

交通振動伝搬における建物基礎の入力損失評価方法の検討

21T0231Z 沼澤 優樹

指導教員：関口 徹

1. はじめに

交通振動は大型車両などが走行することにより発生するが、振動が地盤内を伝わり、建物基礎へ入力されることで建物応答は生じる。そのため、交通振動による建物の応答を予測するには建物と地盤の動的相互作用を考慮する必要がある。しかし、現状では予測精度に大きな影響を与える動的相互作用の一つである入力損失効果について実際の計測結果を用いて評価した例は少ない。

そこで本研究では、建物基礎による入力損失効果が交通振動に与える影響を明らかにすることを目的として、車両走行実験の振動計測結果の分析をするとともに比較的簡易な手法を用いて解析を行い、解析結果と計測記録を比較することで計測記録の再現を試みる。

2. 振動計測

2-1 振動計測概要

本研究で交通振動の計測を行った地点は、茨城県つくば市の森林総合研究所内の敷地内である。

図1に振動計測地点と杭基礎構造である対象建物のパイルキャップの位置を示す。南北に走る道路の中央線上で10t ダンプトラックを時速40kmで3回走行させた。振動発生源を一点に限定するために段差を設置した。振動計測はS造建物とRC造建物の1階基礎上と建物周辺地盤で行い、鉛直方向の加速度波形を計測した。計測地点名は南側から添え字を順につけて区別してRC造建物の計測地点をRc1とRc2とし、S造建物をSf1とSf2とした。

2-2 計測記録のスペクトル比（1階基礎上/地盤）

図2に各地点の地盤鉛直動に対する1階基礎上の鉛

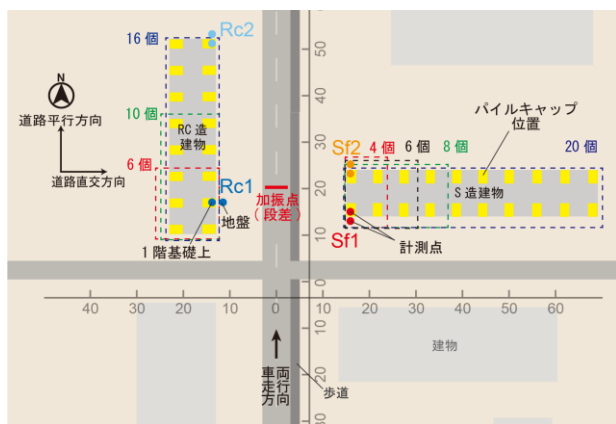


図1 実験対象地の加振点と計測器配置および解析におけるパイルキャップの数

直動のスペクトル比を示す。どの地点の記録も2Hz付近の低い振動数では、スペクトル比が1に近いものが、振動数が高くなるにつれて小さくなっており入力損失効果がみられる。S造とRC造で大きな違いが見られないのは、どちらも基礎構造が杭基礎であり、パイルキャップの根入れ深さともに1.5m程度で、杭径に大きな違いはないことが要因として考えられ、上部構造の違いによる影響は少ないと考えられる。

3. 解析手法

本研究では文献¹⁾の手法を用いて、杭基礎構造における入力損失のシミュレーション解析を行った。文献では杭基礎構造における建物基礎応答の簡易予測手法を次式で示している。

$$A_{PILE}(f) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M C_{ij}(f) \right) \quad (1)$$

$A_{PILE}(f)$ は杭基礎中心での伝達関数（複素数、m/N）、 $C_{ij}(f)$ は*i*番目のパイルキャップ位置における深さ方向*j*番目の地盤の伝達関数（複素数、m/N）、*N*はパイルキャップの数、*M*は深さ方向の受振点数である。

地盤の伝達関数（地表面を単位加振したときの周辺地盤の応答）の算出にあたっては、対象地の地盤を薄層要素によってモデル化した解析を行った。

図3に解析に用いた地盤モデルのS波速度構造を示す。地盤のS波速度は、ボーリングデータの*N*値と現地での微動アレイ探査の結果から推定した。

文献¹⁾では、建物基礎応答の計算において杭長および基礎全体を考慮しているが、本研究では、考慮する杭の深さおよび式(1)におけるパイルキャップの数*N*をパラメータとして、シミュレーションを行った。杭の深さは0m（杭なし）、1m、3m、15mの4パターンを検討した。1,3mは建築基礎構造設計指針²⁾に基づき算出した、それぞれ杭頭に水平力を受ける杭の水平抵抗に

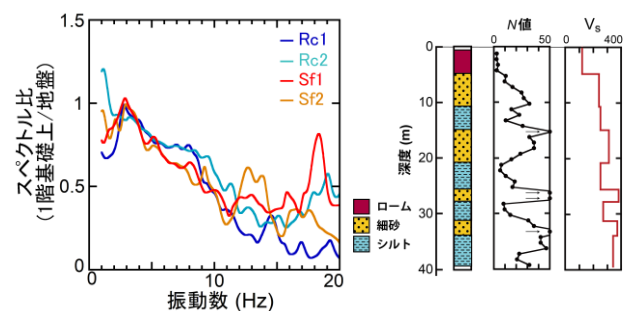


図2 各地点のフリーエスペクトル比

図3 解析地盤モデルのS波速度構造

影響を与える範囲、杭頭固定時の地中部第一不動点の深度である。15m は杭の支持層深さとして考えられるものである。応答を求める受振点は、地表面から考慮する杭の深さまで 1m 間隔で配置した。深さ 15m の場合は受振点の間隔を 3m とした。また、パイルキャップの数 N は、図 1 のように RC 造建物では 6,10,16 個の 3 パターン、S 造では 4,8,20 個の 3 パターンを検討した。それぞれ検討したパイルキャップのある範囲（図 1 に破線で示す）の重心位置における建物基礎応答の伝達関数を算出し、同位置の地盤のみの伝達関数で除したスペクトル比によって入力損失を評価する。

4. 解析結果

4-1 考慮する杭の深さの検討

図 4 にパイルキャップの数 N を 6 個として、考慮する杭の深さを変えたときのスペクトル比を計測記録のスペクトル比と併せて示す。計測記録は RC 造建物では Rc1 地点、S 造建物では Sf1 地点の記録を用いた。考慮する杭の深さが大きいほど高振動数域においてスペクトル比が小さく、入力損失効果が大きくなっていると分かる。考慮する杭の深さを 15m としたときは、計測記録に対してスペクトル比が明らかに過小評価となっている。考慮する杭の深さを 1m 以下としたパターンが計測記録を最もよくシミュレートできている。

4-2 考慮するパイルキャップの数の検討

図 5 に、考慮する杭の深さを 1m として、パイルキャップの数 N を変えたときのスペクトル比を計測記録のスペクトル比と併せて示す。計測記録は RC 造建物では Rc1 地点、S 造建物では Sf1 地点の記録を用いた。考慮するパイルキャップの数 N が多く、考慮する基礎の範囲が広がるほどスペクトル比が小さく、入力損失効果が大きくなっていると分かる。基礎全体を考慮したパターン（RC 造建物の 16 個、S 造建物の 20 個）では計測記録に対してスペクトル比が小さくなっており、入力損失効果を過大評価している。本研究で対象としたような細長い平面形状の建物の場合、平面全体ではなく対象とする地点付近の適当な範囲のパイルキャップを考慮して、計算する必要があると考えられる。

4-3 計測記録の再現

図 6 に考慮する杭の深さを 1m として、パイルキャップの数 N を RC 造建物では 6 個、S 造建物では 4 個としたときのスペクトル比、計測記録のスペクトル比および原田式³⁾、山原式⁴⁾により推定されたスペクトル比を示す。原田式は二乗して用い、基礎の根入れ深さを 1.5m、S 波速度を 120m/s とし、山原式では微動の分散曲線から求めた波長を用いて計算を行った。解析結果は RC 造建物と S 造建物において、計測記録を山原式と同等にシミュレートしている。

5. まとめ

本研究では、簡易な手法により計測結果の再現を行い、建物基礎による入力損失効果が交通振動に与える影響を検討することで以下の知見を得た。

1. 建物基礎があることによる入力損失効果において、S 造建物と RC 造建物では、上部構造の違いによる影響は小さい。
2. 解析において杭長全体を考慮すると入力損失効果を過大評価してしまう。
3. 細長い平面形状の建物の場合、パイルキャップの数を基礎全体で考慮すると、入力損失効果を過大評価してしまう。

参考文献

- 1) 関口徹, 中井正一: 基礎形式の異なる構造物への交通振動伝搬特性の評価, 日本建築学会技術報告集, 第 19 巻, 第 43 号, pp. 983-987, 2013
- 2) 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, pp. 268-278, 2008
- 3) 原田隆典他: 有効入力動の計算式とその実測例による検討, 土木学会論文集, 第 362 号, I-4, pp. 435-440, 1985
- 4) 山原浩: 地震時の地動と地震波の入力損失 (第 1 報), 日本建築学会論文報告集, 第 165 号, pp. 61-66, 1969

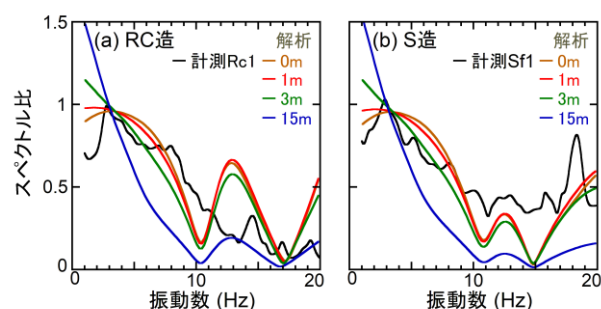


図 4 パイルキャップの数を 6 本として杭の深さを変えたときのスペクトル比

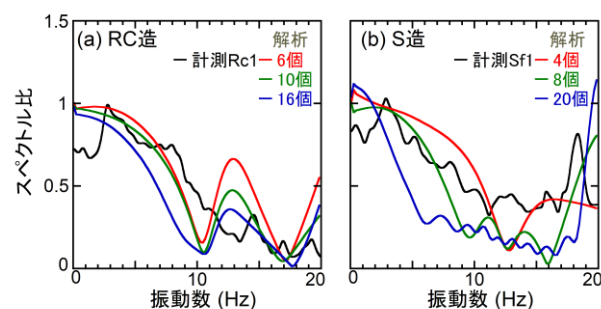


図 5 杭の深さを 1m としてパイルキャップの数を変えたときのスペクトル比

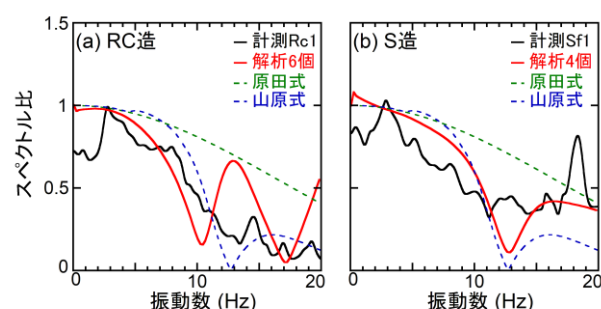


図 6 杭の深さを 1m、パイルキャップ数を RC 造建物で 6 個、S 造建物で 4 個としたときのスペクトル比