

振動制御装置を用いた環境振動の伝播経路対策
—質量体の低減効果を受ける振動数範囲についての3次元数値解析による検討—

飛島建設 正会員 ○山下 祐 飛島建設 正会員 岩根 康之

飛島建設 正会員 小林 真人 埼玉大学 正会員 松本 泰尚

1. はじめに

環境振動に対して、空溝や防振壁を伝播経路上に設置することが一般的に有効な対策として挙げられているが、いずれも大掛かりであり、安全性や費用対効果の面から実用的であるとは言い難い。そこで筆者らは、簡便かつ効率的な対策として、伝播経路上に質量体を設置することで振動を低減させる手法について検討している。既報¹⁾では実験により、質量体の設置により特定の振動数以上で低減効果があること、また質量体の重さ、接地面積が大きいほど低減量が増加することを確認している。しかし、低減効果が発現しはじめる振動数（ここでは、「低減開始振動数」とする）がどのような条件に影響されるかは明らかにできていない。そこで、低減開始振動数に影響を与える条件を整理するため、簡易的なモデルに対して解析を行った。本報では、①質量体の伝播方向長さ、②質量体のヤング率、③表層のせん断波速度、④地盤の表層厚のパラメータを変更した際の低減開始振動数の変動について検討したのでその結果を報告する。

2. 数値解析モデルと解析の概要

数値解析には、サブストラクチャー法に基づく3次元地盤—構造物連成系解析プログラム(Super FLUSH/3D)を使用した。本プログラムでは、有限要素法による質量体モデルと薄層要素法による成層自由地盤モデルを連成させて解析を行う。表1、表2に質量体モデルと地盤モデルで設定した基本パラメータ、図1に解析モデルの平面図と俯瞰図を示す。なお、基本パラメータについて、質量体は実大実験²⁾で使用した試験体の物性値を想定し設定した。ただし、ヤング率については解析結果が実験結果に近づくようパラメータを調整し、4.45 GPaを採用した。地盤は表層が粘性土の2層地盤を想定し設定した。図1に示す加振点において正弦波加振を行い、振動数50 Hzまでの伝達関数(応答加速度/加振力)を点Aで出力した。

表 1 質量体の基本パラメータ

伝播方向長さ [m]	伝播方向直交長さ [m]	厚さ [m]	密度 [t/m ³]	ヤング率 [GPa]	ポアソン比	P波 減衰定数	S波 減衰定数
2.0	2.0	0.6	1.90	4.45	0.3	0.02	0.02

表 2 地盤の基本パラメータ

層番号	下面深度 [m]	層厚 [m]	薄層要素厚[m] ×要素数	密度 [t/m ³]	せん断波速度 [m/s ²]	ポアソン比	減衰定数
1	-20	20	0.2 × 10	1.90	100	0.49	0.02
2	-150	130	2.0 × 65	1.80	500	0.35	0.02

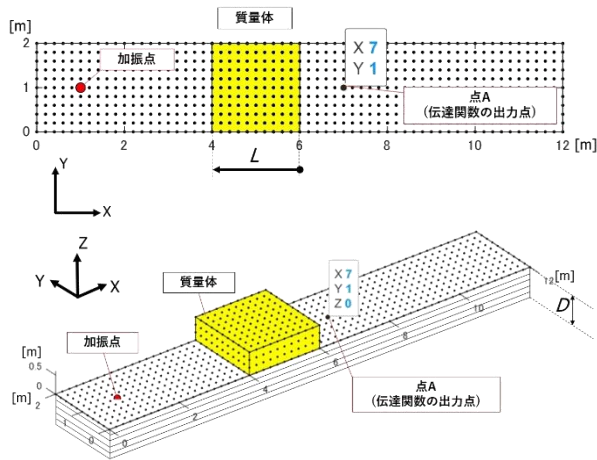


図 1 解析モデル（上：平面図，下：俯瞰図）

表 3 変更したパラメータ

①質量体伝播方向長さL[m]	1	2	3	4		
②質量体ヤング率[GPa] (該当する材料)	5 (樹脂)	20 (RC)	100 (真鍮)	200 (鋼鉄)	1000 (ダイヤ)	
③表層せん断波速度[m/s]	60	70	80	90	100	110
④表層厚D[m]	5	10	15	20	25	

また、時間刻みは10/1024 sピッチとした。質量体を設置していない状態の伝達関数を $H_{w/o}(f)$ 、設置した状態の伝達関数を $H_w(f)$ としたとき、式(1)で計算される低減量 $RL(f)$ を低減効果の評価指標として用いた。

$$RL(f)[dB] = 20 \log_{10}(|H_{w/o}(f)|/|H_w(f)|) \tag{1}$$

また、表3に示した質量体及び地盤のパラメータそれぞれについて解析を行い、低減量を算出した。各パラメータの設定について、①と④は実際の建設現場への適用を想定し、②は表3に記載の材料を参考にした。③は環境振動が問題になりやすいN値が3以下の軟弱な粘性土地盤を想定し、対象範囲を設定した。

キーワード 環境振動，伝播経路対策，質量体，数値解析

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛島建設(株) 技術研究所 TEL 04-7198-7553

3. 解析結果

①～④についてそれぞれのパラメータを変更した際の低減量を算出し、低減開始振動数の変動の評価を試みたが、振動数の変化に対する低減量の変化が滑らかにならず、低減開始振動数が明確でない場合も多かった。そこで、低減量を3次関数で近似し、低減量0となる点を低減開始振動数と見なすこととした。

① 質量体の伝播方向長さ

図2より1～4 mの範囲では、全ての値で低減開始振動数が約21 Hzとなり、ほとんど変化がないことが確認された。

② 質量体のヤング率

図3より5～1000 GPaの範囲では、低減開始振動数は17～20 Hzの範囲となり、変化が小さいことが確認された。

③ 表層のせん断波速度

図4より表層のせん断波速度が速いほど、低減開始振動数が高くなる傾向が確認され、60～110 m/sの範囲で約12～23 Hzの低減開始振動数の変動が確認された。

④ 表層厚

図5より10～25 mの範囲では、低減開始振動数は17～21 Hzとなり、変化が小さいことが確認された。表層厚5 mについては基層までの距離が短く、実体波の反射の影響を受けることで振動が増幅してしまい、低減開始振動数がより高振動数側にシフトしてしまった可能性が考えられる。

4. まとめ

数値解析により、質量体の低減効果が得られる振動数範囲に影響を与えるパラメータを検討した。せん断波速度は軟弱地盤を想定した60～110 m/sの範囲でも、低減開始振動数に明確な影響を与えることを確認した。また、表層厚が5 mと薄い場合、実体波の反射が低減開始振動数に影響を与える可能性が示唆された。一方、質量体の伝播方向長さやヤング率は、今回設定した範囲では低減開始振動数がほとんど変動しなかった。以上のことから、質量体の低減効果が得られる振動数範囲には地盤の物性の影響が大きいことを確認した。表層のせん断波速度が低減開始振動数に与える影響のメカニズムについてはさらなる検討が必要である。

参考文献

- 1) 岩根康之ほか：質量体を用いた環境振動の伝播経路対策 —実大実験による振動低減効果の検討—，土

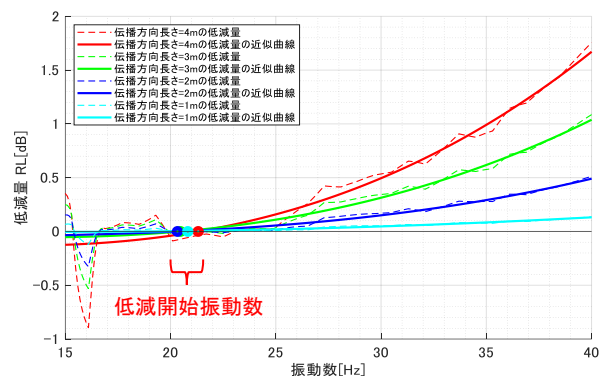


図2 ①質量体伝播方向長さと低減量の関係

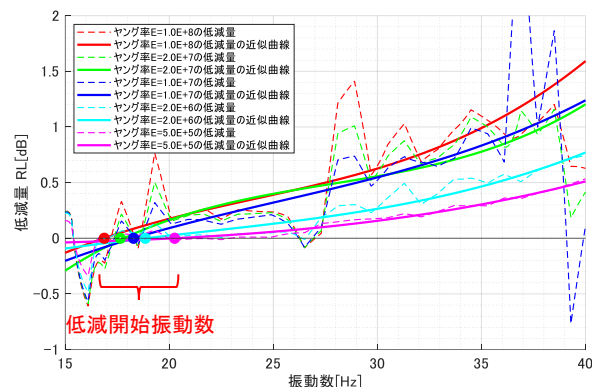


図3 ②質量体ヤング率と低減量の関係

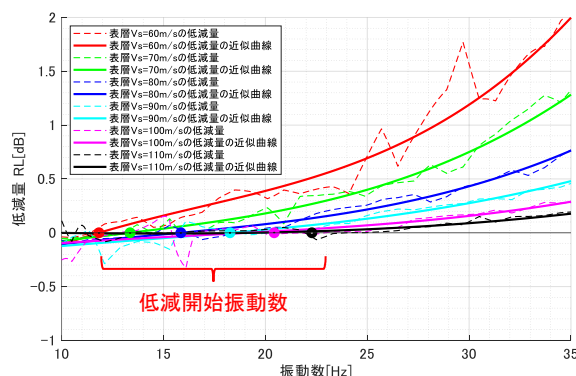


図4 ③表層せん断波速度と低減量の関係

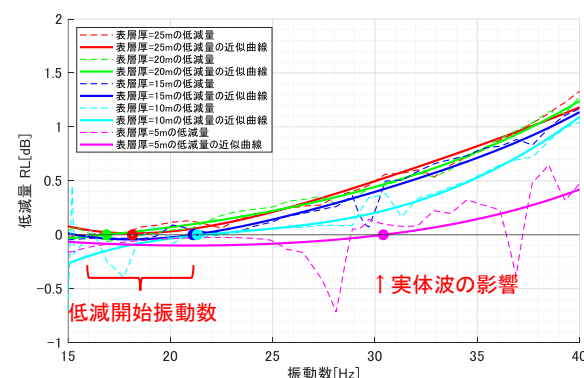


図5 ④表層厚と低減量の関係

木学会第75回年次学術講演会論文集，(2020.9)

- 2) 岩根康之ほか：振動制御装置を用いた環境振動の伝播経路対策 —実大実験による質量体の振動低減効果の検討—，土木学会第78回年次学術講演会論文集，(2023.9)