

# 交通振動伝搬における群杭効果の解析的検討

18T0208X 小保 直也  
指導教員：関口 徹

## 1. はじめに

高架道路に起因する地盤振動は、車両の走行により発生した振動が加振力となる。それらが橋脚基礎に作用し、地盤と接する基礎部分から周辺の地盤に伝搬することで地表面応答が生じると考えられる。そのため、解析により地盤振動を評価する上で基礎部分のモデル化の違いが大きく影響し、基礎部分の適切なモデル化が重要だと言える。

モデル化および応答計算の手法として、三次元有限要素法を用いた詳細な方法がある。この手法は複数の杭を一体的に扱うことができるため詳細なモデルとして使用でき、精度の高い応答が得られる。しかし、モデル化が複雑で解析時間が長く実務には向いていない。次に、実務での使用を想定した簡易手法がある。これは軸対称での有限要素法と薄層法を組み合わせた手法で、短時間でモデル化ができる。群杭からの応答を評価する際には、各杭からの応答を個別に算出し、複素数領域において位相ずれを考慮して重ね合わせる。そのため、杭が同時に存在することによる影響（本研究では群杭効果と呼ぶ）を考慮できないという問題点がある。

そこで本研究では、群杭効果の影響を解明するため、杭の配置を変更した4つのモデルを、より確実な結果が得られる詳細な方法で解析し、振動伝搬のメカニズムを明らかにする。

## 2. 解析モデルの概要

本研究では、詳細な方法として、弾性領域サブストラクチャー法に基づく三次元有限要素法解析プログラム SASSI を用いた。杭径を  $D$  とし、図1のように杭中心間距離を変化させた4種類の配置で解析を行う。4つの配置に対して、簡易手法を想定した単杭の重ね合わせによる解析を、それぞれ SASSI により行い、杭間隔によりどの程度応答（伝達関数 [m/N]）に違いが表れるか比較することで、杭配置による群杭効果の影響を評価する。

図2に、解析モデルの断面図を示す。地盤は表層と支持層からなる2層とした。振動数は自動車のばね上振動数 3Hz、ばね下振動数 10Hz、さらに高振動数の 20Hz を主に対象とした。その際、応答は図1の  $X$  軸に沿って原点から 20m 先まで、1m 間隔で算出する。加振方向と応答変位は、鉛直方向加振による鉛直応答、水平方向加振による水平応答(図1の  $X$  軸方向加振  $X$  応答)の計2方向単位加振(1N)で、加振

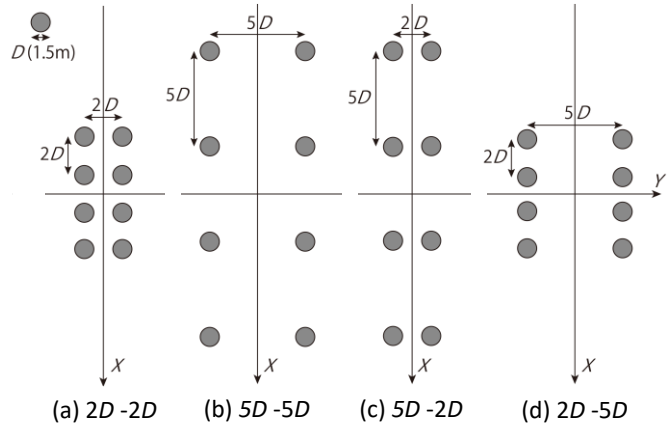


図1 群杭モデル平面図

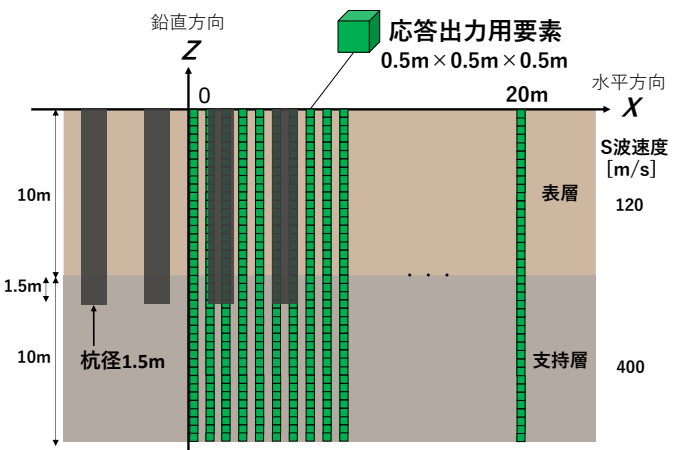


図2 解析モデル断面図

点が複数のものは合計が 1N になるようにした。

## 3. 解析結果

津田ら<sup>1)</sup>は、水平方向加振時は杭ではなく地表面付近のパイルキャップのモデル化の違いが応答に影響することを示している。そのため、本研究では鉛直方向加振による鉛直応答に焦点を当て、水平方向加振については地表面応答のみを図3に示す。単杭の重ね合わせによる8本同時加振の再現性が概ね高いと言える。

鉛直方向加振による鉛直方向応答変位では、特に低振動数において、単杭の重ね合わせが8本杭同時加振に対して応答を過大評価していた。そのため、追加で4、5、7Hzにおいても解析を行い、以下では代表的なものを示している。

図4に、2D-2Dの杭配置に対する鉛直方向加振に

よる、鉛直方向応答変位の分布を示す。低振動帯である 3Hz では、単杭の重ね合わせが 8 本同時加振のときよりも遠方の地表面応答を過大評価しており、4、5、7Hz についても同様であった。しかし、10Hz になると関係が逆転し、単杭の重ね合わせが過小評価している。

図 5 に、5D-5D の杭配置に対する鉛直方向加振による、鉛直方向変位の分布を示す。3Hz では単杭の重ね合わせが 8 本同時加振の時よりも過大評価し、4、5Hz においても同様であったが、7Hz からは過小評価している。

図 4 と図 5 を比較すると、5D-5D に比べて 2D-2D において重ね合わせが 3Hz でより過大評価していることがわかる。そのため、杭間隔が狭いほど簡易手法に基づく重ね合わせが過大評価する傾向にある。これは、前方に杭があることで振動が遮られていることによると考えられ、簡易手法ではこの現象を考慮出来ない。

図 6、図 7 に 5D-5D に対してそれぞれ 5D-2D、2D-5D の鉛直方向加振における鉛直方向地表面応答の比較した図を示す。5D-2D の方が 5D-5D と応答の傾向が似ていることが分かる。このことから、振動伝搬方向の杭間隔が狭いほど、前方に杭があることによる群杭効果の影響が大きいと推定される。

#### 4. まとめ

本研究では 3 次元有限要素法解析プログラム SASSI を用いて、群杭の杭間隔の違いが地中および地表面に与える影響について、4 つのパターンを使用して比較検討を行った。それにより得られた知見は以下のとおりである。

- ・水平方向加振では単杭の重ね合わせの再現性が概ね良いことから、群杭効果の影響が小さい。
- ・杭間隔が狭いほど、簡易手法に基づく単杭の重ね合わせが、8 本同時加振に比べて主に低振動で過大評価する。
- ・振動数が高くなると、8 本同時加振の応答が大きくなり、重ね合わせが過小評価になることがある。そして、その振動数は杭間隔によって異なる。
- ・振動伝搬方向に対して垂直方向の杭間隔が狭いほど、前方に杭があることによる群杭効果の影響が大きい。

#### 参考文献

- 1) 津田 直毅、西本 昌、中井 正一、石田 理永、関口 徹、岩田 克司：簡易手法を用いた高架道路交通振動の地盤応答予測に関する検討(その 1~その 3)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp441-446、2016

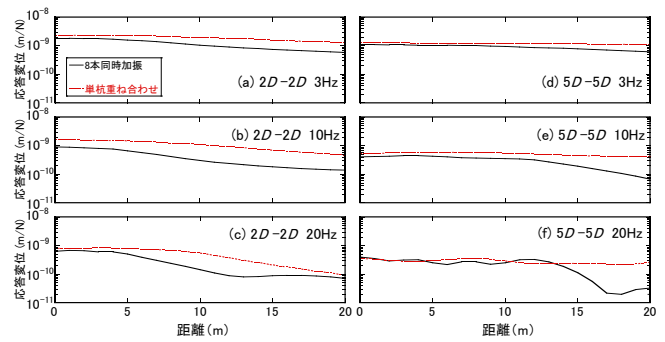


図 3 水平方向加振の地表面水平応答の比較

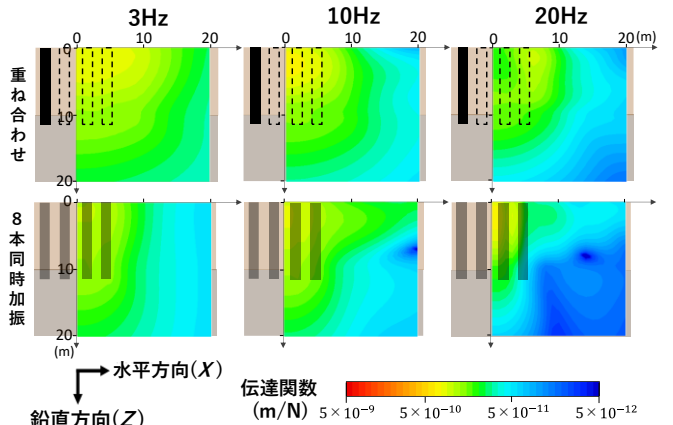


図 4 鉛直方向加振による鉛直方向応答 (2D-2D)

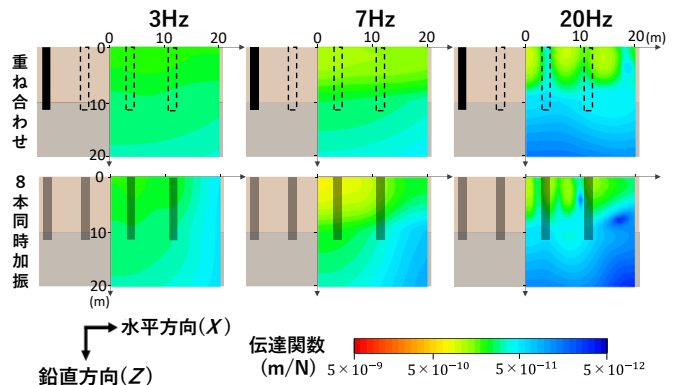


図 5 鉛直方向加振による鉛直方向応答 (5D-5D)

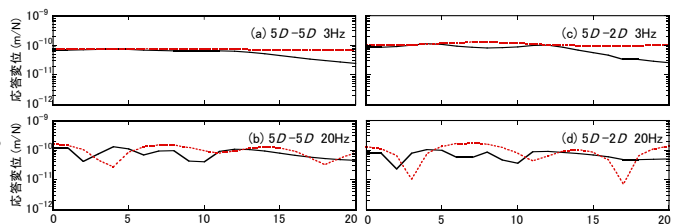


図 6 5D-5D、5D-2D の比較

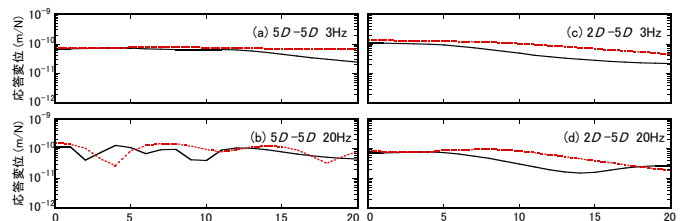


図 7 5D-5D、2D-5D の比較