

人による減衰効果を模擬した新しい制振デバイス

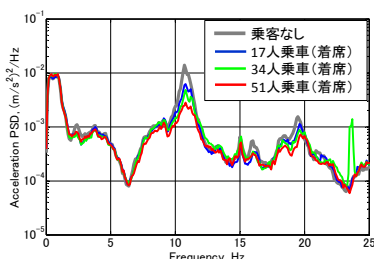
秋田県立大学 機械工学科 応用機械設計(動的設計) 富岡研究室

乗客による鉄道車両の車体弾性振動の低減効果が大きいことが最近明らかになっている。本研究室では、その効果を模擬した制振デバイスの開発に取り組んでいる。

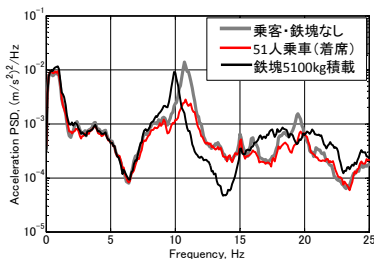
乗客による鉄道車両の車体弾性振動への影響

車両の軽量化に伴って車体に対する乗客の質量割合が増大していることから、乗客による車体弾性振動への影響を調べるため、新幹線を対象に速度や走行区間を同一とし、乗客人数を変えて走行中の振動測定を行った。

図1、2は車体中央部窓側席の床面で測定された上下加速度PSD(パワースペクトル密度)で、周波数ごとの振動加速度の強さを示している。図1より、車体弾性振動の固有モードに対応した11Hz付近のピークが乗車人数に応じて低減することが分かる。図2は人が乗った場合と鉄塊を積載した場合の比較であるが、鉄塊を積載するとピークは低周波数側に移動するが高さはあまり変わらない。これらは、乗客は車体に対する質量付与ではなく減衰能向上効果を持つことを示している⁽¹⁾。



(a) 乗客人数による車体振動の変化



(b) 乗客乗車と鉄塊積載の場合の比較

図1 走行中の新幹線で測定された上下加速度PSD⁽¹⁾

弾性トラスによる車体弾性振動の制振

図1のように実車の振動測定結果から、乗客は車体弾性振動に対する大きな減衰付与効果と複数の固有振動モードの同時制振効果を持つことが示された。この効果を適切に模擬できれば車体弾性振動に対する有効な制振デバイスになると期待される。

人体は上下加振に対し前後左右にも振動することや粘弾性体と考えられることなどから、乗客による制振効果を模擬するひとつの方法として図3に示す「水を充填したゴム製トラス体(以下、弾性トラス)」を製作し、その有効性を調べるため新幹線の加振試験を実施した。弾性トラスを車体床面に乗せた場合の試験結果(加振力に対する床中央床面の加速度の周波数応答関数FRF)を図4に示す。弾性トラスの積載により弾性振動のピーク高さが低下し、制振効果が得られることが確認できた⁽²⁾。

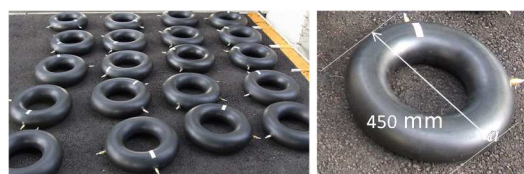
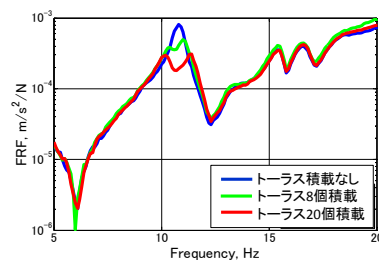


図3 水を充填したゴム製弾性トラス(1個約12kg)⁽²⁾



(a) 供試車両と車内の弾性トラス積載状況



(b) 床中央における周波数応答関数

図4 水を充填したゴム製弾性トラスを積載した実車の加振試験と振動低減効果⁽²⁾

人体の制振効果を模擬した新しい制振デバイスの開発

人体による制振効果を模擬した制振デバイスを鉄道車両だけでなく一般の機械構造物や、音の領域に拡張する研究を進めている。

図5はその一例で、球状粘弾性体で保持された金属球をアクリル円筒内に納めたものであり、質量要素としての金属球が、球状粘弾性をばね系として多方向に振動することで動吸振器として作用することを意図している。これを1/5スケールの模型車体(長さ4.9m、質量約270kg)に適用して制振効果をj確認している⁽³⁾。

これを発展させる検討を進めており、例えば図6のような、シート状(あるいは板状)の粘弾性体に埋め込まれた質量体による制振デバイスの検討も行っている。これは薄い粘弾性体中に球状(粒状)の質量体を分散させたもので、粘弾性体の特性と質量体の質量や大きさ等の組み合わせにより幅広い周波数帯域において制振効果を得ることを目指している。図5のものに比べて実構造物に適用する際の自由度が高いと考えられるほか、構造物を伝わる振動が壁面等から放射される音(固体伝播音)の低減にも効果を発揮するものと期待している。

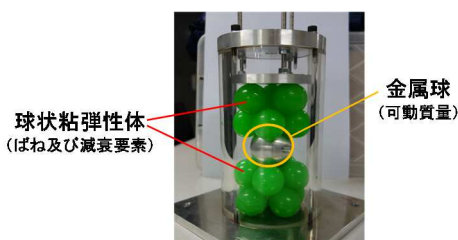


図5 球状粘弾性体で保持された金属球による制振装置⁽³⁾

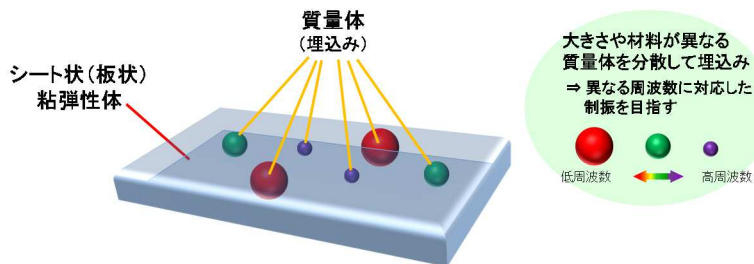


図6 シート状(板状)粘弾性体に埋め込まれた質量体による制振デバイス

参考文献: (1) 富岡ほか、乗客による鉄道車両の車体弾性振動低減効果とそれを活用した制振デバイス検討のためのモデリング、日本機械学会論文集、Vol.79.No.803(2013)

(2) 富岡ほか、弾性トラスによる鉄道車両の車体弾性振動低減効果(実車を用いた制振効果の確認と制振メカニズム)の数値的検討、日本機械学会論文集、Vol.82.No.846(2017)

(3) 横田ほか、多方向から弾性支持された質量による鉄道車両用車体の制振効果(コンセプトモデルを用いた模型車体の加振実験とFEM解析による検証)、日本機械学会論文集、Vol.84.No.866(2018)