

PBD 工法の水平排水材として PBD 材を用いた設計方法に関するモデル実験

摂南大学大学院 学生会員 ○根木 沙織
 錦城護謨株式会社 正会員 山内 義文
 錦城護謨株式会社 正会員 野村 忠明
 摂南大学 正会員 伊藤 譲

1. 目的

軟弱地盤の改良工法には、プラスチックボードドレーン(以下、「PBD」)材という板状の排水材を鉛直に打設し、水平排水材に透水性の良いサンドマットを使用した PBD 工法がある。最近では水平排水材にも PBD 材を使用するケースが多くなってきたが、断面積の小ささ等から十分な排水能力があるのか懸念されている。本研究では、水平排水材に PBD 材を用いた設計方法を提案し、設計計算モデルから設計方法の妥当性を検討した。

2. 設計方法

図-1 は、4 本の鉛直ドレーンが上端部で水平ドレーンに接続され、水平ドレーン端部から排水されることを示している。中心部のドレーンから順番に 1, 2, 3, …, n とする。PBD 材内部にダルシーの法則が成立すると仮定し、一般的な連立方程式を式(1)のように立てることができる。

$$\begin{aligned} q_{2,1} &= q_{1,3} \\ q_{1,3} + q_{4,3} &= q_{3,5} \\ &\vdots \\ q_{2n-1,2n+1} + q_{2n-3,2n-1} &= q_{2n,2n+1} \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、 $q_{2,1}$: h_2 から h_1 に流れる流量とする。

しかし、この設計モデルでは、排水端から遠い位置にある鉛直ドレーンほど排水能力が衰える傾向にあるため、個々の鉛直ドレーンの排水能力が十分に保持されるかを検討する必要がある。そのため、ドレーン 1 本あたりの通水性能(必要通水量)¹⁾を示す式(2)と比較する。

$$q_A = 0.1 \times F_S \times S \times \frac{\pi}{4} \times \frac{c_h}{T_h} \quad (\text{cm}^3/\text{sec}) \quad (2)$$

ここに、 q_A : ドレーンの必要通水量(cm^3/sec)、0.1 : 圧密度 10%、 F_S : 安全率、 S : 沈下量(cm)、 T_h : 圧密度 10%時の時間係数、 c_h : 圧密係数(cm^2/day)とする。

つまり、式(3)の関係が成り立てば排水遅れがないものと判断される。

$$q_A < q_{2n,2n-1} \quad (3)$$

ここに、 $q_{2n,2n-1}$: 個々の鉛直ドレーン 1 本の排水可能量とする。

3. モデル実験

設計モデルの妥当性を確認するため、4 本の鉛直ドレーンを接続した実験を行った。表-1 の条件より、Barron²⁾の式から 60min で圧密度 90%に達するようにドレーンの有効円から打設間隔等を計算した。

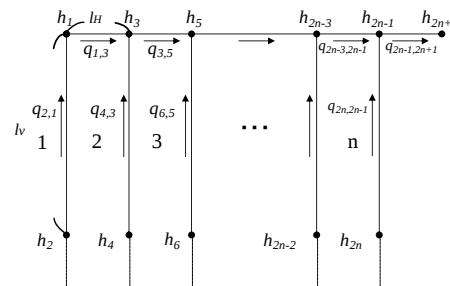


図-1 設計モデル図

表-1 鉛直・水平部材の条件

項目	鉛直部材	水平部材
材料	CB-M	硅砂4号
幅 b (cm)	3.70	-
厚さ t (cm)	0.30	-
チューブ内径(cm)	-	0.80
透水係数 k (cm/sec)	1.83	0.17
密度 ρ_s (g/cm ³)	-	2.65
長さ l (cm)	10	-
打設間隔 d (cm)	-	45
ドレーンの本数(本)	4	1
有効円の直径 d_e (cm)	10	
ドレーンの換算径 d_w (cm)	2.55	

表-2 供試体の条件

項目	条件
試料土	藤森06N
圧密係数 c_v (cm ² /day)	500
初期間隙比 e_0	1.52
間隙比 e	1.17
含水比 w (%)	57.6
供試体高さ h_0 (cm)	10
圧密荷重 P (kN/m ²)	100
最終沈下量 S_f (cm)	1.40
最終全排水量 q_f (cm ³)	438.5

キーワード 軟弱地盤改良工法 プラスチックボードドレーン 圧密

連絡先 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 摂南大学理工学部都市環境工学科 TEL 072-839-9701

鉛直ドレーンは、幅 $b=3.70\text{cm}$ 、厚さ $t=0.30\text{cm}$ 、長さ $l=10\text{cm}$ の CB-M を使用した。そして、水平排水材には、珪砂 4 号を使用した。

表-2 のように、試料土は藤森粘土($c_v \approx 500\text{cm}^2/\text{day}$)で初期含水比は液性限界の 1.2 倍以上に設定した。図-2 に示す実験装置は直径 10cm、高さ 20cm の 4 つの円筒を一本の水平排水材に接続し、右側から排水される装置となっている。水平排水材には、内径 0.80cm のテフロンチューブに珪砂 4 号を充填したものを使用した。鉛直ドレーンを上下アクリル板に固定して、排水が下方からのみ行われるようにした。そして、予圧密として 12 時間程度、圧密荷重 $p=100\text{kN/m}^2$ の 10% の荷重をかけ、翌日に載荷を行った。沈下量は自動測定器とノギス、排水量は電子天秤で測定した。24 時間計測したのち、水平排水材の透水係数を確認するために定水位透水試験を実施した。

図-3 に表-1, 2 の条件で設計計算モデルから予想される個々の排水能力を算出した結果を示す。図より、 q_A よりも上にプロットされた排水量には排水能力があり、下にプロットされた排水量には排水能力がないとする。つまり、今回の実験では排水端に一番近いドレーン 4 のみ十分な排水能力があり、その他のドレーンには圧密遅れが生じる結果が予想された。

4. 結果と考察

図-4 に各ドレーンの沈下量をプロットした。排水端に近いドレーン 4 の沈下量が小さいが、4 本のドレーンの沈下速度はほぼ同等であった。最終沈下量のばらつきの原因として、各供試体に入れる土の量が違ったこと、気泡が供試体に混入していた可能性や鉛直ドレーンの剛性により荷重が十分に伝わらなかったことが考えられる。

図-5 に最終沈下量を圧密度 100% として各ドレーンの圧密度を示した。図では 4 つのドレーンは予想よりも若干早く圧密していた。また、4 本のドレーンは圧密遅れすることなくほぼ同じ速度で圧密していることがわかる。この原因として水平排水材として用いた珪砂の充填が緩く透水係数が大きくなっていたと考えられたので、実験後の透水係数を測定したところ $k_{\text{measure}}=0.54\text{cm/sec}$ であった。

図-6 は、各ドレーンの沈下量から 1 秒毎の排水量を計算してプロットしたものである。水平排水材の透水係数として、当初予測値に加えて実測値での排水可能量とを比較した。図より、計算では排水遅れが予想された 1~2 のドレーンを含み 4 つのドレーンとも排水量がほぼ同じであった。今後は、実験結果より得られたデータについて数値解析を行い検証していく。

参考文献：1) 嘉門雅史，三浦哲彦：プラスチックボードドレーン工法 その理論と実際，プラスチックボードドレーン工法研究会[編]，2009。

2) Barron, R. A., : Consolidation of Fine Grained Soil by Drain Wells, Trans. ASCE., pp.113-718, 1948.

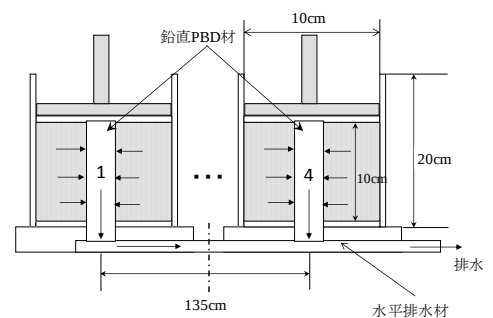


図-2 実験装置

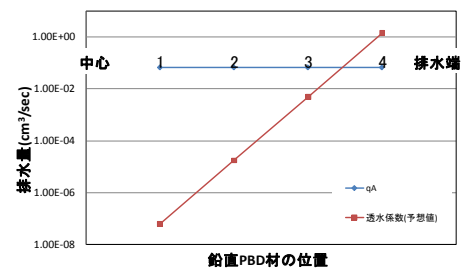


図-3 各ドレーンの予想排水量

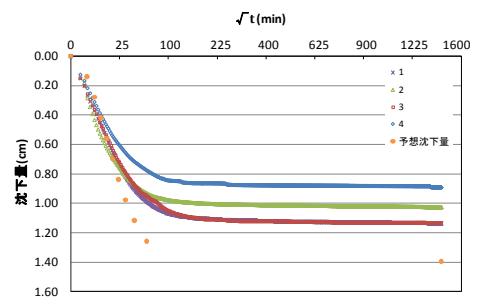


図-4 沈下量の経時変化

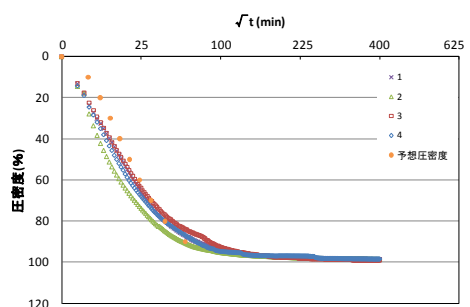


図-5 圧密度の変化

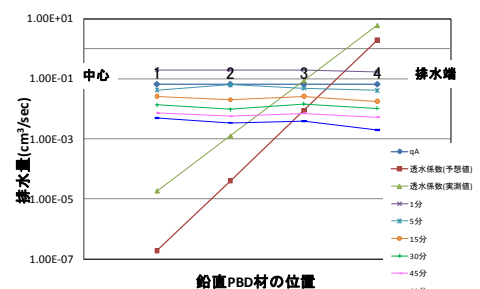


図-6 各ドレーンからの排水量