

## 超軟弱粘土地盤の改良における水平ドレーン材の効果に関する研究

福岡大学工学部 学生会員 安河内聡 宮田剛考  
 福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 山田正太郎 藤川拓朗  
 P D F 工法研究会 正会員 原田健二 野村忠明 中山幹夫

**1.はじめに** プラスチックボードドレーン材(以下PD材)を用いたバーチカルドレーン工法は、軟弱な粘土地盤の圧密促進に有効な工法として数多くの実績<sup>1)</sup>がある。一般にこの工法では、約1mの厚さのサンドマ

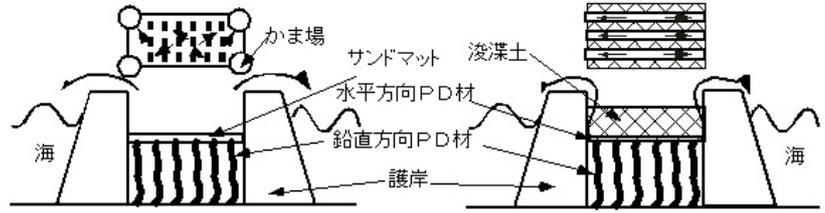


図-1a) サンドマット工法

図-1b) PDF工法

ットを敷設後にPD材を打設し、鉛直ドレーン材より排出される粘土内の間隙水を速やかに埋立地外に排出し、圧密を促進させる工法である。しかし、近年サンドマットとして使用する良質の砂の入手が困難になっている。そこで、本研究はサンドマットを用いず直接超軟弱粘土地盤上からPD材を打設するPDF工法(図-1参照)において鉛直方向のPD材からの排水材として水平方向にPD材を敷設することを考えた。本研究は、この工法を再現するために大型土槽を用いて、水平ドレーン材の機能評価を行った結果について報告する。

### 2.実験概要

#### 2-1 実験試料とドレーン材

博多湾より採取した博多粘土を海水により含水比約200%に調整したものを使用した。この博多粘土の物理特性は、液性限界 $w_L=108.9\%$ 、塑性限界 $w_p=35.1\%$ 、塑性指数 $I_p=73.8$ 、土粒子の密度 $\rho_s=2.519g/cm^3$ である。この粘土の粒度分布を図-2に示す。またこの粘土の標準圧密試験を行った結果は、 $c_v=53cm^2/day$ 、 $c_c=0.41$ で沖積粘土層の標準的な値<sup>2)</sup>を示した。ドレーン材は、鉛直方向と水平方向で異なる種類のものを用いた。また、写真-1に示すように、鉛直ドレーン材は厚さ0.39cm、幅5cmのものを用いた。水平ドレーン材は、写真-2に示すように、鉛直ドレーン材に比べ厚さが厚く管径の広い厚さ0.45cmのものを用いた。今回の実験でこの水平ドレーン材の幅の影響について調べるために、表-1に示すように3種類に変化させて行った。

#### 2-2 実験装置と概要

図-3に今回実験に用いた横断面図と側断面図を示す。土槽の大きさは、幅186cm、高さ100cm、奥行き40cmであり、載荷方式は、ペロフラムシリンダーにより荷重をかけている。載荷板には軟弱な粘土の流出を防ぐため、ゴムパッキンを取り付け工夫を施している。実験では土槽下部のドレーン固定器具に長さ約70cmの鉛直ドレーン材を20cm間隔に6本設置した。鉛直ドレーン材と水平ドレーン材は写真-3に示すようにホッチキスを用いて2ヶ所固定した。また、この時水平ドレーン材とのラップ長さは約8cmとした。水平ドレーン材の場合は、覆土として粘土を5cm敷設した。一方サンドマットの場合は、粘土上に不織布を置き、サンドマットを約5cmまき出した。載荷方法は、粘土の載荷板上への流出を起こさないように、ステップ載荷により行い、最大荷重 $\sigma_v=20kPa$ まで行った。

図-2 粒度加積曲線

粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
0.005	0
0.0075	0
0.01	10
0.015	20
0.02	30
0.025	40
0.03	50
0.035	60
0.04	70
0.045	75
0.05	80
0.055	85
0.06	88
0.065	90
0.07	92
0.075	93
0.08	94
0.085	95
0.09	96
0.095	97
0.1	98
0.15	99
0.2	100

写真-1 鉛直ドレーン材断面

写真-2 水平ドレーン材断面

#### 2-3 実験条件

実験は表-1に示すように鉛直ドレーン材からの排水条件を、サンドマット、水平ドレーン材の2つとし、水平ドレーン材については表-1の中の図に示すように、ドレーン材の有効排水断面の異なる3つのパターンについて行った。実験では、沈下量、排水量及び試験後の含

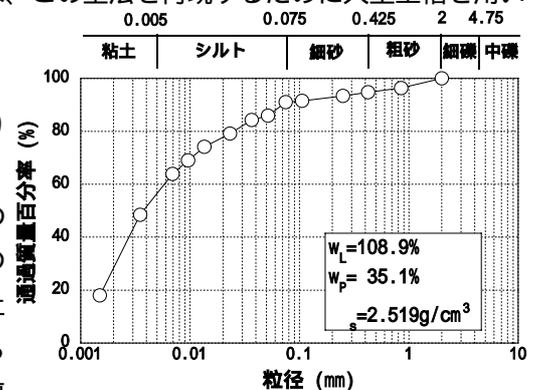


図-2 粒度加積曲線



写真-1 鉛直ドレーン材断面



写真-2 水平ドレーン材断面

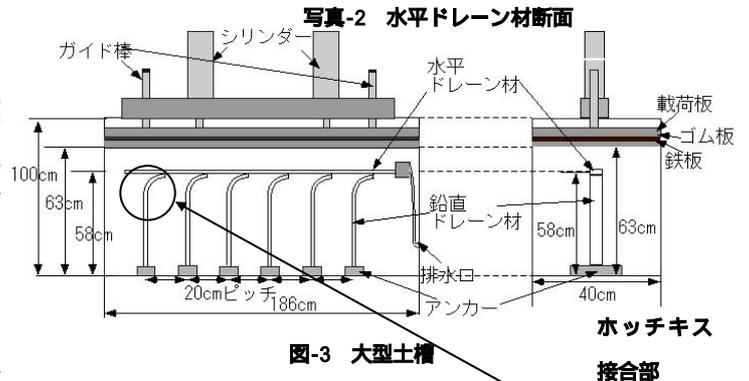


図-3 大型土槽

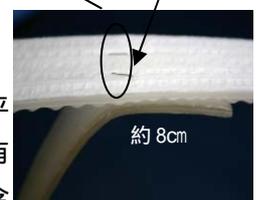
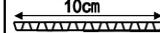


写真-3 ドレーン接合部

水比を計測している。実験では、排水量は排水パイプからと載荷板上の2ヶ所から排水された。

表-1 実験条件

水平排水材	有効管路数(本)	有効排水面積 (cm <sup>2</sup> )	有効流量 (cm <sup>3</sup> )
サンドマット			
	19	3.9	245.1
	9	1.9	116.1
	2	0.4	25.8

3. 実験結果及び考察

3-1 土槽実験結果 各実験の時間-沈下曲線を図-4 に示す。時間-沈下関係に差は見られなかった。次に、排水量の結果を図-5 に示す。結果より、ドレーン材の幅が変化することにより、排水量が異なっている事がわかる。ドレーン幅5、10cm では

載荷板上、ドレーン材いずれもほぼ等しい排水量を示しているが、B=2cm になると、ドレーン材からの排水量が小さくなり、載荷板上の排水量が増加している事がわかる。これは、水平ドレーン材の排水能力が低下した事を示している。次に、図-6 に圧密終了時における水平ドレーン材上部の含水比分布を示す。粘土層上部は排水口に向かって含水比が上昇している事が示された。しかしながら、ドレーン材幅 B の影響はほとんどみられなかった。次に図-7~10 に圧密終了時の土槽中央付近の含水比分布(のコンター図)を示す。サンドマット(図-7)と水平ドレーン材 B=5、10cm の結果を比較すると、水平ドレーン材を用いた方が含水比の低下がみられ、全層にわたって圧密が進行している事がわかる。一方、B=2cm の場合は土槽下部の含水比が高く、鉛直ドレーン材の効果が発揮されておらず、水平ドレーン材の排水能力の低下がはっきりと現れている事がわかる。そこで、この排水のメカニズムを管路に着目して評価を行った。図-11 に水平ドレーン材の管路の断面を示す。管路1つ当たりの断面積 A = 0.207cm<sup>2</sup> であり、幅の違いによってドレーン材の有効断面積は異なる(表-1)。一方、一般的にこのような管内を流れる流速 v は図-12 により評価している。そこで、この流速と有効断面積を用い各ドレーン材の有効流量を計算した結果を表-1 に一緒に示す。この結果、今回実験終了時までには生じた総排水量 0.22m<sup>3</sup> と時間の関係から考えると、排水に必要なドレーン材断面積は、水平ドレーン材の管1個分で十分に満足する値である。しかしながら今回の実験において、粘土中の水平ドレーン材は載荷圧力の影響を受け、ドレーン材不織布が変形を生じ、さらに幅の変化に伴って、鉛直ドレーンからの排水を水平ドレーン材が処理出来ない結果が示された。今後、この実験結果をもとに実際の現場における水平ドレーン材の評価を行っていく予定である。

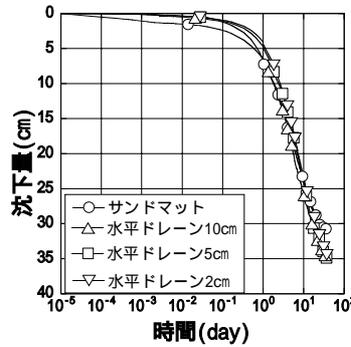


図-4 時間-沈下曲線

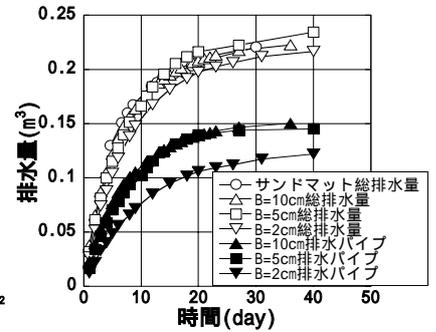


図-5 排水パイプからの排水量

図-6 に圧密終了時における水平ドレーン材上部の含水比分布を示す。粘土層上部は排水口に向かって含水比が上昇している事が示された。しかしながら、ドレーン材幅 B の影響はほとんどみられなかった。次に図-7~10 に圧密終了時の土槽中央付近の含水比分布(のコンター図)を示す。サンドマット(図-7)と水平ドレーン材 B=5、10cm の結果を比較すると、水平ドレーン材を用いた方が含水比の低下がみられ、全層にわたって圧密が進行している事がわかる。一方、B=2cm の場合は土槽下部の含水比が高く、鉛直ドレーン材の効果が発揮されておらず、水平ドレーン材の排水能力の低下がはっきりと現れている事がわかる。そこで、この排水のメカニズムを管路に着目して評価を行った。図-11 に水平ドレーン材の管路の断面を示す。管路1つ当たりの断面積 A = 0.207cm<sup>2</sup> であり、幅の違いによってドレーン材の有効断面積は異なる(表-1)。一方、一般的にこのような管内を流れる流速 v は図-12 により

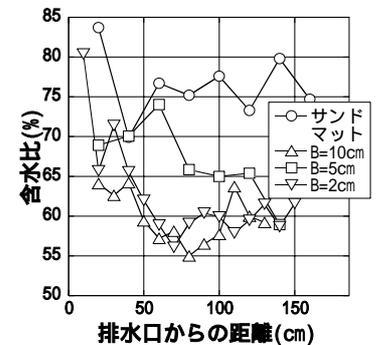


図-6 横方向の含水比分布 (%)

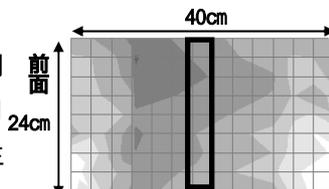


図-7 サンドマットの断面含水比

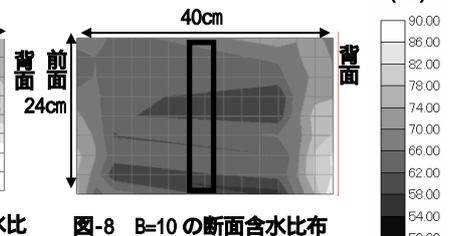


図-8 B=10の断面含水比分布

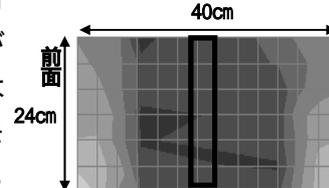


図-9 B=5の断面含水比分布

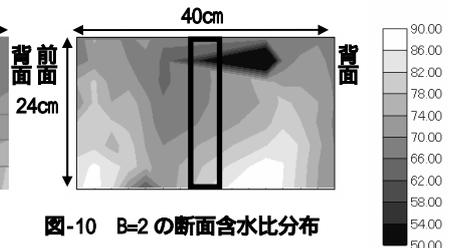


図-10 B=2の断面含水比分布

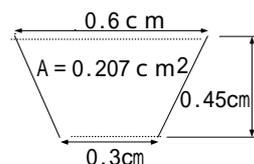


図-11 水平ドレーン材1管路断面

$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot h}{f \frac{l}{d}}} \quad (\text{m/s}) \quad (1)$$

d : 管路 (m)  
 g : 重力 (=9.8m/s<sup>2</sup>)  
 h : 水平ドレーン内水位(I・I) (m)  
 I は動水勾配 (0.1)  
 l : 水平ドレーン長 (m)  
 f : 粗度係数 (0.03)

図-12 管路の有効流量の計算過程

4. まとめ 1) 水平ドレーン材は十分にサンドマットの代替材として利用できることが示された。

2) 水平ドレーン材の排水能力に限界があることが示された。今後は実験で求めた結果から、解析的な研究を進める予定である。

『参考文献』1) 木山ら: 処分場におけるパーチカルドレーンによる浚渫粘土の減量化技術, 粘土地盤における最新の研究と実際に関するシンポジウム, pp.275 ~ pp.282, 2002, 5.

2) 地盤工学会: 土質試験基本と手引き, pp39, 103, 2001.