

グラベルパイルを用いた宅地地盤の液状化対策における地盤改良効果の検討

液状化 グラベルパイル スウェーデン式サウンディング試験

長岡技術科学大学 学生会員 ○白井佑季
長岡技術科学大学 学生会員 金子 大
長岡技術科学大学 国際会員 大塚 悟
(株)グランテック 折戸清治

1. はじめに

2011年3月11日に東北から関東地方にわたり甚大な被害をもたらした東日本大震災では、内陸部や沿岸部において、液状化による宅地地盤での液状化被害が多数発生した。マンションやビル等は、杭基礎等により建物本体の被害はほとんどないのに対し、戸建住宅は埋立地等を中心に液状化被害が多発した。そのため、液状化対策が今まで十分施されてこなかった小規模な土地が対象となる戸建住宅においても、信頼性の高い液状化対策技術が求められている。

2. 研究背景

現在、宅地の地盤改良では、セメント系固化材を用いた表層改良や柱状改良が用いられるが、セメント系固化材と土を混ぜ合わせるにより、有害物質六価クロムが発生することや、固化不良の土質があることなど、施工品質の問題がある。(株)グランテックが開発したスクリー・プレス工法による液状化対策は自然材料を用いるために、地盤固化材を用いた地盤改良工法に対して環境面の負荷が少ない。また、宅地地盤のように転売が行われる土地の場合には固化材による地盤改良は転売時に多額の費用を要する撤去が求められる可能性があり、スクリー・プレス工法の有用性が期待される。スクリー・プレス工法によるグラベルパイルの打設は杭間地盤の密度増大と地盤の間隙水圧消散効果を生み出すものであるため、単一効果の工法よりは経済的で大きな効果を見込める。しかし、液状化層における健全なグラベルパイル打設技術の開発と品質を確保できる施工間隔、砕石粒度等の設計技術を整備するため、設計の指針を確立することが重要である。本研究では、スクリー・プレス工法の現場試験、並びに考察を実施した。

3. 現地試験の概要

富山県高岡市伏木万葉ふ頭にて、スクリー・プレス工法の液状化対策効果を検討するために、グラベルパイルを打設した地盤の強制振動試験を実施した。用いるスクリー・プレス工法のグラベルパイルは直径 0.4m、長さ 4m である。実験は、施工法の差異による砂質地盤の液状化対策効果の検討を目的に、起振機を中心に 4 つの条件のもと実施した。各エリアはグラベルパイル 4 本から構成され、エリア①は杭間距離 1.5m で砕石の投入のみ行い、締固めをせずに施工した。エリア②は杭間距離が 1.5m で、サンドコンパクションパイルと同様にグラベルパイルを締固めしながら打設した。エリア③は杭間距離 1.0m でエリア②と同様に施工した。エリア④は無改良地盤である。

間隙水圧計を各エリアのグラベルパイルの中央、深さ 2m、4m、6m の位置に設置し、加振時の間隙水圧を測定して、グラベルパイルの水圧消散の効果を検証した。また、施工による地盤の締固め効果の把握を目的として、施工前後の各エリアの地盤でスウェーデン式サウンディング(SWS)試験を行った。

4. 研究手法

スクリー・プレス工法の現場試験が行われた富山県高岡市万葉ふ頭より採取された試料について三軸圧縮試験を行い、実験により得られた結果より、土・水連成弾塑性有限要素解析コード「DBLEAVES」に対する現地地盤のパラメータを決定する。地盤モデルの解析により、密度増大効果の検討を行う。

5. グラベルパイルによる地盤の締固め効果

5.1 スウェーデン式サウンディング試験結果の考察

図-1 にスウェーデン式サウンディング試験(パイル間隔 1.0m)の測点位置を示す。パイルの施工位置からの異なる条件で測点を取り、比較・検討を行った。図-2 にパイル間隔を 1.0m の結果を示す。縦軸を貫入深さ(m)、横軸を換算 N 値における増加 N 値としてい

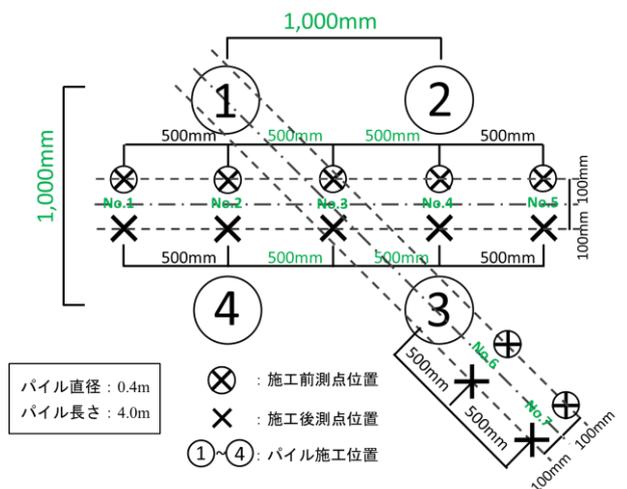


図-1 スウェーデン式サウンディング試験の配置

る。図-2 よりパイル施工後の地盤は貫入深さ 2.75m から増加し、4m の地点でピークを迎える傾向が見られる。パイル長以深では、5m の地点までパイル施工の影響が見られ、パイル長以深 5.25m まで締固め効果が期待できる。浅層地盤において、締固め効果はみられるが深層地盤ほどの N 値の増加は見られなかった。スクリー・プレス工法では掘削土に土砂を排出せずに施工し、パイルの土砂体積分相当の周辺地盤の締固めを行うほか、砕石を投入後に静的荷重で締固めるため、拡径による周辺地盤の締固めが生じる。浅層地盤では地表面方向への地盤の抜け上がりが生じるため、深層地盤と比べて締固め効果が小さくなる傾向がある。しかし、戸建住宅では基礎の施工時に締固め度の低い部分である地表面 0.5m 程を掘削して整地するため、地盤の締固め効果に関して影響は小さいと考えられる。

また、各測点における増加 N 値について、パイル施工位置からの距離とパイルの本数に着目し、比較・検討を行った。その結果、パイル施工状況によって N 値の増加傾向は異なることがわかった。

5.2 3次元拡径モデルにおける周辺地盤の締固めの再現

現地試験の結果を再現することを目的として、有限要素解析を用いて3次元解析を行った。図-3に解析モデルで用いる有限要素メッシュを示す。今回は単杭であるため、現地試験の図-1に示すパイル番号③との比較を行う。締固めの再現は、パイルを施工した際に側方に締固められた土砂の等価変位量分を杭径境界面から強制変位を与えることで行った。等価変位量は、拡径によるパイル側方地盤の締固め量から算出する。今回はパイル半径が 20cm であるため、パイル施工後の面積から等価変位量は 10cm とし、強制変位を 10cm 与えることとした。強制変位後の相対密度からマイヤーホフの式を用いて N 値を計算し、現地スウェーデン式サウンディング試験の換算 N 値における増加 N 値との比較を行い、密度増大効果の妥当性について検証を行った。図-4に現地試験結果と解析結果の増加 N 値を比較したものを示す。杭中心から 0.5m 地点と図-1に示す測点 No.6 の増加 N 値の比較では解析結果が現地試験結果をやや上回る結果となったがほぼ増加値が一致する結果となった。杭中心から 1.0m 地点と図-1に示す測点 No.7 の増加 N 値の比較においても増加 N 値がほぼ一致する結果となった。したがって、本解析より密度増大効果を妥当に評価することができたと考えられる。

6. まとめ

スクリー・プレス工法の現場試験において、パイルの施工前後のスウェーデン式サウンディング試験結果をもとに各深度における増分 N 値の変化について検討を行った。パイル長 4m に対して、貫入深さ 2.75m から N 値が増加し、4m の地点でピークに達し、パイル長の最も深い地点で改良効果が得られた。浅層地盤においては深層地盤ほどの N 値の増加は見られなかったが、住宅基礎の施工時に地表面 0.5m 程を掘削して整地するため、影響は小さいと考えられる。以上のことより、スクリー・プレス工法による地盤の締固め効果が明らかになった。

また、3次元モデルを用いて単杭における密度増大効果を評価することができた。今後は施工履歴を取り入れた評価手法の開発を行う必要が考えられる。

(参考文献)

- 金子 大, 西山洋輔, 大塚 悟, 磯部公一, 折戸清治: グラベルパイルによる宅地地盤改良の液状化抑制効果に関する数値解析的検討, 第 49 回地盤工学会研究発表会講演集(DVD-R), 2014-7.
- 竹内 秀克, 河村 精一, 野田 利弘, 浅岡 顕: ゆるい砂地盤における砂圧入締固めによる周辺地盤への 3次元影響評価解析, 地盤工学ジャーナル Vol.8, No.2, 239-249

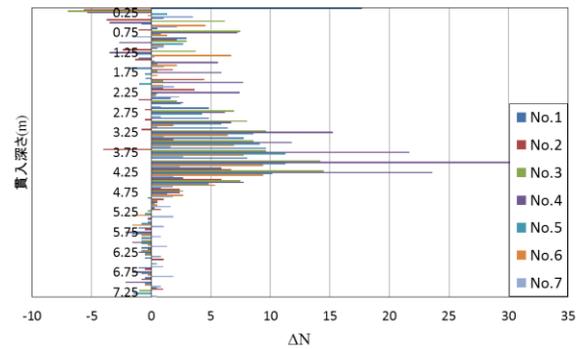


図-2 施工による地盤の増加 N 値
(パイル間隔 1.0m)

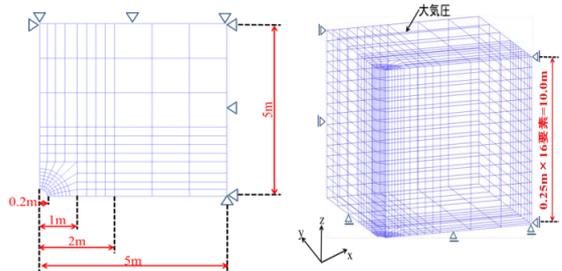


図-3 3次元 FEM 解析モデル

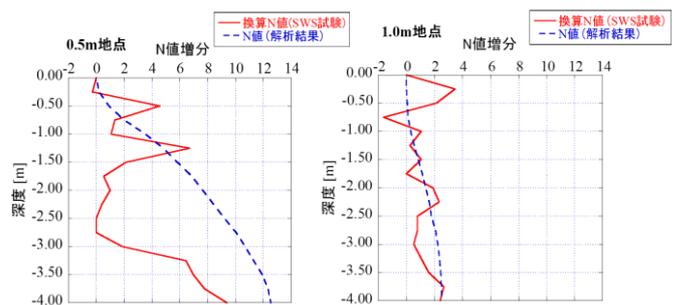


図-4 現地試験と解析結果の増加 N 値の比較