

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

東京工業大学 学生員 ○長沼 俊介
 埼玉大学 正会員 松本 泰尚
 飛島建設株式会社 正会員 小林 真人
 理工学総研株式会社 正会員 西村 忠典

1. はじめに

平成24年度振動規制法施行状況調査¹⁾によれば、振動に係る苦情で最も多いのは建設作業に伴って生じる振動であり、全体の約7割を占めている。建設作業振動の低減には、低振動型建設機械など発生源での対策が用いられているが、更なる振動低減のために地盤を伝播する波動の伝播経路での対策も古くから研究²⁾されている。波動の伝播経路での対策としては、地中壁などが適用される場合があるが、いずれも地盤中に設置する恒久的な対策であって、期間が限定された建設工事には適さない。本研究では、建設作業振動に対する伝播経路中の地表面上における対策として、質量と剛性による波動の拘束効果を狙ったコンクリートブロック（以下、ブロックとする）や、伝播する波動のエネルギーを干渉によって消散することを狙った振動系について、これらの適用による振動低減効果やメカニズムについて解析的に検討した。

2. 研究方法

本研究では、保全対象と近接施工となる場合のように距離減衰が期待できない条件で、効果的に振動を抑制するために、加振源から保全対象に至る振動の伝播経路上にブロックや質量とバネからなる振動系を設置することを着想した。そこで表-1 および図-1 に示す2層で構成された想定地盤を対象にして、ブロックや振動系の設置による振動低減効果を解析的に検討した。

解析にはサブストラクチャー法に基づく3次元地盤—構造物連成系の解析を行う SuperFLUSH/3D を用いた。SuperFLUSH/3D ではブロックや振動系は有限要素法で、成層地盤は薄層要素法で評価される。解析では水平方向に無限に広がる想定地盤の平面上に図-2 に示す振動評価領域を設定し、その中心にブロックや振動系を設置した。ブロックと振動系の幅は1mに固定する一方、長さ L_t および高さ t を変化させて解析した。また振動系については、固有振動数 f と減衰定数 h の振動低減効果への影響について検討した。ブロックや振動系の質量部分を剛体と仮定し、これらの変形の影響は考慮しなかった。加振点はS1、S2、S3に設定し、いずれかの点において鉛直方向に振幅 $1tf$ の正弦加振力を与えたときの応答を、受振点R1、R2、R3で評価

表-1 想定地盤の物性値

	せん断波速度 (m/s)	単位体積重量 (t/m ³)	ポアソン比	減衰定数
表層	100	1.7	0.45	0.05
支持層	400	1.9	0.40	0.01

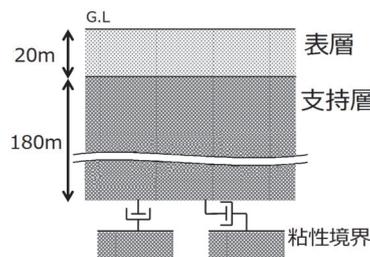


図-1 想定地盤モデルの断面図

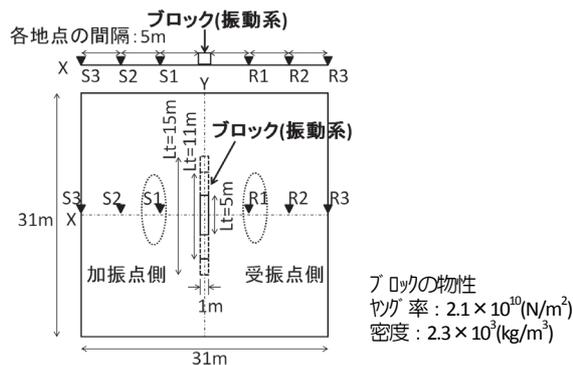


図-2 地盤振動の評価領域

した。加振振動数は、別途解析して求めた想定地盤の卓越振動数2.4Hzを考慮して、1.2Hzから最大9.6Hzまでの1.2Hz間隔8段階の振動数とした。振動低減効果の評価には、無対策時の加速度振幅に対するブロックや振動系設置時の加速度振幅の比の常用対数を取り、これを20倍したデシベル(dB)値を用いた。このデシベル値は振動低減量を示すので、計算結果に対して符号を変え正の値として振動低減効果を示した。

3. 結果と考察

(1) ブロックと振動系の振動低減効果

図-3は重量と固有振動数の違いが及ぼす、ブロックと振動系の振動低減効果への影響を示している。図に示すように、高さ $t=0.075m$ と $t=1.0m$ のブロック（重量比が1:100以上異なる）での振動低減効果の差が微小であったことから、ブロックによる振動低減効果の要因

キーワード 建設作業振動, 振動制御, 共振, 干渉, 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 TEL/FAX 048-858-3552

が、重量による効果ではなく、地表面の変形拘束であることが推察できる。それに対し振動系の重量を大きくすると、固有振動数と同じ加振振動数に対する低減効果は大きくなった。また、振動系の固有振動数を変えると、その固有振動数と一致する加振振動数の場合に、低減効果がブロック設置時よりも大きくなった。これらのことから、振動系はその固有振動数での加振に対して共振することで、振動低減効果を与えることが分かる。図-4 は固有振動数での加振に対する振動系の振動低減効果に及ぼす減衰定数の影響を示している。図より、減衰定数を小さくすると振動系による振動低減効果が大きくなることから、振動系の減衰におけるエネルギーの消散より、加振による振動と振動系の振動が加振源となり生じる振動との干渉が、振動低減に寄与していると推察できる。

(2) 波長と振動低減効果との関係

図-5 は、異なる加振振動数による加振時の、振動系及びブロック設置による振動低減効果を示している。なお振動系の固有振動数は加振振動数と一致させている。図より、長さの異なるブロックを比較すると、長いブロックでは高振動数での加振時に振動低減効果が大きいことが分かる。図-3 の結果も合わせて考えると、波長が短い高振動数ではブロックの設置範囲内での振動の位相差が大きく、入力損失効果と同様のメカニズムで振動低減効果が大きかったものと考えられる。一方、振動系による低減効果と同じ長さのブロックの効果と比較すると、設置長の長い振動系による低減効果がより大きいことが分かる。これは、長い振動系では、重量の増加に伴う振動系の振動による加振力の増大と、面的な加振源としての加振領域の増加に伴って、振動系が発生させる波の伝播パターンが変化し、干渉パターンの変化が生じたためと考えられる。図-6 は異なる加振振動数での振動系による振動低減効果の面的分布への影響を示している。図より高振動数での加振において受振点側は振動が低減するのに対し、加振源側では振動が増大する領域があることが分かる。

4. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

伝播経路上の地表面の相対変位を拘束することで、振動を低減できる領域が存在することを確認した。その低減効果は入力損失効果と同様に高振動数での加振に対して大きい。

加振振動数に調整した固有振動数の振動系を設置すると、その共振により生じた振動が加振による振動と干渉し、振動低減効果を得られる領域が存在することを確認した。ただし、振動系における振動エネルギーの消散は小さく、特に加振源側では振動が増大する領

域も生じる。

参考文献

- 1)環境省水・大気環境局大気生活環境室：平成24年度 振動規制法施行状況調査結果報告書、2014.
- 2)江島淳：地盤振動と対策、集文社、pp.201-209、1979.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24560673 の助成を受けたものである。

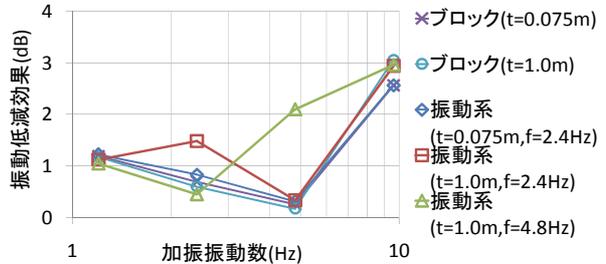


図-3 ブロック及び振動系の振動低減効果に与える重量・固有振動数の影響(S1 加振, R1 受振, Lt=15m, h=0.05)

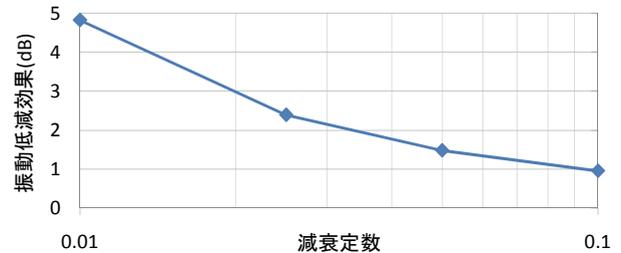


図-4 振動系の固有振動数における振動低減効果に与える減衰定数の影響(S1加振, R1受振, Lt=15m, t=1.0m, f=2.4Hz)

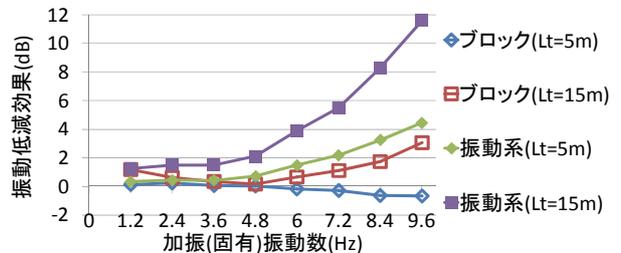


図-5 加振振動数とブロック及び振動系の振動低減効果の関係 (S1 加振, R1 受振, t=1.0m, h=0.05)

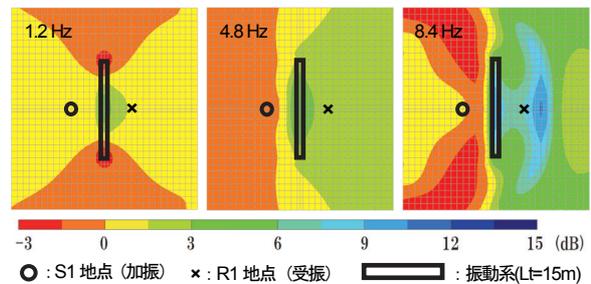


図-6 異なる加振振動数での振動系の振動低減効果の面的分布 (S1 加振(左:1.2Hz, 中央:4.8Hz, 右:8.4Hz), Lt=15m, t=1.0m, h=0.05)