

## SCP 工法による地盤改良の常時微動を用いた評価法

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○川口 頌太  
 芝浦工業大学 正 会 員 紺野 克昭  
 飛島建設 正 会 員 池田 隆明

## 1.背景と目的

地盤改良工法の一つとしてサンドコンパクションパイル（以下 SCP）工法がある。これは、緩い砂質地盤内に砂等を圧入し、砂杭を造成することで周辺地盤を締め固める工法である。SCP 工法による地盤改良の評価は、標準貫入試験やボーリング調査の結果から検討されることが一般的である。しかし、これらの方法は局所的な評価をしており、高コストであるという懸念がある。一方、常時微動観測は広い範囲の地盤の影響を受ける表面波の観測しているため、大局的な評価をすることができる可能性がある。また、低コストで簡便な方法で地盤の調査ができる。過去の論文では、実際に行った常時微動観測と動的解析の結果で改良の効果の結びつけられる可能性を示した<sup>1)</sup>。本論文では常時微動観測で観測された表面波から求められる H/V スペクトル、位相速度から伝達関数の改良前後の比を推測することを目的とする。

## 2.解析方法

解析は地震応答解析プログラム（Soil Plus Dynamic）を用いて、有限要素法による全応力での 2 次元線形動的解析を行う。

図 1 に改良後の解析断面モデル（メッシュ分割図）を、図 2 に改良部拡大図を示す。物性値は表 1 のとおりである。なお、改良前のモデルは、砂杭とその周辺地盤を元の物性値に戻したものである。既存の地盤調査結果より、S 波速度 540m/s の層を基盤とし、基盤以浅を解析領域とした。物性値はボーリングデータや既存の地盤調査結果、一般的な経験式等を参考に設定した。

境界条件は側方境界として粘性境界、底面境界としても粘性境界を使用した。

入力波として中心周期 0.1 秒の ricker wavelet を使用した。

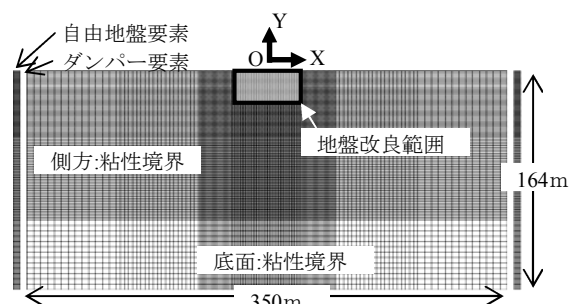


図 1 改良後の解析断面モデル

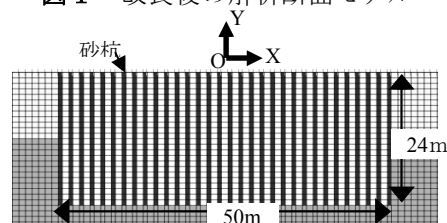
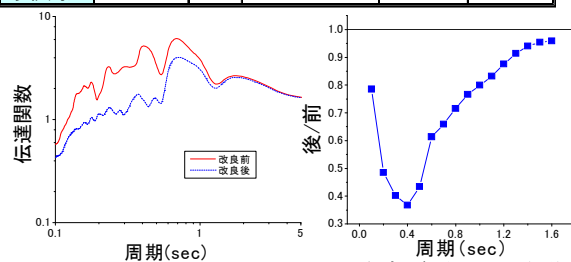


図 2 改良部分のモデル

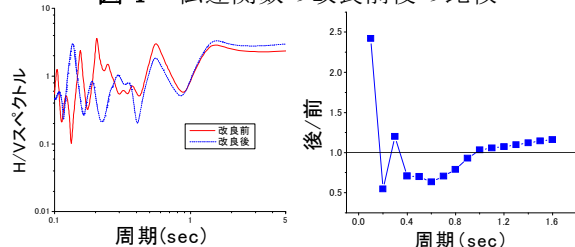
表 1 数値解析で用いた物性値

|      | 上端深度<br>A.P.(m) | 層厚<br>(m) | 単位体積重量<br>$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | S波速度<br>$V_s$ (m/s) | P波速度<br>$V_p$ (m/s) |
|------|-----------------|-----------|-----------------------------------------|---------------------|---------------------|
| 1層   | -12             | 12        | 17.64                                   | 110                 | 786                 |
| 2層   | -50             | 38        | 17.64                                   | 200                 | 1429                |
| 3層   | -112            | 62        | 18.62                                   | 300                 | 2144                |
| 4層   | -164            | -         | 18.62                                   | 540                 | 3858                |
| 砂杭   | -24             |           | 25.48                                   | 270                 | 1926                |
| 砂杭周辺 | -24             |           | 24.50                                   | 270                 | 1928                |



(a) 改良の前後 (b) 改良前後比の移動平均

図 4 伝達関数の改良前後の比較



(a) 改良の前後 (b) 改良前後比の移動平均

図 5 H/V スペクトルの改良前後の比

キーワード 常時微動観測, SCP 工法, H/V スペクトル, レイリー波の位相速度, 伝達関数

連絡先 〒135-8548 江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学工学部土木工学科 地震防災研究室 TEL 03-5859-8357

### 3. 解析結果

常時微動観測から求められる  $H/V$  スペクトルと位相速度から伝達関数が推定することが出来るかを検討する。今回の解析は原点において行った。

#### (1) 伝達関数

地盤改良前後のモデルで各々の伝達関数を求め比較する。この結果を図4(a)に示した。図4(b)は伝達関数の改良前と改良後の比をとり前後の周期 0.05 秒の移動平均を出したものである。図4(b)からすべての周期において改良効果が見られる。

#### (2) $H/V$ スペクトル

地盤改良前後のモデルで各々の  $H/V$  スペクトルを求め比較する。この結果を図5(a)に示した。図5(b)は図4(b)と同じ方法でグラフにしたものである。図5(b)から周期 0.4~0.9 秒で改良効果が見られる。

#### (3) 位相速度

空間自己相関法を使い地盤改良前後のモデルでレイリー波の位相速度を求める。この結果を図6(a)に示した。図6(b)は図4(b)と同じ方法でグラフにしたものである。図6(b)から周期 0.1~0.5 秒のときに改良効果が見られる。

#### (4) $H/V$ スペクトル、位相速度と伝達関数との関係

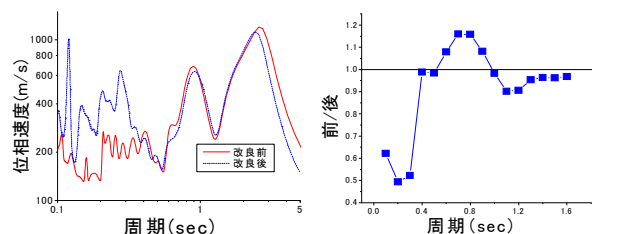
解析結果から  $H/V$  スペクトルと位相速度から伝達関数を推定できるか検証する。解析結果の中で求めた移動平均を使い  $H/V$  スペクトルと伝達関数の関係を示したものが図7(a)、位相速度と伝達関数の関係を示したものが図7(b)とした。また、白抜きの印は周期 0.1 秒に対応し 0.1 秒刻みで 1.0 秒まで線で結んでいる。図7(a)において周期 0.6 秒から右上がりになっていることがこのことからわかる。

### 4. パラメータ変更による検証

解析モデルのパラメータを変更することによって様々な条件から検討していく。パラメータの変更した値は表2に示した。これは表1の  $V_s$ 、 $V_p$  を 100 としたときの割合を示したものである。

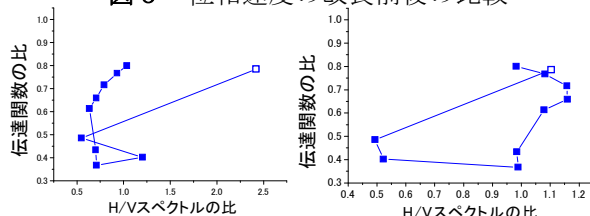
図8、図9に  $H/V$  スペクトル、位相速度と伝達関数の関係を示した。このとき図7と同じ方法でグラフにした。図8の  $H/V$  スペクトルとの関係は右上がりの関係性がみられるグラフも見られる。

参考文献 1) 矢部有紀, 紺野克昭 他; 土木学会第 64 回年次学術講演会, I 部門, 2009.



(a) 改良の前後 (b) 改良前後比の移動平均

図6 位相速度の改良前後の比較



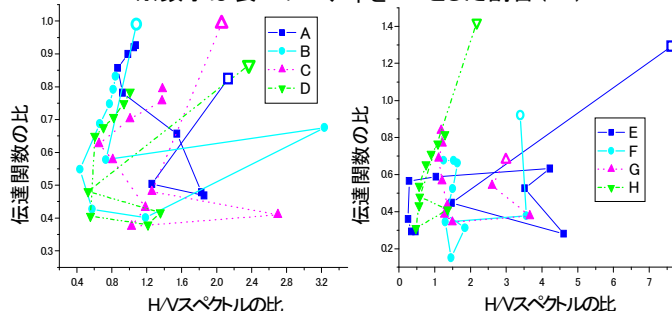
(a)  $H/V$  スペクトル (b) 位相速度

図7 伝達関数との関係性

表2 検討に用いた解析モデル

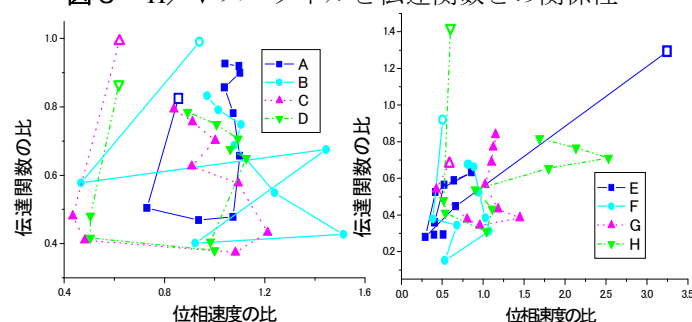
|    | モデル名 |     |     |     |     |     |     |     |
|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|    | A    | B   | C   | D   | E   | F   | G   | H   |
| 1層 | 150  | 100 | 100 | 100 | 50  | 100 | 100 | 100 |
| 2層 | 100  | 150 | 100 | 100 | 100 | 50  | 100 | 100 |
| 3層 | 100  | 100 | 150 | 100 | 100 | 100 | 50  | 100 |
| 4層 | 100  | 100 | 100 | 150 | 100 | 100 | 100 | 50  |

※数字は表1の  $V_s$ 、 $V_p$  を 100 とした割合 (%)



(a) モデル A~D (b) モデル E~H

図8  $H/V$  スペクトルと伝達関数との関係性



(a) モデル A~D (b) モデル E~H

図9 位相速度と伝達関数との関係性

### 5. 結論

解析モデルを使用し  $H/V$  スペクトル、位相速度から伝達関数の推定について検討した。解析結果から  $H/V$  スペクトルと伝達関数に関係性がみられた。これより常時微動観測で観測された表面波から伝達関数を推定できる可能性を示すことができた。