

質量体と振動系の振動低減効果に関する研究 —模型実験による検討—

飛島建設 技術研究所 正会員 ○小林 真人  
 飛島建設 技術研究所 正会員 岩根 康之  
 埼玉大学 工学部 学生会員 千葉 泰河  
 埼玉大学 工学部 正会員 松本 泰尚

1. はじめに

本研究では地盤振動の伝搬経路対策として、地盤表面に質量体を設置する方法（以下、質量体）や、質量体を対象とした振動数で共振させる方法（以下、振動系）について、振動低減効果の発現状態を把握するために数値解析や模型実験を行っている。文献<sup>1)</sup>では数値解析によって質量体と振動系による地盤振動の低減効果を示した。本報では、質量体や振動系の模型地盤における振動低減効果を定量的に評価したので、その結果を報告する。

2. 実験方法

2-1. 相似則

解析において成層地盤を仮定していたため、均質な材質による模型地盤<sup>2)</sup>を作成した。

表 1 に本実験における相似比を示す。長さの相似比は 1/40 とした。重力場の実験であるため加速度の相似比は 1 である。模型地盤の材料にシリコン（比重 0.98）を使用し、実地盤に粘性土（比重 1.5 程度）を想定したため密度の相似比は 2/3 となった。表 2 に模型実験の加振振動数と実換算振動数を示す。ここで、加振振動数は実換算振動数が 4~20Hz の 1/3 オクターブバンド中心周波数に相当するよう設定した。

2-2. 実験条件

図 1 に模型実験の平面図を示す。模型地盤の形状は 1,200mm×1,000mm の長方形とし、厚さは 570mm とした。外枠からの反射の影響を軽減するため周囲に厚さ 100mm のウレタンフォームを設置した。加振点は模型地盤の中央として、質量体または振動系の中心が加振点から 150mm（実換算 6.0m）に来るよう配置した。加速度ピックアップ（RION PV-97、質量  $m=4.7g$ 、※以降 PU）は模型地盤表面の 7 か所に設置した。鉄球（直径 9mm）落下時の PU2 と PU3 における加速度の走時差から表面波伝搬速度を求めた（ただし、質量体と振動系は未設置）。また、文献<sup>1)</sup>の評価点に相当する PU4 と PU6 に着目し、質量体と振動系の低減効果を検討した。

図 2 に実験状況を示す。加振器には 68g のおもりを付加したピエゾアクチュエータ（松定プレジジョン PZ12-72）を使用して鉛直方向に正弦波加振を行った。

キーワード 伝搬経路対策, 質量体, 振動系, 建設作業振動, 模型実験

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 TEL04-7198-7553

表 1 相似比

諸元	次元	相似比
長さ	L	1/40
加速度	$LT^{-2}$	1
密度	$ML^{-3}$	2/3
時間	T	0.158
振動数	$T^{-1}$	6.325
速度	$LT^{-1}$	0.158
弾性定数	$ML^{-1}T^{-2}$	0.017

表 2 模型実験の加振振動数と実換算振動数

模型 実大	振動数 (Hz)							
	25	31.5	40	50	63	80	100	125
	4.0	5.0	6.3	7.9	10.0	12.6	15.8	19.8

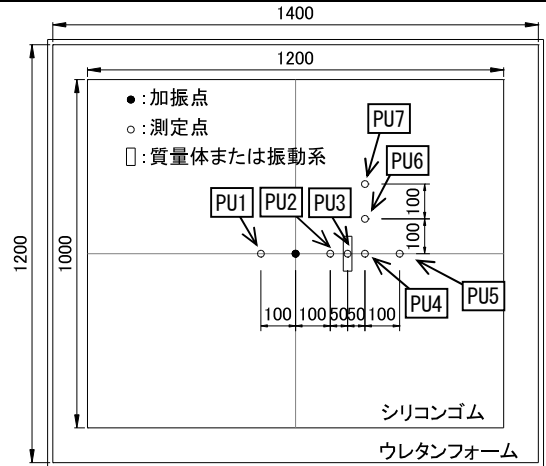


図 1 模型実験の平面図

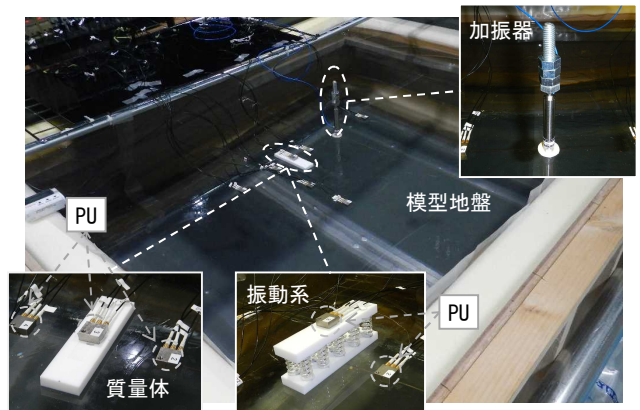


図 2 実験状況

質量体および振動系のおもりと基礎には、相似の弾性定数が鉄筋コンクリートに近いテフロン板を使用した。板の平面寸法は 25mm×100mm とした。質量体は厚さを変えて質量が 22g, 38g, 82g の 3 種類となるよう設

定した。振動系のおもりと基礎の厚さは 7mm (38g) とした。振動系はプラスチック製のバネで基礎とおもりを接続し、固有振動数が表 2 の加振振動数と一致するようバネの種類と数を調整した。振動系を自由振動させて固有振動数を測定し、目標とする加振振動数との間にずれがある場合は固有振動数の測定結果を加振振動数とした。

3. 実験結果

3-1. 地盤振動の伝搬速度

図 3 に鉄球落下時の加速度波形の一例を示す。10 回の測定結果の平均から、模型地盤の表面波の伝搬速度は 11.2m/s であった。せん断波速度を表面波速度の 1/0.9 倍として、実際のせん断波を相似比から換算すると 71.0m/s となる。

3-2. 質量体と振動系の低減効果

図 4 と図 5 に質量体と振動系の振動数ごとの低減効果を示す。質量体と振動系の低減量を比較すると、振動系は質量体よりも低い振動数から低減効果を得やすく、評価点を固定した場合には制御対象振動数(波長)によって効果が異なることがわかる。また、加振点に対して装置の裏側となる PU4 の効果が大きくなっており、ピンポイントの対策に効果的であることがわかる。これらの傾向は文献 1) の数値解析結果に一致するが、低減量のピーク・ディップ周波数にはずれが生じた。

質量体が高い振動数で効果を得ているのは、地表面の振動を基礎版が拘束することによって生じる入力損失効果 3) による影響が考えられる。

図 6 と図 7 に質量体の質量と低減効果の関係を示す。質量が大きいほど低減量大きい傾向があり、数値解析の結果と一致することを確認した。

4. まとめ

模型実験により、質量体と振動系の低減効果を評価した。解析結果に対して、せん断波速度や減衰等のずれが原因として考えられる低減効果のピーク・ディップ振動数の相違があったが、装置の効果は確認できた。質量体については、入力波長に対する装置の大きさや、質量の大小が効果に寄与すること、振動系については、制御対象振動数の波長が効果に影響を与えていることが示唆された。今後これらについて詳細な検討を行う。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K06281 の助成を受けたものである。

参考文献

1) 岩根康之, ほか; 質量体と振動系の振動低減効果に関する検討 - 数値解析による検討-, 土木学会第 73 回年次学術講演会論文集, 2018.9.

2) 武居泰, ほか; シリコン地盤模型を用いた地盤一杭基礎系の交通振動伝搬に関する研究, 日本建築学会環境系論文集 Vol. 73 No. 634, pp.1347-1354, 2008.12.

3) 山原浩; 地震時の土動と地震波の入力損失, 日本建築学会論文報告集第 165 号, pp.61-66, 1969.1.

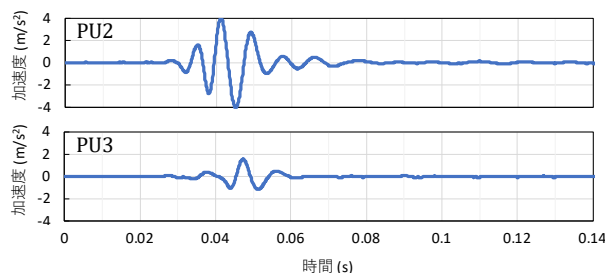


図 3 鉄球落下時の加速度波形の例 (PU2, PU3, PU4)

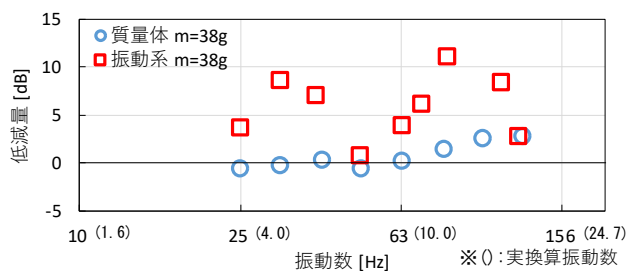


図 4 質量体と振動系の振動数ごとの低減効果 (PU4)

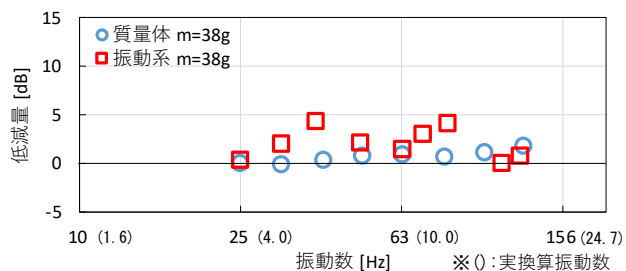


図 5 質量体と振動系の振動数ごとの低減効果 (PU6)

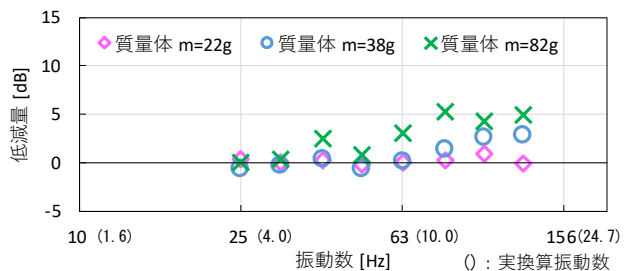


図 6 質量体の質量と低減効果の関係 (PU4)

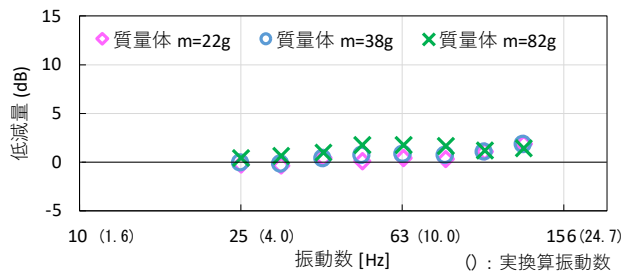


図 7 質量体の質量と低減効果の関係 (PU6)