

攪乱した粘性土地盤に対する砂杭打設による改良効果

(その1) 過剰間隙水圧の挙動と地盤強度について

(株) 間組 正会員 沖 政和
 (株) 間組 正会員 村井 真人
 (株) 間組 正会員 ○仁井 直子
 (株) 不動テトラ 正会員 増田 圭吾

1. はじめに

近年、揮発性有機化合物によって汚染された地盤を浄化するため、鉄粉混合攪拌工法が採用されている。鉄粉と汚染された土壌の攪拌混合手法として、深層混合処理機を使用している。本工法は汚染土壌と鉄粉剤を土質に関わらず確実に攪拌混合できるため、浄化効果の信頼性が高い。一方、強制的に地盤を機械攪拌するため地盤強度が大きく低下する。本工事では機械攪拌後の地盤強度の回復を目的に、従来砂地盤の液状化対策として数多くの実績がある静的締固め砂杭工法を適用した。本報では粘性土地盤に対する砂杭打設に伴う過剰間隙水圧の挙動を計測し、地盤強度の回復メカニズムについて検討した。

2. 地盤の概要

図-1に示す位置で標準貫入試験、オランダ式二重管コーン貫入試験により地盤強度を確認した。その結果を図-2、表-1に示す。浄化工事前の原地盤は、GL±0~3mが埋土層、GL-3~5mが細砂層、GL-5~7mが砂質シルト層、GL-7m以深がシルト層で構成されており、N値は2~3である。また地下水位はGL-2m付近に存在していた。鉄粉混合攪拌後のN値は全層で0であり、粘着力は3~25kN/m²であった。また、GL-4~6m付近に最も強度の小さい層が存在し、この付近ではN値は0、粘着力c=3kN/m²程度であった。

3. 地盤改良の概要

静的締固め砂杭工法の改良仕様として、砂杭打設間隔は2.0m(正方形配置)、改良長は土壌浄化深度(機械攪拌深度)にあわせてV-3エリアで6.0~12.0m、V-6エリアで7.0~12.0mとした。なお機械攪拌後の表層地盤は非常に軟弱であったため、施工機械のトラフィカビリティの確保を目的に厚さ1.5mのセメント系固化材による改良を実施した。

4. 間隙水圧の挙動

砂杭打設時の過剰間隙水圧の発生、およびその後の消散過程の把握を目的に、V-3、V-6エリアのGL-7m、-10m地点に間隙水圧計を設置した。図-3にGL-7m地点における間隙水圧の経時変化を示す。過剰間隙水圧は、杭打設開始後上昇し、打設完了後、経過日数とともに徐々に消散した。また過剰間隙水圧はV-3エリアで最大約47kPa生じ、砂

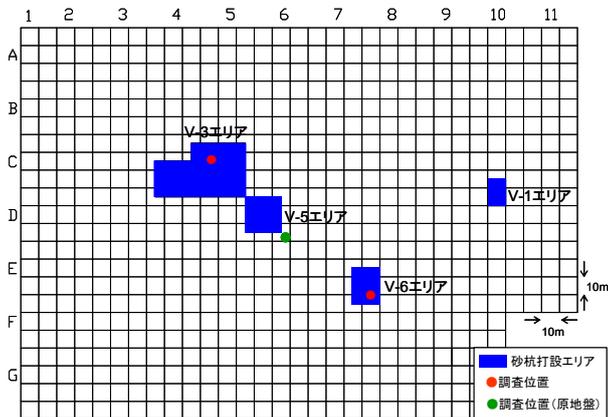


図-1 調査対象位置図

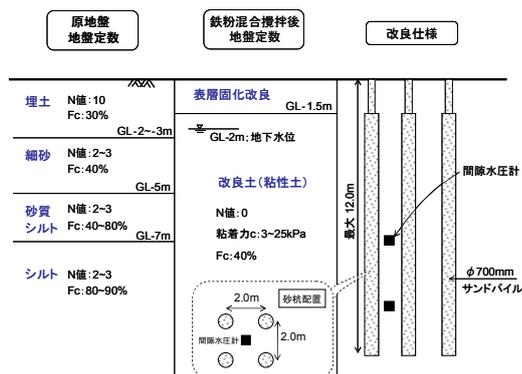


図-2 対象地盤の地盤定数と改良仕様

表-1 各エリアの地盤強度 (GL-7m)

| | 原地盤 | 機械攪拌後 | |
|------------|-----|-------|-----|
| | | V-3 | V-6 |
| N値 | 2~3 | 0 | 0 |
| 粘着力 c(kPa) | — | 9 | 22 |

表-2 各エリアの間隙水圧の状況

| | ΔU _{max} (kPa) | 水圧消散時間 |
|-----|-------------------------|--------|
| V-3 | 47 | 約45日 |
| V-6 | 54.5 | 約20日 |

キーワード 静的締固め砂杭工法 軟弱地盤 強度増加

連絡先 〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5 (株) 間組 関東土木支店土木部 TEL 03-3588-5915

杭打設完了後約 45 日経過後に 0 まで消散した。同様に V-6 エリアでは最大 54.5kPa 生じ、砂杭打設完了後約 20 日経過後に 0 まで消散した (表-2)。

5. 機械攪拌後の強度調査結果

V-3 エリア、V-6 エリアにおいて機械攪拌後 (砂杭打設前) に実施したオランダ式二重管コーン貫入試験の結果 (コーン貫入抵抗値 q_c から粘着力 c に換算) を図-4 に示す。V-3 エリアでは機械攪拌後の地盤強度は正規圧密強度ラインと一致しているが、V-6 エリアでは正規圧密強度に満たない未圧密地盤 (正規圧密強度の 40%程度) であった。このように機械攪拌後の地盤強度に差が生じた要因としては、スラリー鉄粉注入量の影響があるものと考えられる。

6. 砂杭打設後の地盤強度調査結果と計算値の比較

V-3 エリア、V-6 エリアにて砂杭打設前後に実施した地盤調査結果および砂杭打設後の過剰間隙水圧の発生量から推定される強度 (計算値) を図-6 に示す。ここで強度増加量 ΔC_2 は、計測した過剰間隙水圧の挙動から圧密度を算定し (図-5)、その結果を用いて以下の式 (1) により算定した¹⁾。

$$\Delta C_2 = \frac{4}{3} \cdot C_0 \log\left(\frac{R}{r_e}\right) \left(\frac{C}{P}\right) \cdot U_2 \quad \dots \text{式 (1)}$$

ここで

C_0 : 原地盤強度, R : 改良杭長, r_e : 改良杭中心からの有効半径

U_2 : 砂杭打設による圧密, C/P : 強度増加率 (=0.3)

[V-3 エリア] 砂杭打設による明らかな強度増加が確認された。またこの実測値は過剰間隙水圧の挙動から算定した計算値 (式 (1)) と概ね一致した。

[V-6 エリア] 地盤強度の調査結果より、砂杭打設による強度増加は確認されなかった。また、実測されたデータは (1) 式により算定された計算値を下回る結果となった。このように、砂杭打設による改良効果は機械攪拌後の地盤の状況 (正規圧密地盤、未圧密地盤) に依存するものと考えられる。

7. まとめ

静的砂杭締固め工法を粘性土地盤に適用する場合、その地盤が正規圧密強度である場合は、

- ・ 砂杭打設による強度増加が期待できる。
- ・ 地盤強度増加量は (1) 式を用いて評価することが可能である。

また、今後も同様の事例でのデータを集積し、(1) 式の妥当性について検討していきたいと考えている。

参考文献

1) 松尾他：建設発生土類を活用した軟弱地盤改良工法の開発；土木学会論文集 NO.567/VI-35,pp.237-248,1997.6

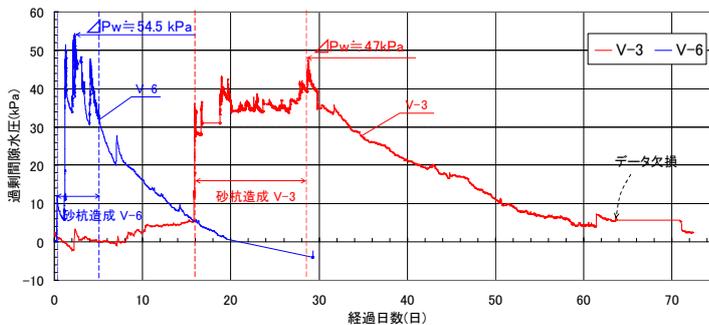


図-3 間隙水圧計測データ

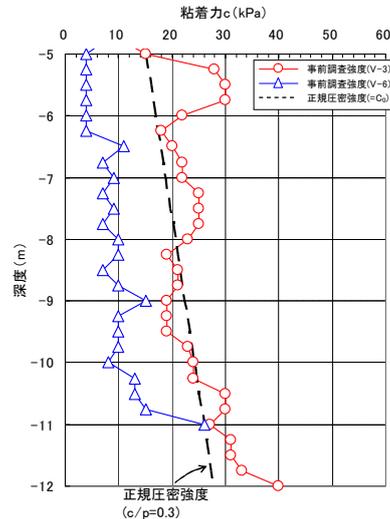


図-4 機械攪拌前の地盤強度

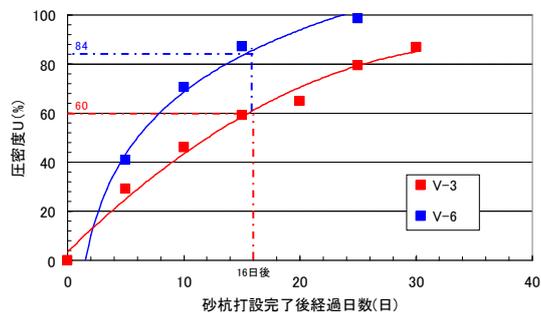


図-5 圧密度

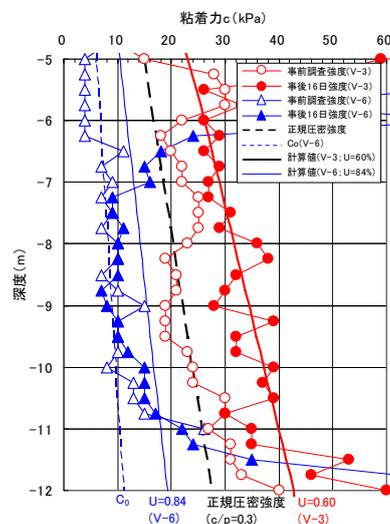


図-6 調査結果と計算値の比較