

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 —

飛島建設 正会員 〇岩根 康之 飛島建設 正会員 小林 真人
飛島建設 佐藤 考浩 埼玉大学大学院 正会員 松本 泰尚

1. はじめに

環境振動の伝播経路対策として、質量体と振動系の2種類の振動制御装置について検討している¹⁾。質量体はおもり m からなり、剛性と質量によって接地面の変位を面的に拘束する。質量体の低減効果は質量が大きいほど大きくなり、接地面の伝播経路方向の長さ（以下、幅 w ）が長いほど、低い振動数で低減効果を発揮することが可能となる。振動系は、接地面となる基礎 M とばね k 、おもり m から成る。入力波によっておもりが振動して二次的な波が発生し、この二次的な波が入力波に干渉することで振動を低減する²⁾。おもりの固有振動数で低減効果を発揮するため、幅 w に係らず低い振動数でも効果を得やすい。本稿では、低減効果が得られる振動数領域の拡大を目的として、縮尺 1/40 の模型実験により、質量体と振動系を組み合わせた効果的な配置方法を検討した結果について報告する。

2. 実験概要

実験に使用した模型地盤の諸元と相似則については、参考文献 1) を参照されたい。図 1 に実験に使用した振動制御装置の模型を示す。質量体は $w100 \times l100 \times t16$ のテフロン（PTFE）板で、質量は 352 g である。振動系は、ポリカーボネート製のバネを $w25 \times l100 \times t8$ 、質量 42 g のテフロン板からなるおもりと基礎で挟み込んでおり、全体の質量は 90 g である。ばねの種類と数を調整し、おもりの固有振動数が約 40 Hz（実換算約 6.3 Hz）となるよう調整している。実物としては、質量体は $w4,000 \times l4,000 \times t800$ のコンクリート板、振動系のおもりと基礎は $w4,000 \times l4,000 \times t400$ のコンクリート板を想定しており、それらを相似比で換算して模型の寸法や材料を設定した。

図 2 に実験配置の例を示す。加振点から 90 mm 地点を A、210 mm 地点を B として、振動制御装置の中央がそれらに一致するよう配置する。表 1 に実験パターンを示す。CASE 0 は振動制御装置を設置しない条件とした。CASE 1～4 では質量体または振動系を単体で位置を入れ替えて配置し、CASE 5～8 では 2 つ組み合わせで配置して低減効果を検討した。



図 1 振動制御装置の模型

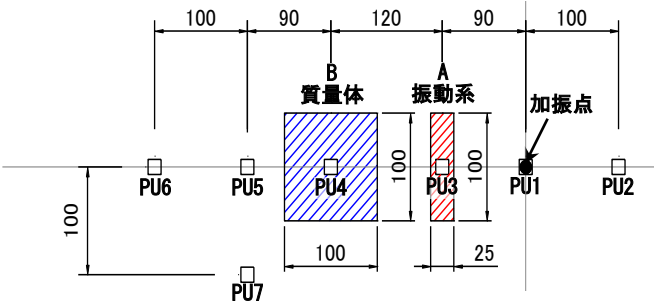


図 2 実験配置の例（A：振動系，B：質量体）

表 1 実験パターン

CASE	A	B
0	—	—
1	質量体	—
2	—	質量体
3	振動系	—
4	—	振動系
5	質量体	質量体
6	振動系	振動系
7	質量体	振動系
8	振動系	質量体

加振はピエゾアクチュエータ（PZ12-72，松定プレシジョン）を使用して 20～140 Hz で鉛直方向の掃引加振を行い、圧電式加速度ピックアップ（PV-97C，RION）（以下，PU）を使用して加速度を測定した。本稿では、加振点から 300 mm 地点の PU5 と 400 mm 地点の PU6 の鉛直方向の加速度を評価対象とした。

評価方法について、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 として算出し、振動制御装置の有無による伝達関数の比から低減量 RL (dB) を式(1)により求めた。

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

$H_{w/o}$: 振動制御装置がない場合の伝達関数
 $H_{w/}$: 振動制御装置がある場合の伝達関数

3. 結果と考察

3-1. 振動制御装置を1つ設置した場合の低減効果

図3に振動制御装置を1つ設置した場合の低減量を示す。質量体について、PU5では約40 Hz以上で低減効果が現れており、約90 Hz以下では質量体が加振点に近いCASE 1のほうが低減量は大きく、90 Hz以上では逆にCASE 2のほうが大きかった。PU6についても同様に、80~90 Hz付近で低減量の大小が逆転したことが確認できる。質量体の設置位置によって振動の回り込みの影響が変化することが考えられる。本実験の結果からみると、比較的低い振動数を低減するためには質量体を加振点に近い位置に設置したほうが有利であり、高い振動数に対しては受振点に近いほうが有利な傾向があるといえる。

振動系について、固有振動数である40 Hz付近と、その倍の80 Hz付近に低減量のピークが確認できる。PU5とPU6のいずれも低減量は振動系が加振点に近いCASE 3のほうが大きい。振動系はおもりに m が振動して発生する二次的な波と入力波の干渉によって振動が低減するため、加振点に近いほうがおもりの振動は大きくなり、低減効果が向上したと考えられる。

3-2. 振動制御装置を2つ設置した場合の低減効果

図4に振動制御装置を2つ設置した場合の低減量を示す。CASE 5の質量体を2つ設置した場合、1つの場合に比べて低減効果が向上し、特におよそ60~100 Hzの低減量が向上した。質量体を2つ並べることで変位を拘束する伝播方向の長さが長くなり、波長の長い振動に対して低減効果が向上したと考えられる。

CASE 6の振動系を2つ設置した場合、CASE 3と比べて大きな低減量の変化は認められなかった。前述のように、振動系は加振点に近いAに設置したほうが有効であり、Bの振動系の効果が小さいために低減量がほとんど変わらなかったといえる。

CASE 7とCASE 8では、質量体と振動系を組み合わせることで、単体の場合に比べ低減効果が向上したことが確認できる。振動系の固有振動数である40 Hz付近の低減量は、振動系が加振点に近いCASE 8のほうが大きくなった。一方CASE 7では、PU5において50~80 Hzの比較的広い振動数領域でCASE 8よりも低減量が大きく、質量体が加振点に近い影響が示唆された。

4. おわりに

質量体を単体で設置した場合、設置位置によって振動数ごとの低減量が変化し、回折の影響が示唆された。また、振動系は設置位置が加振点に近いほど低減効果が向上した。さらに、質量体と振動系を組み合わせ

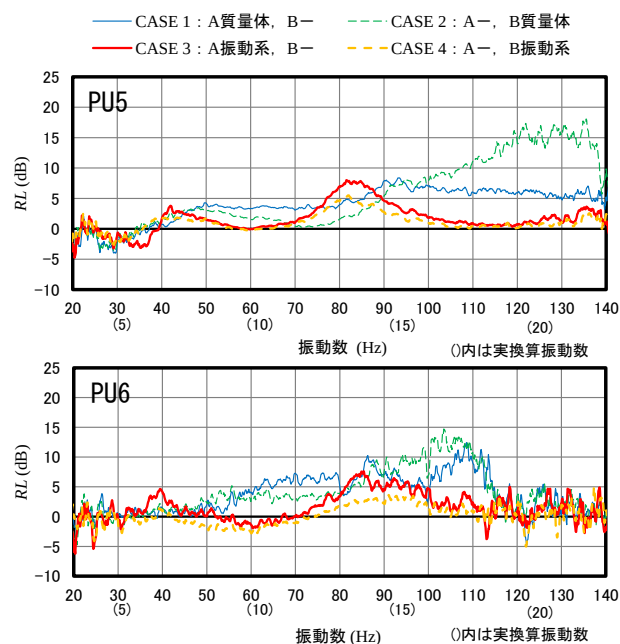


図3 振動制御装置を1つ設置した場合の低減量

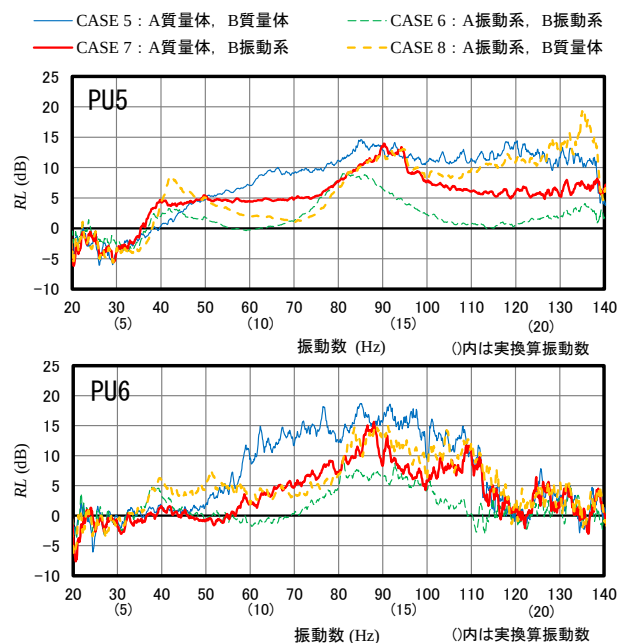


図4 振動制御装置を2つ設置した場合の低減量

2つ設置することで、単体の場合に比べて低減効果が向上し、その効果は組合せと位置によって変化することを確認した。実施工においても、発生する振動の特性に合わせて振動制御装置の配置を設計することで、効果的な対策が可能となることが示唆された。

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) 長沼俊介, ほか: 建設作業振動に対する地表面上での制御に関する解析的検討, 土木学会第69回年次学術講演会論文集, pp. 69-70, (2014. 9).