

球状粘弾性体に球状質量を埋め込んだ制振デバイスの検討

秋田県立大学 機械知能システム学科 動的設計研究室 4年 樋口京哉 指導教員 富岡隆弘

鉄道車両や航空機といった高速かつ軽量化が求められる大型構造物では、構造物から発生する騒音と弾性振動が問題とされている。大型構造物の弾性振動では多くの固有モードを有することから、振動の低減には複数のモードを同時に制振するマルチモード制振が必要になる。

提案する制振デバイス (eBDVA)

人体による制振効果を模した制振デバイスについて研究を進めている。先行研究では人体の挙動を粘弾性体によって模擬できることが明らかとなった。そこで粘弾性体の中に質量を埋め込むことで人体による制振効果の模擬を試みた。本研究では球状の粘弾性体の中心に埋め込まれた球状質量が多方向に振動する動吸振器 (embedded Ball Dynamic Vibration Absorber, 以下eBDVA) を提案する。提案するeBDVAの略図を図1に示す。eBDVAは振動する質量に相当する質量球、質量球を支持しバネとダンパの役割を果たす粘弾性球、粘弾性球を覆う立方体の容器で構成されている。

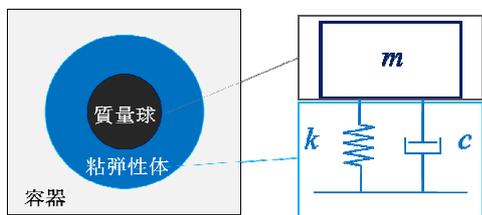


図1 eBDVAの概要

1/10スケール模型への実装実験

eBDVAを実際に作成し、台枠を制振対象として実装実験を行った。作成したeBDVAは粘弾性球の直径が50 mm、質量球が15 mmと30 mmの二種類を1つの枠に収めたものとし、半球状の粘弾性球を4個用意し質量球を埋め込ませるように上下に合わせて球形にする。

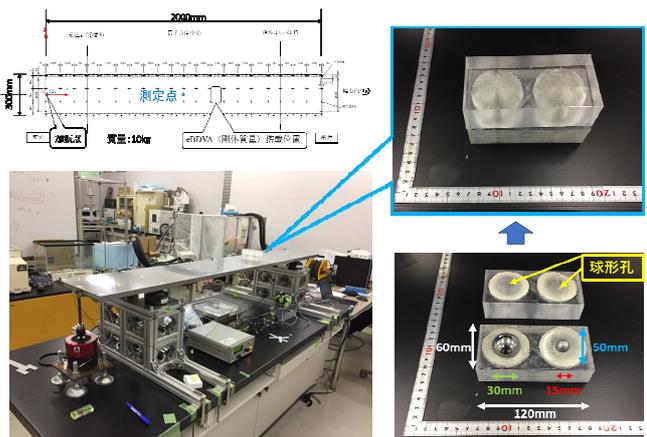


図7 eBDVAを搭載した1/10スケール模型の加振実験の様子

図より対象としたモードのピークが低下ことが読み取れる。制振対象構造物の固有振動数に対応するeBDVAを複数搭載することで、マルチモード制振効果が確認できた。

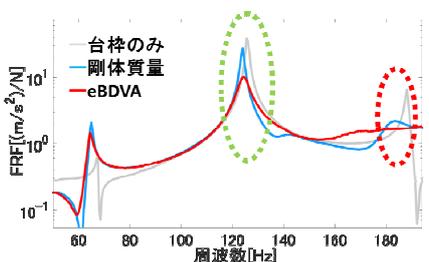


図8 eBDVAによる台枠の弾性振動制振効果

FEMモデルによるeBDVAの数値的検討

まず、構成する粘弾性球と質量球それぞれの大きさがeBDVAの振動特性に与える影響について数値解析を行った。外枠の寸法を固定し、粘弾性球直径と質量球直径の一方の寸法を一定とし他方の寸法を変化させ固有振動解析を行った。いずれも直径が大きくなると固有振動数は低くなる傾向がある。

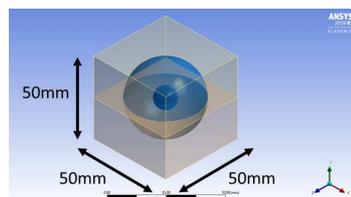


図2 eBDVAのFEMモデル

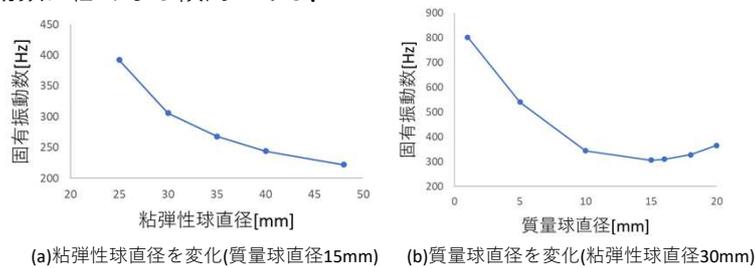


図3 eBDVAの寸法変化と固有振動数の関係

外枠の寸法を固定（縦60 mm横60 mm 高さ60 mm）し、粘弾性球の直径を50 mmとし、質量球直径の変化でeBDVAの固有振動数の変化を調べた。単一の卓越したピークを持ち、そのピーク周波数は質量球直径が大きくなるほど低周波数側へ移動することがわかる。このピークを制振対象周波数に対応させることで動吸振器として作用させられるものと期待できる。本研究では、この結果より制振対象を表1の3次、4次モードとし、それらに対応する固有振動数を持つeBDVAとして質量球直径30 mm、15 mmを採用した。

表1 台枠の固有振動数の測定結果

モード次数	1次	2次	3次	4次	5次
固有振動数[Hz]	24.5	67.7	135.6	187.1	239.3

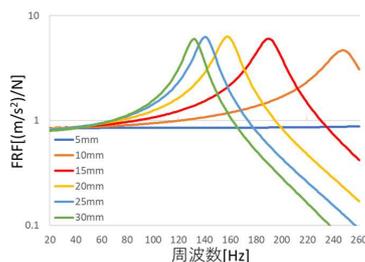


図4 eBDVA粘弾性球直径50mmでのFRF

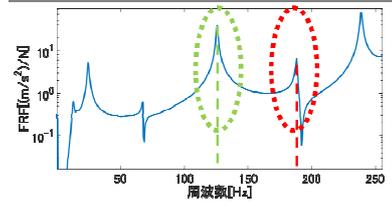
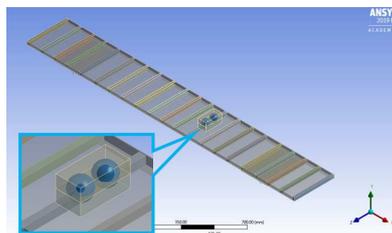
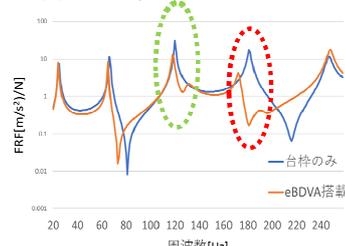


図5 制振対象構造物のFRF

本研究の制振対象である鉄道車両の1/10スケールの台枠模型を想定した数値計算を行う。制振対象物が持つ固有振動数に応じて補助質量の固有振動数を調節したeBDVAを複数搭載することでマルチモードの制振効果について確認した。



(a) 1/10スケール台枠模型のFEMモデル



(b) 台枠模型のFEMモデルのFRF

図6 1/10スケール模型にeBDVA搭載した結果