

高架橋からの交通振動簡易予測手法における重ね合わせ方法の解析的検討

16T0227U 菅野 哲
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走行によって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地盤に伝播することで、地表面応答（変位）が得られると考える事ができる。したがって、地盤振動の評価をするにあたり、基礎部分のモデルの違いが大きく影響し、適切なモデル化が必要となる。

モデル化の手法としては西本ら¹⁾による高架道路の複数橋脚からの振動伝搬を考慮した、地盤応答予測のための軸対称有限要素法と薄層法を組み合わせた簡易手法がある。これは円柱型の短杭としてモデル化したパイルキャップ（PC）と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ことで基礎部分のモデル化を図っている。その際の問題として PC と杭で、加振力分担を行い、それらを加振の方向や振動数によって変える必要があることが分かっている。

そこで、本研究では簡易手法の分担率を決めるために、より詳細な 3 次元有限要素法を用いた橋脚基礎の違いが地表面応答に与える影響について 5 つのモデルを使用し、解析的に検討する。

2. 解析モデルの概要

本研究では、実サイトを対象として、弾性領域サブストラクチャー法に基づく 3 次元有限要素法解析プログラム SASSI を用いた検討を行う。

図 1 に 5 つの橋脚基礎の解析モデルと地盤断面を示す。パイルキャップと 8 本の杭からなるフルモデル（2 点加振）の解析結果を正解として、PC のみ（1 点加振）、杭のみ（8 本同時加振）との比較を行う。また、簡易手法での重ね合わせ方法を想定した単杭重ね合わせ（8 本）、基礎が存在しない場合で地盤のみを加振し杭と同じ位置で重ね合わせた地盤重ね合わせ（8 点）による比較を行う。振動数は自動車のばね上振動数 3Hz、車両のばね下振動数 10Hz を含めた 3 種類の振動数について解析を行う。

図 2 に解析モデルの平面図を示す。高架橋は複数の橋脚から構成されるが、簡単のために 1 つの橋脚基礎に着目し、杭基礎近傍地盤における地表面応答変位（伝達関数 [m/N]）を求める。その際に、橋軸方向の線と橋軸直交方向の線が対称軸となるため、図の左上側の 100m×100m の範囲の 0.5m ピッチで応答を算出する。加振方向は鉛直方向 1 方向、水平

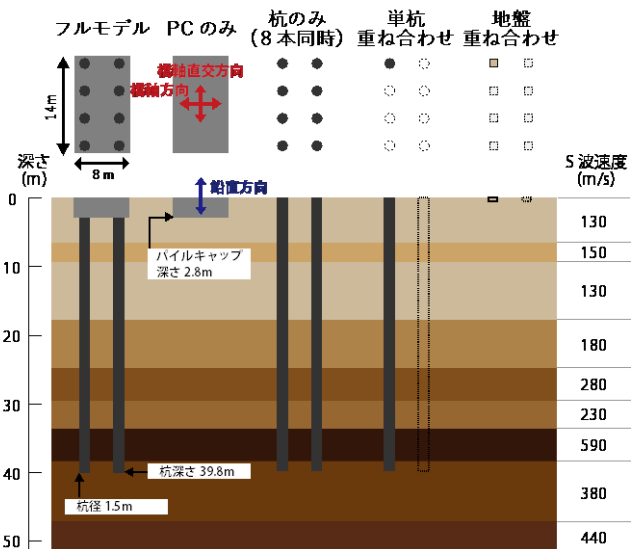


図 1 橋脚基礎の解析モデルと地盤断面

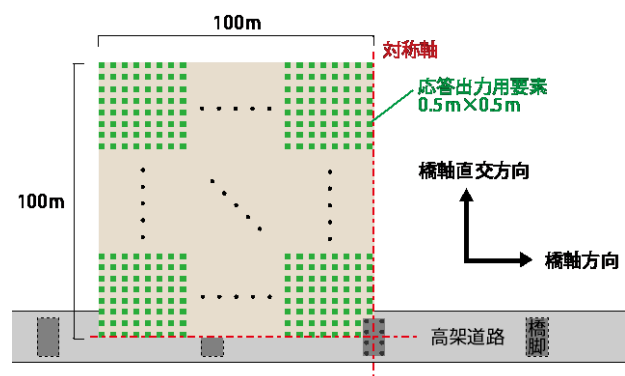


図 2 解析モデルの平面図

方向 2 方向（橋軸方向・橋軸直交方向）の計 3 方向の単位加振（1N）で応答変位はそれぞれ 3 方向について算出する。加振点が複数のものに関しては合計が 1N となるようにする。

3. 解析結果

図 3 に各モデルに対する鉛直方向加振による鉛直方向応答変位の平面分布を示す。3、10Hz の低振動数側においては杭のみ（8 本同時加振）の再現性が高く、PC のみと地盤重ね合わせの 2 モデルが過大評価となっている。杭が存在する場合、硬い基盤まで杭が届いているので、鉛直に加振され、軸方向に剛性の高い杭を通して基盤へ伝わり逸散し地表面応答は小さくなるが、PC のみと地盤重ね合わせの場合は加振の影響が地表面付近にのみ及んでいるため地表

面応答が大きくなったものと考えられる。一方、高振動数 16Hz になると、PC のみでの再現性が高い。これは高振動数になると加振力のエネルギーの影響が深度の浅い範囲に対して大きくなるためと考えられる。

図 4 に各モデルに対する橋軸直交方向加振による橋軸直交方向の応答変位の平面分布を示す。どの振動数についても PC のみの再現性が高い。また低振動数、特に 3Hz において応答がモデルによらずほぼ同様の分布となっており、地表面応答に与える杭や PC の影響は少ない。10、16Hz に関しては、地盤重ね合わせでも過大評価をしているものの安全側の評価ができています。

簡易法の重ね合わせ方法を想定した単杭重ね合わせが杭のみ（8 本同時加振）を再現できているかについての比較は、鉛直加振で 3Hz のときに限り、単杭重ね合わせが杭のみ（8 本同時加振）よりも過大評価をしている。これは群杭効果によるものであると考えられ、杭のみ（8 本同時加振）はより深い地盤の影響を受けやすくなっている可能性がある。一方、水平方向加振で大きな差は見られないため、重ね合わせの再現性が高いと言える。また、水平方向加振では地盤重ね合わせの方法と併せて比較すると加振点の位置が地表面応答に大きく影響すると考えられる。

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、高架橋の基礎のモデル化の違いが地表面応答に与える影響について 5 つのモデルを使用して比較検討を行った。得られた知見は以下のとおりである。

- ・鉛直方向加振による鉛直方向応答は 3、10Hz においては杭、16Hz は PC の寄与が見られる。これらは加振力によるエネルギーの伝わる深さが関係していると考えられる。
- ・橋軸直交加振による橋軸直交方向応答は PC のみのモデル化ではほぼ再現が可能である。地盤重ね合わせでもフルモデルとの大きな違いは見られない。
- ・杭のみ（8 本同時加振）と単杭重ね合わせの方法の対応は、鉛直加振の場合は低振動数で違いが見られるが、水平振動は同様の結果が得られた。

参考文献

- 1) 石田、中井、西本、津田、関口：高架道路の複数橋脚からの振動伝播を考慮した地盤応答予測のための簡易手法の開発と適用性に関する検討、日本騒音制御工学会秋季 研究発表会講演論文集、pp.223-226、2017。
- 2) 西本、中井、関口、群杭を有する高架橋基礎—地盤系の交通振動伝播簡易評価法、日本建築学会大会学術講演会、pp.349-350、2014

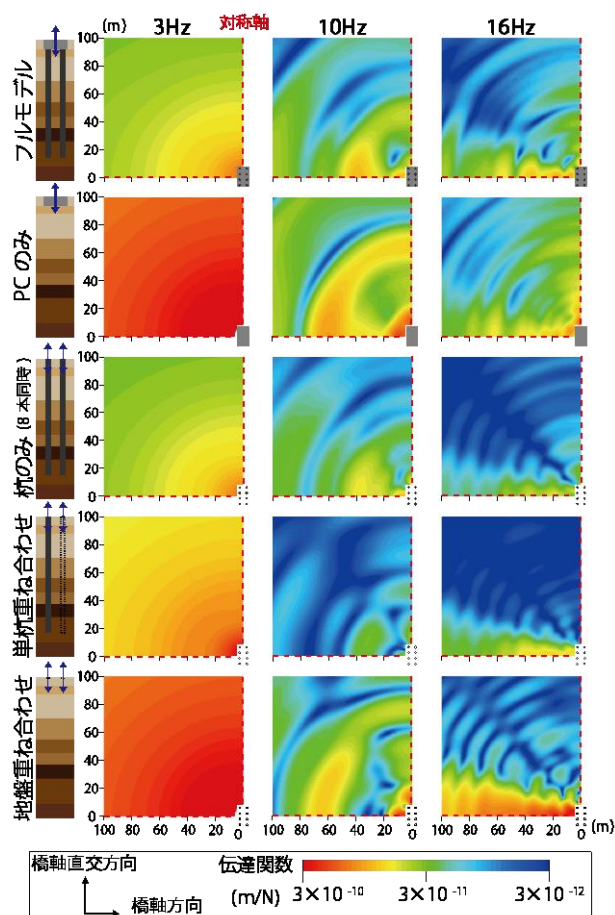


図 3 鉛直方向加振による鉛直方向応答

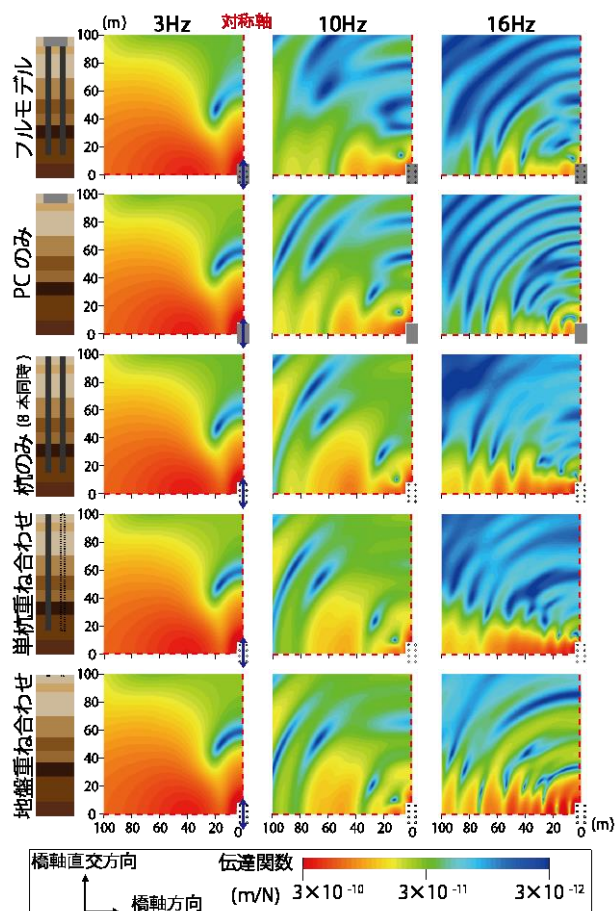


図 4 橋軸直交方向加振による橋軸直交方向応答