

繰り返し荷重下の PVD 改良粘土地盤の変形特性

佐賀大学 学生会員 武邊快生

〃 齋藤昭則

〃 正会員 柴 錦春

1. はじめに

プレローディング+プラスチックバーチカルドレン (PVD) 工法は経済的・効果的な軟弱な粘土地盤改良技術として幅広く利用されている。PVD 改良地盤上に道路等を建設された場合、動的な交通荷重を受け、変形を引き起こす。このような変形の特性、変形量の予測は道路等の維持管理に必要不可欠なものである。本研究は室内モデル試験により、繰り返し荷重下の PVD 改良地盤の変形特性を実験的に検討した。

2. 室内モデル試験

2.1 試料: モデル試験には攪乱有明粘土を用いた。粘土の初期含水比、液性・塑性限界などは表-1 に示す。粘土の初期含水比を 134% に調整して、一日養生後、試験に使った。ミニ PVD は幅 30 mm、厚さ 10 mm、長さ 780 mm の不織布によるものである。

表-1 粘土の物理・力学性質

初期含水比 (%)	134
液性限界 (%)	124.2
塑性限界 (%)	58.5
塑性指数 (%)	65.7
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.672
圧縮指数 C_c	0.674
圧密係数 C_h (cm^2/d)	13.7
透水係数 (m/s)	2.6E-10

2.2 試験装置: モデルの大きさは直径 485 mm、高さ 1000 mm である。まず図-1(b)の平面図に示す位置にミニ PVD 4 本をモデル中に設置して、用意した粘土を一層、一層丁寧に高さ 780 mm までモデル中に入れた。また、モデルの底面から高さ 200 mm、400 mm 及び 600 mm、半径 0 mm、57 mm 及び 114 mm の位置に間隙水圧計 7 個 ($P_2 \sim P_9$) を設置した。水圧はデータロガーとコンピュータシステムによって記録した。沈下量は

LVDT による計測をした。ピストンシステムがセットされ、圧縮空気により垂直応力をかけ試験を始めた。モデル試験のセットアップは図-1 に示す。

2.3 試験

まずモデル地盤の事前圧密を行った。使用した垂直圧密応力は 40 kPa とした。およそ 53 日経過した時点で、事前圧密はほぼ完了した。事前圧密モデル地盤の沈下量は 161.8 mm で出来上がったモデル地盤の厚さは 618.2 mm、間隔比 e は 2.62 となった。

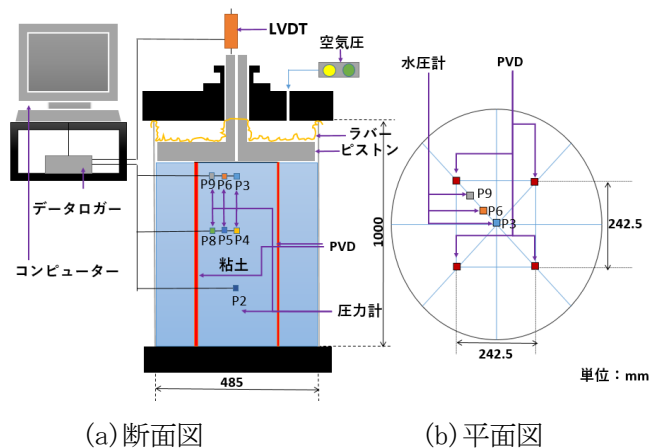


図-1 モデル試験装置

事前圧密後、40 kPa の圧力を維持して、その上に大きさ 10 kPa、周期 60 秒の繰り返し荷重を加えた。つまり、30 秒間垂直応力が 40 kPa から 50 kPa に増加、その後 30 秒間 50 kPa から 40 kPa まで減少する。繰り返し荷重による試験は 30 日間続けた。

3. 繰り返し荷重の試験結果

3.1 沈下量と間隙水圧の変化

図-2 と 3 に繰り返し荷重による水圧計 (P_2) とモデル地盤沈下量の一部の短期間の経時変化を示す。データの採取間隔は 10 秒なので、グラフにスムーズでないところがあるが、荷重の周期と同じで上下変化していることがわかる。

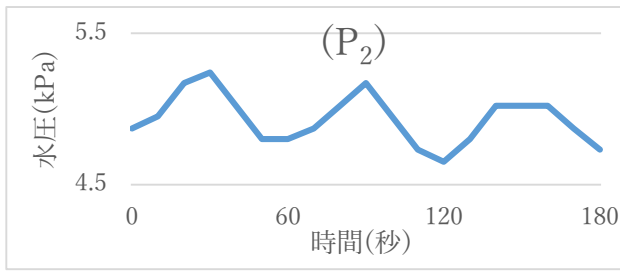


図-2 繰り返し荷重試験による水圧の変化

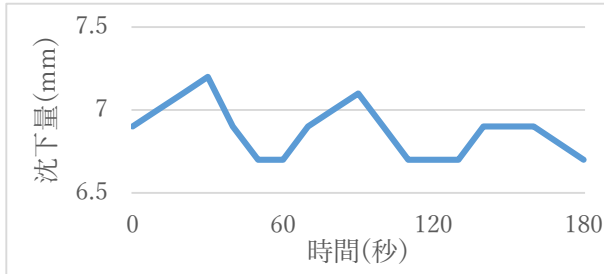


図-3 繰り返し荷重による沈下量の変化

3.2 長期沈下量と間隙水圧の変化

図-4 は水圧計 P_2 の長期測定値である。ばらつきがあるが経過時間約 25 日まで水圧が減少傾向であった。その後何故か増加したが原因は不明である。

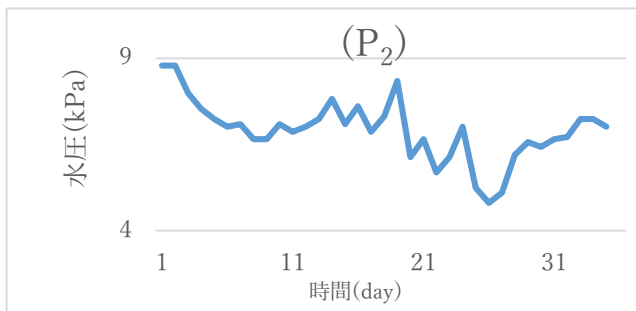


図-4 繰り返し荷重による水圧の長期変化

沈下量の変化量は図-5 に示す。時間経過に伴って、沈下量の増加率が減少した。沈下は繰り返し荷重による一次圧密沈下と全荷重による二次圧密沈下の和と考えられる。図-1 に示すモデルで一本のミニ PVD の改良域は直径 $D_e = 242.5 \text{ mm}$ の柱状体(モデルの 1/4)と考えると、繰り返し荷重の平均値を $\Delta P = 5 \text{ kPa}$ として、Hansbo(1981)¹⁾の静荷重による PVD の圧密理論で圧密沈下計算を行った。

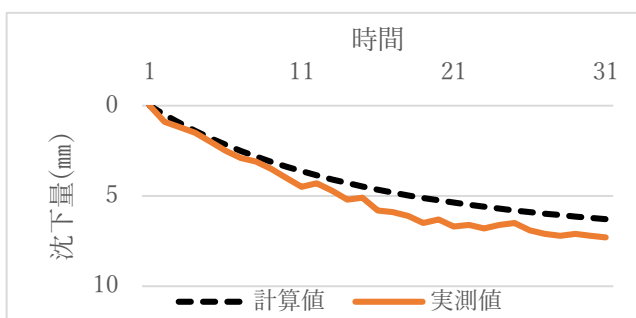


図-5 沈下量の計算値と実測値の比較

圧密度 (U_h)

$$U_h = 1 - \exp \left[\frac{-8T_h}{\mu} \right] , \quad T_h = \frac{c_h t}{D_e^2}$$

$$\mu = \ln \left(\frac{D_e}{d_s} \right) + \left(\frac{k_h}{k_s} \right) \ln \left(\frac{d_s}{d_w} \right) - \frac{3}{4} + \frac{2\pi \cdot l^2 \cdot k_h}{3q_w}$$

ここで C_h は圧密係数、 t は時間、 D_e 、 d_s 、 d_w はそれぞれ

れ PVD ユニットセル、スミアゾーンと PVD の直径、 k_h と k_s は地盤とスミアゾーンの水平方向の透水係数、 l は PVD の排水距離、 q_w は PVD の排水能力である。

一次圧密沈下量 S_1 は

$$S_1 = \frac{C_c}{1+e} \cdot H \log \left(1 + \frac{\Delta p \cdot U_h}{p_0} \right)$$

ここで $H = 618 \text{ mm}$ 、 $p_0 = 40 \text{ kPa}$ 、 $\Delta p = 5 \text{ kPa}$ 、 C_c 値は表-1 に示す。また $D_e = 424.5 \text{ mm}$ 、

$$d_s = 30 \text{ mm}、d_w = 15 \text{ mm}、\frac{k_h}{k_s} = 2、q_w =$$

$100 \text{ m}^3/\text{day}$ として沈下量を計算した。

また、二次圧密沈下量 S_2 は

$$S_2 = \frac{C_\alpha}{1+e} H \log \frac{t}{t_c}$$

二次圧密係数 $C_\alpha = 0.04 C_c$ 、 $t_c = 53 \text{ 日}$ (事前圧密期間)。

$S = S_1 + S_2$ は計算沈下量として図-5 にも示している。計算値は実測値より若干小さいが、傾向がほぼ一致している。

4. 結論

繰り返し荷重下での PVD 改良地盤変形特性をモデル試験結果により検討した。

- (1) モデル地盤中の水圧：繰り返し荷重の周期と同じ上下変化する。繰り返し回数の増加に伴って最大値が減少した。
- (2) 沈下量：測定した沈下量は繰り返し荷重の平均値による一次圧密沈下量と、全荷重による二次圧密沈下量の和にほぼ一致していることが分かった。

参考文献

- 1) Hansbo S (1981) Consolidation of fine-grained soils by prefabricated drains. Proc. 10th Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engrg., Stockholm 3: 677-682.
- 2) Terzaghi, K., Peck, R.B., Mesri, G., 1996. Soil Mechanics in Engineering Practice, third ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.