同等の解析結果となり, 実験結果とも良好な対応が得られた(図5~7).



(a)任意境界条件を持つ異方性平板(提案モデル) (b)有限要素モデル

図4 台枠の振動解析モデル

表1 提案した解析モデルの特徴

	有限要素モデル	提案モデル
長所	個別部材の形状や配置など, 実際の構造を詳細に表現可能	計算規模が少なく, モデル作成, 数値計算実施が容易
短所	計算規模が大きく, モデル作成や数値計算実施のコスト大	詳細な構造は表現できない

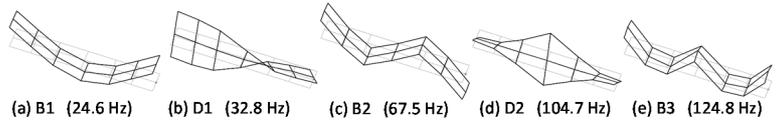


図5 実測された台枠の固有振動モード

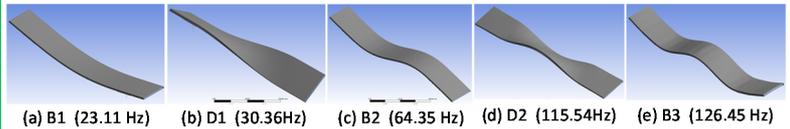


図6 有限要素法による台枠の固有振動モード計算結果

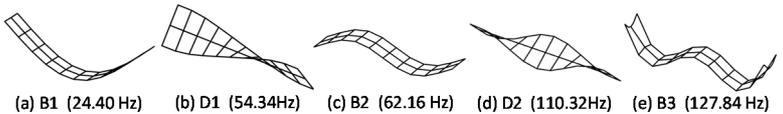


図7 提案手法による台枠の固有振動モード計算結果

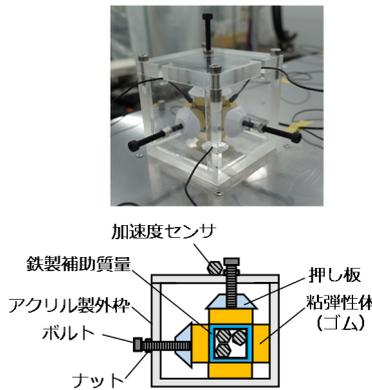


図8 小型3軸調整動吸振器(3DSDVA)

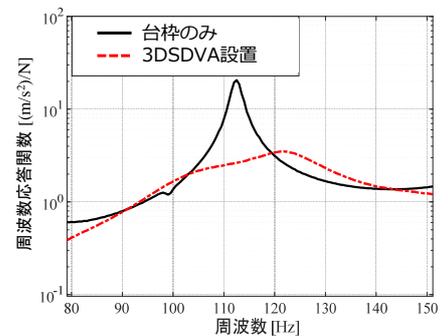


図9 3DSDVAによる台枠の弾性振動の制振効果

参考文献:(1) 佐々木 隆, 富岡 隆弘, 角筒状構造体の弾性振動に対する端部拘束と質量分布の影響に関する実験的検討, 日本機械学会機械力学計測制御講演会講演論文(2019.8), No.114.

(2) 坂下友哉, 富岡 隆弘, 異方性をもつ任意境界条件の平板構造体の簡易な弾性振動解析手法, 日本機械学会機械力学計測制御講演会講演論文(2019.8), No.111.

(3) 宮坂 岳宏, 富岡 隆弘, 3軸を粘弾性支持された質量による動吸振器の検討, 日本機械学会機械力学計測制御講演会講演論文(2019.8), No.209.

連絡先: 機械工学科 応用機械設計(動的設計)  
富岡 隆弘 tomioka@akita-pu.ac.jp, TEL: 0184-27-2131