

質量体を用いた環境振動の伝播経路対策 —数値解析による振動低減メカニズムの検討—

埼玉大学 学生会員 ○千葉 泰河

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

平成 21～30 年度振動規制法施行状況調査によると、環境振動に係る苦情件数で最も多いのは建設作業振動であり、例年、全体の 6～7 割を占めている。このような環境振動の伝播経路対策には空溝や防振壁などがあるが、いずれも対策が大規模であり、安全性やコストパフォーマンスに優れた実用的手法が確立されていない現状がある。そこで筆者らは、簡便な伝播経路対策として、地盤上におもり(以下質量体)を設置する手法について、その効果を模型実験により検討した¹⁾。本稿では、質量体接地面の剛性(以下底面剛性)と振動伝播方向長さが振動低減効果に与える影響について、数値解析により検討した結果を報告する。

2. 数値解析手法と設定条件

先行して行われた模型実験¹⁾より、質量体の底面剛性や振動伝播方向長さ(以下奥行)が、振動低減効果に影響することが示唆された。そのため、これらを本研究の検討項目とした。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(SuperFLUSH/3DS)を用いた。本プログラムでは、有限要素法でモデル化した地表面上に設置してある質量体と、薄層要素法でモデル化した成層自由地盤の地表面とを両者の接触面における力のやりとりをインピーダンスにより考慮して結合し、振動数領域における複素応答法により解析する。解析対象地盤は、実物大実験を実施した飛島建設技術研究所内実験ヤードとし、ヤード上での地盤調査結果をもとに表 1 のようにモデル化した。実験での質量体は、工事用敷鉄板上に大型土のう(底面寸法 1×1 m)を複数設置したものとし、その基本形を、設置面積 4×4 m、施工の安全性が確保できる大型土のうの 3 段積み(下から 16, 12, 8 袋)とした。これに対し、本解析では図 1 のように、大型土のう部を一体の土塊として SOLID 要素で、敷鉄板部を一枚の鉄板として厚さ 22 mm の SHELL 要素でモデル化した。また、底面剛性の影響について検討するために、敷鉄板のない状態でも解析を行った。奥行については、質量体の設置面積を 4×6

表 1 地盤モデル物性値

層番号	下面深度 [m]	土層厚 [m]	薄層要素厚[m] × 要素数	密度 [t/m ³]	せん断波速度 [m/s]	ポアソン 比	減衰 定数
1	-2.00	2.00	0.25 × 8	1.90	110.00	0.45	0.01
2	-7.00	5.00	0.25 × 20	1.70	150.00	0.45	0.01
3	-11.00	4.00	0.25 × 16	1.85	180.00	0.49	0.01
4	-12.00	1.00	0.25 × 4	1.80	290.00	0.49	0.01
5	-16.00	4.00	0.25 × 16	1.90	250.00	0.49	0.01
6	-22.00	6.00	0.25 × 24	1.80	340.00	0.49	0.01
7	-500.00	478.00	2.00 × 239	1.80	400.00	0.49	0.01

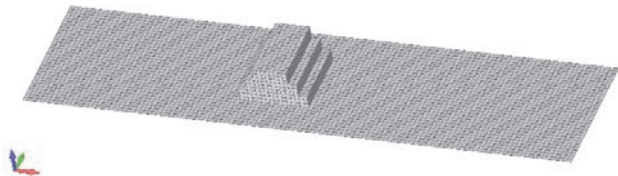


図 1 基本型質量体設置状態 数値解析モデル

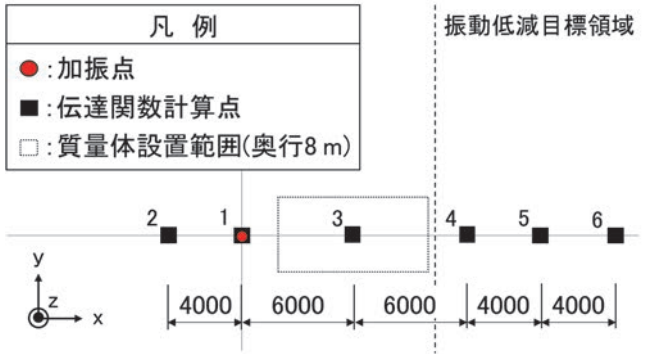


図 2 加振点・質量体・伝達関数計算点の位置関係

m(24, 20, 16 袋), 4×8 m(32, 28, 24 袋)と増加させたモデルでそれぞれ解析を行った。図 2 に示す加振点での点加振に対する図中の 6 点での応答を、振動数 25 Hz までの範囲で算出した。振動低減効果の評価は、質量体をはさんで加振源とは反対側に位置する地点 4～6 で行うこととした。計算された加振力—応答加速度の伝達関数 $H(f)$ (f は振動数)を用い、式(1)より計算される低減量 $RL(f)$ を振動低減効果評価指標として用いた。

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

(1)

ここで、 $H_{w/o}(f)$ は質量体未設置状態での伝達関数、 $H_w(f)$ は質量体設置状態での伝達関数をそれぞれ表す。

キーワード 建設作業振動, 伝播経路対策, 大型土のう, 敷鉄板, 数値解析

連絡先 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学大学院理工学研究科 TEL048-858-3557

3. 結果と考察

図3に、数値解析より算出した地点4の伝達関数低減量を、敷鉄板の有無について比較して示す。図より、敷鉄板のある質量体を設置したパターンで、より大きい振動低減効果が得られていることがわかる。特に加振振動数 16 Hz 付近のとき、低減量の差は顕著であり、その傾向は地点 5、6 でも同様であった。図4に、 32×8 m(図2のx方向×y方向)の領域を対象に算出した 16 Hz 加振時の時刻歴応答加速度より作成したアニメーションの中で、質量体両端の鉛直変位差が最大であった瞬間を、敷鉄板なし・ありについてそれぞれ示す。ここで、図中の質量体左上側で、特異な特徴を示しているのは加振点である。図4より、敷鉄板のある質量体と比べて、敷鉄板のない質量体により大きい変形を示していることがわかる。これは、敷鉄板の剛性によって、大型土のうの変形が抑えられたためと考えることができる。以上より、質量体の底面剛性を高めることで、より大きい振動低減効果が得られることが示唆された。

図5に、奥行の異なる質量体について、地点4の低減量を比較して示す。図より、質量体の奥行が長くなるに従って、振動低減効果の現れ始める振動数が低くなっていることがわかる。このとき、入力損失²⁾のような効果が質量体の底面剛性によって起こり、振動伝播性状に影響したために、奥行ごとに異なるピークが現れたと考えられた。そこで、図6に、表層のせん断波速度 110 m/s を振動数で除した波長で無次元化した奥行に対し、各質量体の低減量を示す。図より、低減量のピークを与える奥行/波長は、奥行に依存することがわかる。これは、奥行/波長が 1.0 に近づくにつれ大きくなる入力損失とは異なる傾向であった。また、低減量のピークを与える奥行/波長より奥行が長くなると低減量が低下することも、入力損失とは異なる傾向であった。

4. おわりに

数値解析において、底面剛性を高めた質量体でより大きい振動低減効果を確認した。また、質量体の奥行を長くすることで、より低い振動数で振動低減効果が得られることが示唆された。低減効果が得られる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:おもりを用いた環境振動の伝播経路対策に関する模型実験 ―おもりの幅および設置位置と低減効果の関係―, 令和元年度土木学会全国大会梗概集, 2019
- 2)山原浩:地震時の地動と地震波の入力損失(第1報), 日本建築学会論文報告集, 第165号, pp. 61-66, 1969

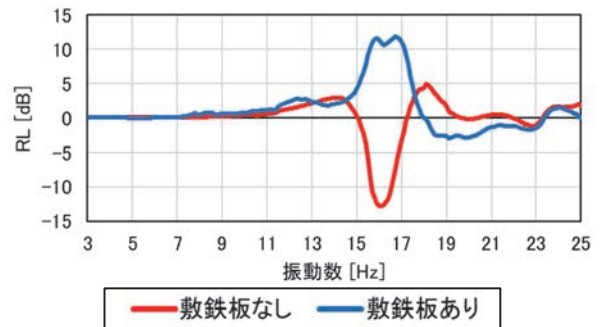


図3 地点4 伝達関数低減量 敷鉄板の影響比較

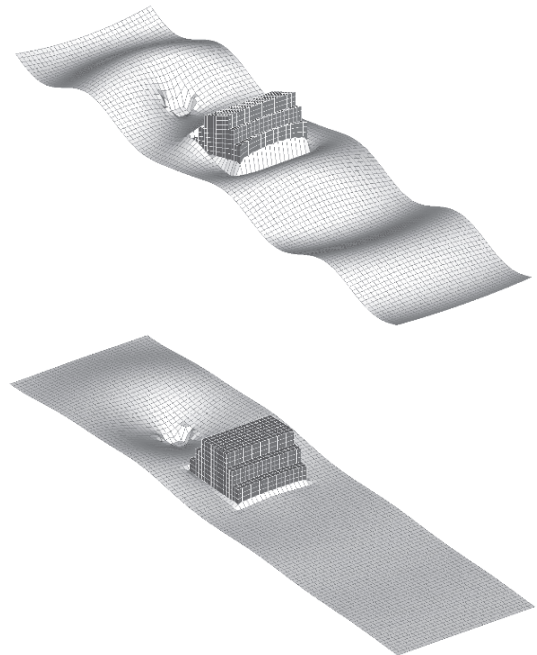


図4 上: 敷鉄板なし 下: 敷鉄板あり
16Hz 正弦波加振時 質量体両端変位差最大

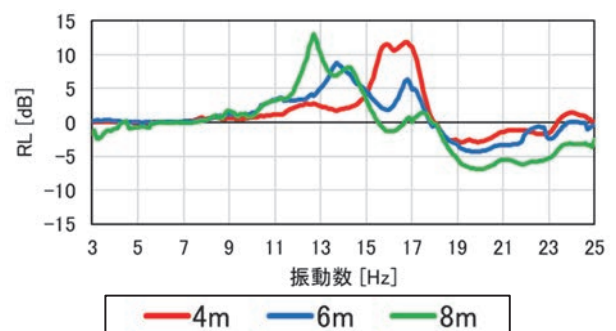


図5 地点4 伝達関数低減量 奥行の影響比較

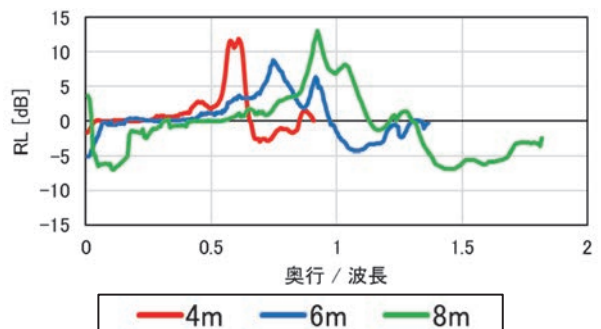


図6 地点4 伝達関数低減量 (無次元化奥行)
奥行の影響比較