

質量体と振動系の振動低減効果に関する研究 ―数値解析による検討―

飛島建設 技術研究所 正会員 ○岩根 康之
 飛島建設 技術研究所 正会員 小林 真人
 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

建設作業振動への対策では、低振動型の機械や工法を用いる発生源対策が主に行われる。しかし、現場条件により発生源対策が行えない場合や発生源対策の効果が十分でない場合などは、伝搬経路対策を検討する。伝搬経路対策には防振溝や防振壁などがあるが、対策が大規模であり、工期や費用の問題からほとんど実用に至らないのが現状である。そこで本研究では、地盤振動の簡便な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）と、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、低減効果の発現状態を把握するため数値解析と模型実験を行う。本報では、下記の項目について数値解析により検討したので結果を報告する。

- ① 質量体の振動数ごとの低減効果
- ② 振動系の振動数ごとの低減効果
- ③ 質量体の質量と低減効果の関係

2. 質量体と振動系の概要

図1に質量体と振動系の構成を示す。質量体はおもりのみから成り、質量の付加による地盤変位の拘束や慣性力などによって振動を低減する。振動系はおもり、バネ、ダンパーおよび基礎から成る。加振点からの入射波と振動系の振動による加振で発生する波が干渉し、特に入射波の振動数が振動系の固有振動数と一致した場合に低減効果を発揮する。

3. 解析手法

解析には3次元地盤—構造物相互作用解析プログラム「Super FLUSH/3D」を使用した。質量体および振動系とその周辺地盤を有限要素法でモデル化し、地盤は成層地盤として薄層要素法でモデル化した。

解析に用いたモデル地盤は、表層と支持層の2層構造とした。地盤の半無限性を考慮するため、支持層は地表面から-200mまでモデル化し、下端は粘性境界とした。表1にモデル地盤の物性値を示す。モデル地盤の物性値は、文献¹⁾の模型地盤に使用したシリコンを想

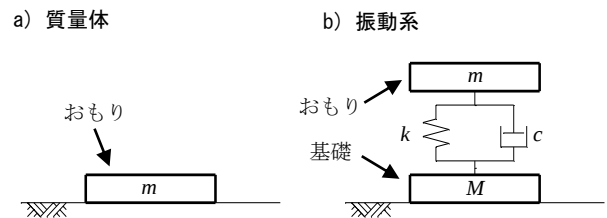


図1 質量体と振動系の構成

表1 モデル地盤の物性値

	層厚 (m)	せん断波 速度 (m/s)	単位体積 重量 (tf/m ²)	ポアソン 比	減衰定数
表層	24.0	45.963	1.47	0.49	0.05
支持層	176.0	400.000	1.90	0.40	0.01

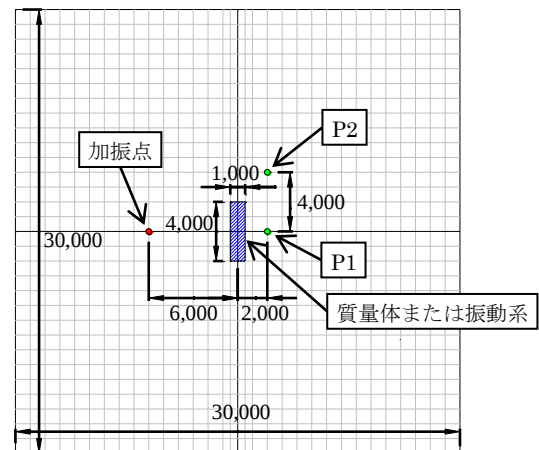


図2 解析モデルの平面図

表2 質量体および振動系のおもりと基礎の物性値

単位体積重量 (tf/m ²)	ヤング率 (tf/m ²)	ポアソン比	減衰定数
2.35	2.21E+06	0.20	0.05

定して設定した。

図2に解析モデルの平面図を示す。質量体または振動系は、その中心が加振点から6.0mとなるよう配置した。表2に質量体および振動系のおもりと基礎の物性値を示す。物性値は鉄筋コンクリートを想定して設定し、平面寸法はいずれも1,000mm×4,000mmとした。質量体は厚さを3通りに設定し、 $m = 1.88t$, $3.76t$, $7.52t$ として質量が低減効果に与える影響を検討した。振動系の質量はおもりと基礎でそれぞれ $3.76t$ とし、固有振動数が加振振動数と一致するようバネ定数を調整した。

キーワード 伝搬経路対策、質量体、振動系、建設作業振動、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 TEL04-7198-7553

加振力の振幅は 1.0tf の単位振幅とした。加振振動数の幅は 4~20Hz とし、この中の 1/3 オクターブバンド中心周波数で加振した。加振方向は鉛直とした。

4. 解析結果

図 3 に振動加速度分布の例を示す。本検討では、振動加速度の変化が明瞭な質量体および振動系の近傍の 2 点 (P1: 加振点から 8.0m, P2: P1 の側方 4.0m) に着目して結果を整理する。

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。以降、質量体または振動系の有無による振動加速度レベルの差を低減量として示す。図 4 より、質量体の低減量は 4~10Hz にかけて減少し、12.5Hz 以上では振動数が高いほど増加する傾向が確認できる。ただし、6.3~16Hz では低減量が負の値となっており、質量体が振動して新たな加振力となっていることが考えられる。一方、振動系は 5Hz 以上で明確な低減効果を確認できる。低減量は 8Hz が最大であり、12.5Hz 以上では振動数の増加に伴い小さくなった。質量体と振動系を比較すると、振動系のほうが低い振動数から低減効果が現れ、低減量も大きいことがわかる。また振動数が高くなるにつれて、振動系と質量体の低減量が近づく傾向が確認できる。図 5 より、P2 についても質量体と振動系を比較すると同様の傾向が確認できる。一方で、低減量のピーク、ディップとなる振動数は P1 と P2 で異なった。これは、加振点からの入力波と質量体または振動系によって発生する波の位相が、場所と振動数に依存して異なるためと考えられる。

図 6 と図 7 に質量体の質量と低減効果の関係を示す。図 6 より、4Hz と 5Hz では質量に係らず低減効果はほとんど確認できない。8Hz で質量が最も大きい $m = 7.52t$ の低減量は大きく減少するが、10Hz 以上では最大となっている。P2 においても、低減量は 10Hz 以上で $m = 7.52t$ が最も大きく、質量が大きいほど低減量は大きい傾向が確認できる。

5. まとめ

数値解析により質量体と振動系の低減効果を確認した。質量体は質量が大きいほうが低減量は大きくなり、一定以上の振動数で低減効果を発揮することを確認した。振動系は質量体に比べ低い振動数から低減効果を発揮し、低減量も大きいことを確認した。これらの低減効果の現れ方は場所により異なるが、その原因の詳細については今後の検討課題とする。

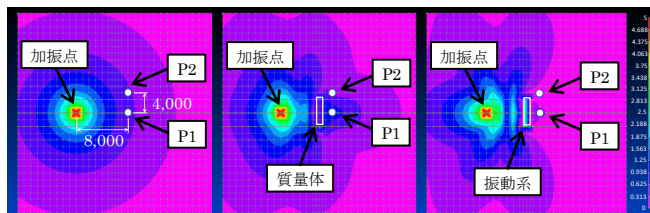


図 3 振動加速度分布の例 (10Hz)

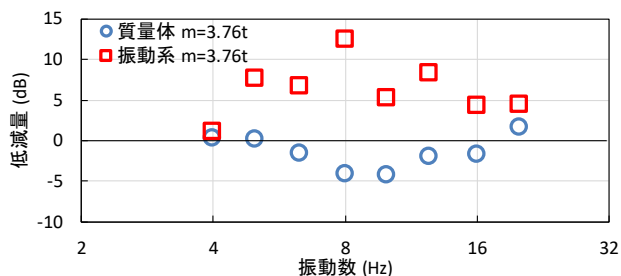


図 4 質量体と振動系の振動数ごとの低減効果 (P1)

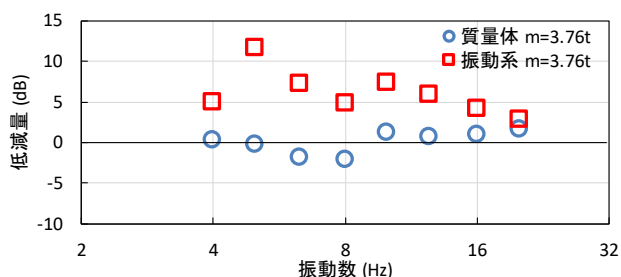


図 5 質量体と振動系の振動数ごとの低減効果 (P2)

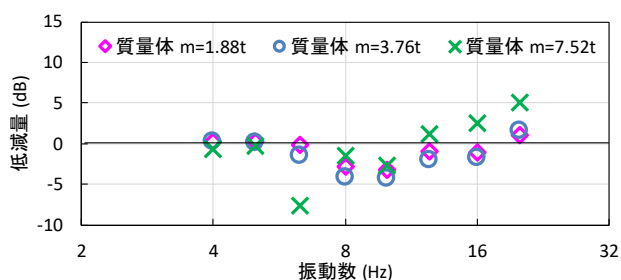


図 6 質量体の質量と低減効果の関係 (P1)

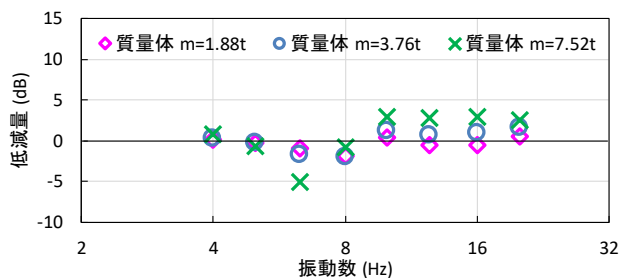


図 7 質量体の質量と低減効果の関係 (P2)

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) 小林真人, ほか; 質量体と振動系の振動低減効果に関する検討 — 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, 2018. 9.