

振動系を用いた環境振動の伝播経路対策 — 模型実験による振動系の小型化に関する検討 —

飛鳥建設 正会員 ○岩根 康之 飛鳥建設 正会員 小林 真人 飛鳥建設 非会員 Dinh Diep Duy
 埼玉大学 学生会員 大出 陽介 埼玉大学大学院 正会員 松本 泰尚

1. はじめに

環境振動の対策技術として、振動系を用いた伝播経路対策を検討している。振動系は基礎、ばねおよびおもりから構成される。入力波によって振動系が共振して二次的な波（二次波）が発生し、二次波と入力波の干渉により固有振動数付近の振動を低減する。ここで、二次波が振動を低減するのに有効なエネルギーを確保するためには、おもりが一定以上の質量を有する必要がある。一方で、振動系の低減効果は加振点との距離によって変動する¹⁾ため、建設工事などで振動の発生源が変化する場合、状況に応じて振動系を移動、設置できるようにハンドリングを向上することが求められる。このため振動系の実用化に際しては、必要な低減効果を得られるだけの質量を確保しつつ、現場で移動可能な程度に小型化、軽量化することが望ましい。そこで、振動系の形状寸法が振動低減効果に与える影響について、縮尺 1/40 の模型実験により検討した。本報ではその結果を報告する。

2. 実験概要

模型地盤の材料にはシリコンゴムを使用し、振動伝播速度は 7.7 m/s であった。この伝播速度を実大換算すると 49 m/s であり、 N 値が 1 以下の沖積粘性土の S 波速度と同程度である。表 1 に実験における相似比を示す。模型地盤の寸法と相似則の詳細については、参考文献 2) を参照されたい。

振動系の基礎とおもりにはテフロン (PTFE) 板、ばねにはポリカーボネート製のばね (プラばね) を使用し、ポリエチレン用の接着剤で接着した。表 2 に振動系のおもりの諸元を示す。ここで、模型の質量はおもりの上面に設置した加速度ピックアップの質量を含んだ値である。実大換算すると、おもりの平面寸法は 1 m×1 m から 1 m×4 m、質量は 1,440~8,640 kg で、コンクリートで製作可能な範囲を想定して設定した。固有振動数と減衰比は、支持条件が剛な架台上と、実験で使用した

模型地盤上に振動系を設置し、先端に鉄球を付けた棒で打撃した際の自由振動波形から実測した (図 1)。両者を比較すると、模型地盤上のほうが固有振動数は低く、減衰比は質量が大きいほど増加する傾向があり、模型地盤の減衰の影響と考えられる。基礎の厚さはいずれも $t=8$ mm とし、平面寸法はおもりと同じとした。No. 1~4 でおもりの厚さと低減効果の関係、No. 3, 5, 6 でおもりの長さとの低減効果の関係を検討した。

図 2 に実験配置を示す。加振点から 100 mm (実大換算 4 m) に中心が来るよう振動系を配置した。PU3 は振

表 1 実験における相似比

諸元	長さ	加速度	密度	時間	周波数	速度	弾性定数
次元	L	LT ⁻²	ML ⁻³	T	T ⁻¹	LT ⁻¹	ML ⁻¹ T ⁻²
相似比	0.025	1.000	0.667	0.158	6.325	0.158	0.017

表 2 振動系のおもりの諸元

No.	模型								実大換算		
	寸法 (mm)			質量 (g)	架台上		模型地盤上		寸法 (m)		質量 (kg)
	t	l	w		固有振動数 (Hz)	減衰比	固有振動数 (Hz)	減衰比	l	w	
1	2	100	25	15	35.8	0.006	35.0	0.044	4	1	1440
2	4	100	25	26	38.6	0.003	37.8	0.066	4	1	2496
3	8	100	25	48	38.5	0.002	36.3	0.102	4	1	4608
4	16	100	25	90	41.3	0.002	38.5	0.195	4	1	8640
5	8	50	25	26	40.4	0.004	38.3	0.095	1	1	2496
6	8	25	25	15	40.1	0.004	37.8	0.105	2	1	1440

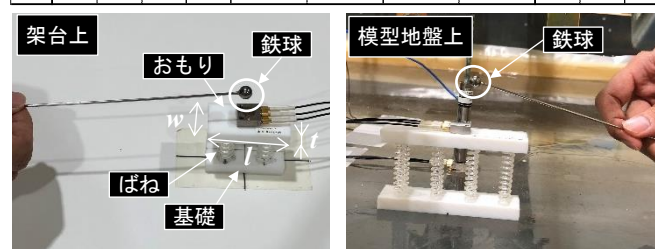


図 1 固有振動数と減衰比の測定状況

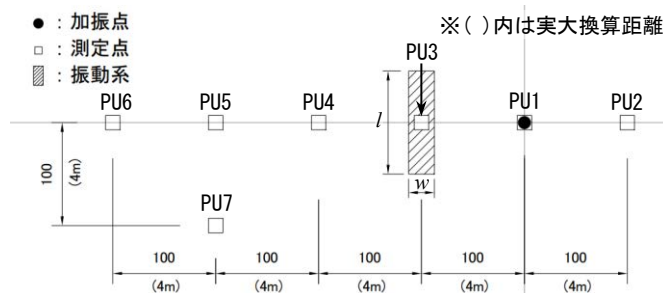


図 2 実験配置

キーワード 環境振動, 伝播経路対策, 振動系, 模型実験

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛鳥建設 技術研究所 TEL04-7128-7553

動系のおもりの上面の測定点であるが、振動系を設置しない場合は模型地盤上に設置した。

低減効果の評価は、加振点の直下 (PU1) とその他の測定点 (PU2~PU7) の加速度の比を伝達関数 H としして算出し、振動系の有無による伝達関数の比を RL (dB) としして式(1)より求めることを行った。

$$RL = 20 \log_{10} (H_{w/} / H_{w/o})^{-1} \quad (1)$$

$H_{w/o}$: 振動系がない場合の伝達関数

$H_{w/}$: 振動系がある場合の伝達関数

本稿では、振動系の上面の PU3 と、振動系に最も近い PU4 の RL について結果を報告する。

3. 実験結果

3-1. おもりの厚さの影響

図 3 におもりの厚さと低減量の関係を示す。PU3 では固有振動数の 40 Hz 付近で RL がディップとなっており、おもりが共振したことが確認できる。共振時の振幅は減衰に依存し、表 2 に示した模型地盤上の減衰比が小さいほどディップが深い傾向が確認できる。PU4 では、固有振動数より若干高い振動数で RL がピークとなっており、振動系による低減効果が確認できる。ここでの RL の最大値は No. 1 で約 12 dB, No. 2 で約 18 dB, No. 3 で約 19 dB であり、質量の増加により低減効果が向上する傾向が確認できる。しかし、No. 4 の RL は約 4 dB と最も小さく、No. 4 は減衰比が他の振動系に比べて顕著に大きいため、地盤に伝わるおもりの振動エネルギーが小さかったと考えられる。

3-2. おもりの長さの影響

図 4 におもりの長さとの関係を示す。PU3 では固有振動数付近で RL がディップとなっており、その最小値は約 14~15 dB で長さに関わらず同程度であった。PU4 の固有振動数付近の RL の最大値は、No. 3 で約 19 dB, No. 5 で約 12 dB, No. 6 で約 7 dB であった。おもりの長さが短いほど RL は小さく、振動系の質量の影響と側方からの回り込みの影響が考えられる。振動系のハンドリングを向上するために振動系一体当たりの長さを小さくする場合、複数の振動系を並べて設置することで質量を確保し、側方からの回り込みを軽減することが有効と考えられる。

4. おわりに

形状寸法の異なる振動系の低減効果を模型実験により検討し、おもりの面密度および長さとの関係性を把握した。ただし、実験結果は今回使用した模型地

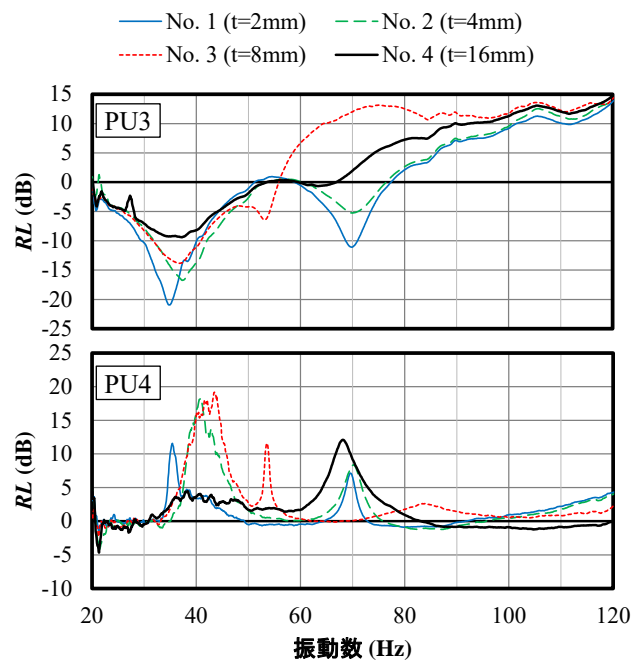


図 3 おもりの厚さと低減量の関係

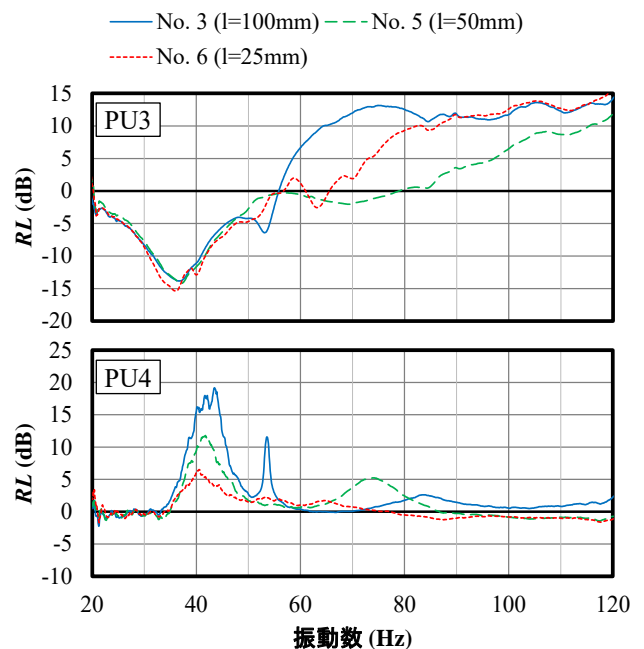


図 4 おもりの長さとの関係

盤の条件によるものであり、地盤条件によって振動系の低減効果は変動する。地盤条件と低減効果の関係については、数値解析によるパラメトリックスタディ等によりさらなる検証を進める予定である。

参考文献

- 1) 小林真人, ほか: 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 —, 土木学会第 73 回年次学術講演会論文集, pp. 39-40, (2018. 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 — 模型実験による振動制御装置の配置に関する検討 —, 土木学会第 76 回年次学術講演会論文集, VII-19, (2021. 9).