

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2) 未圧密地盤に対する地盤強度の回復過程

(株) 間組 正会員 沖 政和

(株) 間組 正会員 村井 貞人

(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

筆者らは、揮発性有機化合物によって汚染された地盤の土壌浄化工事にともない強度低下した地盤に対し、早期に強度の回復を図ることを目的に静的締固め砂杭工法の施工を行っている。

静的締固め砂杭工法を用いた地盤改良は、地盤中に強制的に砂を圧入することにより杭間地盤内の過剰間隙水圧を上昇させ、その後の水圧消散により地盤の圧密・強度増加を図るものである。(図-1 参照)

本工法は、①砂等の自然材料を用いるため、土の性質を化学的に変化させることなく強度の回復が可能であり環境に優しい。(セメントで地盤を化学的に固結させた場合、全く違う性質に変化した土が将来の跡地利用に支障物として残る。) ②上載荷重により圧密・強度増加を図る載荷重工法に比べ、大量の盛土材を必要としないため圧密後の土砂処分量が軽減できる。③早期に強度増加が期待できる。などの特徴がある。

前報(その1)では、砂杭打設エリアのうち V-3 および V-6 エリアを対象に、間隙水圧の挙動と強度増加に対する簡易推定式の検証を行っている¹⁾。その結果、浄化後の地盤が未圧密状態にあった V-6 エリアは、砂杭圧入の効果だけでは地盤強度がほとんど増加しなかった。本報では未圧密状態の地盤に対する静的締固め砂杭工法の改良効果について考察した。図-2 には浄化前と浄化後の土質調査結果を示す。

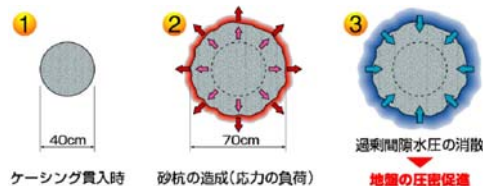
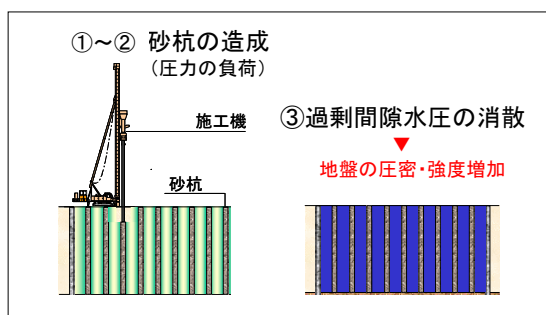


図-1 強度増加のメカニズム

2. 未圧密地盤に対する間隙水圧の挙動

図-3 には、未圧密地盤 V-6 エリアで計測した間隙水圧の経時変化を示す。過剰間隙水圧は、砂杭打設中に最大 54.5 kPa まで上昇し、放置期間中は徐々に低下した。砂杭打設から 16 日後に強度調査(2 回目)を実施した結果、過剰間隙水圧が 7 割程度まで消散していたが、地盤の強度は増加しなかった。そのため、これ以降の強度増加は期待できないと考え、砂杭の上部に載荷盛土($t=0.9\text{m}$)を行った。盛土載荷後の過剰間隙水圧は $\Delta p_w=12.7\text{ kPa}$ 増加した。盛土撤去後の間隙水圧は、改良前の初期値を下回り、浄化前の原地盤地下水位(GL-1.7m)まで低下した。盛土から 9

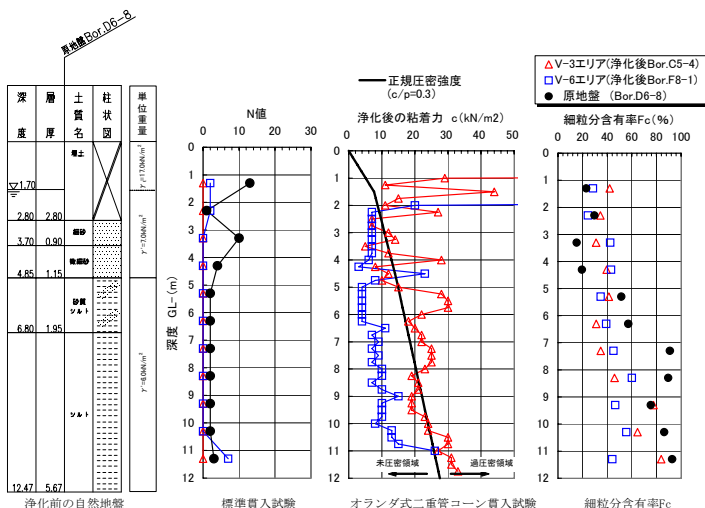


図-2 浄化前と浄化後の土質調査結果

日後の調査(3 回目)では、盛土荷重に対する圧密度が $U_1 \approx 70\%$ 、砂杭圧入に対する圧密度が $U_2 \approx 80\%$ を示した。

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

3. 盛土載荷後の調査結果

盛土前は強度が増加しなかった GL-5m 以深の粘性土を対象に、地盤強度の調査結果を図－4 に示す。

〔簡易推定式による評価〕盛土後の地盤強度を計算値と比較するため、盛土載荷による強度増加量を(Δc_1)と定義し下式により表した。

$$\Delta c_1 = \Delta p \cdot I_o \cdot \mu_c \cdot (c/p) \cdot U_1 \quad \cdots \text{式 (1)}$$

ここに、 Δp : 有効応力($=\gamma \cdot H$)、 γ : 単位体積重量($=16.5\text{kN/m}^3$)、 H : 盛土高($H=0.9\text{m}$)、 I_o : 鉛直応力の影響値($=1.0$)、 c/p : 強度増加率 ($=0.3$)、 μ_c : 応力低減係数 ($=1/\{1+(m-1) \cdot a_s\}=0.84$)、 m : 応力分担比 ($m=3$)、 a_s : 砂杭改良率 ($=9.6\%=0.096$)、 U_1 : 砂杭打設による圧密度($U=0.7$)

また、砂杭圧入による強度増加量 Δc_2 は、前報 (その 1) で評価した簡易推定式 $\Delta c_2 = 4/3 \cdot c_0 \cdot \ln(R/r_e) \cdot (c/p) \cdot U_2$ で表した。

未圧密地盤は、盛土荷重 Δp と共に対象土の自重 p_0 が作用して強度増加することから、改良後の強度 $c=c_0+\Delta c_1+\Delta c_2$ は表－1 に示す計算値で評価した。計算値は図－4 に併記した。

表－1 簡易推定式による強度計算値(GL-7m)

有効土被り圧 $P_0(\text{kPa})$	盛土による 応力 $\Delta p(\text{kPa})$	自重圧密強度 ($U=70\%$) $c_0(\text{kPa})$	盛土載荷の応力 ($U=70\%$)		砂杭圧入の応力 ($U=80\%$)		実測値 $c_0+\Delta c_1+\Delta c_2$ (kPa)
			増加強度 $\Delta c_1(\text{kPa})$	$c_0+\Delta c_1$ (kPa)	増加強度 $\Delta c_2(\text{kPa})$	$c_0+\Delta c_1+\Delta c_2$ (kPa)	
64.0	12.5	13.4	2.6	16.0	9.6	25.6	27.0

有効土被り圧: $P_0=17.0\text{ kN/m}^2 \times 1.7\text{m} + 7.0\text{ kN/m}^2 \times 3.3\text{m} + 6.0\text{ kN/m}^2 \times 2.0\text{m}$ 、盛土による応力: $\Delta p=16.5\text{ kN/m}^2 \times 0.9\text{m} \times 0.84$

表－1 において GL-7m の実測値と計算値を比較した結果、盛土載荷後の実測値 27.0kPa は、簡易推定式の計算値 25.6kPa を上回る結果が得られた。ただし、砂杭圧入時に発生した過剰間隙水圧が盛土載荷時に既に 8 割まで消散していたにもかかわらず、実測値が計算値を上回ったことは、今後も同種の事例においてデータ収集と検証が必要である。

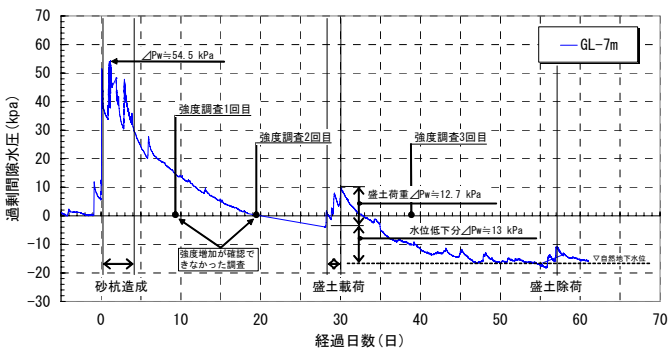
〔間隙水圧による評価〕盛土の載荷効果を評価するため、間隙水圧計で観測した水圧差を用いて強度増加量を推定した。表－2 には、盛土による水圧差 Δp_w に強度増加率 c/p と圧密度 U_1 を乗じて強度増加量 Δc_1 ($=\Delta p_w \times c/p \times U_1$) を算定した結果を示し、図－4 の強度分布図と比較した。その結果、間隙水圧から算定した地盤強度 14.4kPa は、自重圧密を考慮した計算値 16.0 kPa($c_0+\Delta c_1$)に概ね近い値を示した。盛土の荷重は非常に微小であるが、水圧消散にともなう水位低下の結果、正規圧密状態に回復する効果があることがわかった。

4. まとめ

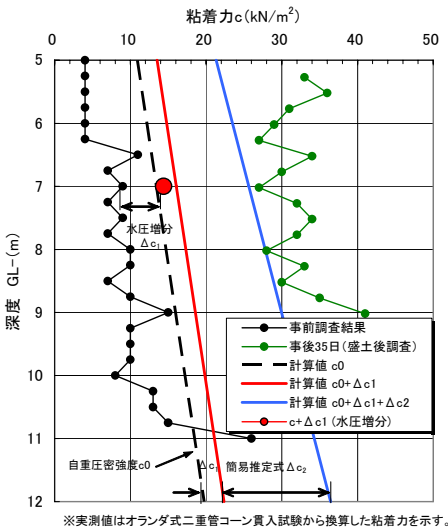
- 未圧密地盤に対する改良効果を調査した結果、以下のことが言える。
- ・未圧密地盤に対して、載荷盛土は正規圧密強度に回復させる効果があった。その結果、砂杭圧入による強度増加が期待できた。
 - ・未圧密地盤では、砂杭の圧入による強度増加の過程が間隙水圧の挙動に一致しなかった。しかし、自重圧密を考慮して簡易推定式により評価することで、概ね実測値に近い値が推定できた。
 - ・盛土時にサンドマットを整備し、地表面排水を改善したことが圧密・強度増加に寄与した。

参考文献

1) 沖,村井,仁井,増田: 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) 土木学会第 63 回年次学術講演会 (投稿中)



図－3 間隙水圧計の経時変化 (V-6 エリア)



図－4 盛土後の地盤強度と計算値

表－2 水圧増分から算定した強度 (GL-7m)

初期強度 の実測値 $C_0(\text{kPa})$	盛土による 水圧増分 $\Delta p_w(\text{kPa})$	水位低下に よる水圧増分 $\Delta p_{w2}(\text{kPa})$	水圧増分の 合計 $\Sigma \Delta p_w(\text{kPa})$	水圧増分の応力 ($U=70\%$)	
				増加強度 $\Delta c_1(\text{kPa})$	$c_0+\Delta c_1$ (kPa)
9.0	12.7	13.0	25.7	5.4	14.4