

VD 工法における水平排水材に PBD 材を代用した PBD 工法の設計方法

摂南大学大学院 学生会員 ○山下 修平, 錦城護謨 (株) 正会員 野村 忠明
 錦城護謨 (株) 正会員 山内 義文, 摂南大学 正会員 伊藤 謙

1. 研究目的

軟弱地盤改良工法であるプラスチックボードドレイン (以降, 「PBD」) 工法では, 最近, 水平排水材にも PBD 材を用いるケースがある. 著者らは, この PBD 工法において鉛直ドレイン 1 本分の通水性能¹⁾ (以降, 「必要通水量 q_A 」) と設計モデルから算出された各ドレインの排水可能量 (以降, 「排水可能量 $q_{2i,2i-1}$ 」) からドレインの通水性の評価を行う簡易設計モデルを提案している. 今回は, モデル実験との比較から設計方法の妥当性を検証する.

2. 設計モデル

図-1 に 1 本の水平ドレインに鉛直ドレインを接続した設計モデルを示す. 本設計モデルでは, 次の①~④に示す条件を仮定して計算を行う; ①排水は全て水平ドレイン PBD 材内部のみを通過する, ②PBD 材内部の水流に Darcy の法則が成立する, ③鉛直ドレインの過剰間隙水圧は, 圧密度に対応した平均水頭 h として考える, ④圧密度 U は鉛直ドレインの中心から水平ドレイン接続部までの平均圧密度であり, Barron 式に基づいて計算を行える.

条件②と③より水平・鉛直ドレイン内を流れる各部の通水量を算出でき, これらの関係を式(1)の連立方程式で表すことができる²⁾. 嘉門らにより提案された必要通水量 q_A を評価する方法を式(2)に示す¹⁾.

$$\begin{aligned} q_{2,1} &= q_{1,3} \\ &\vdots \end{aligned} \quad (1)$$

$$q_{2n-3,2n-1} + q_{2n,2n-1} = q_{2n-1,2n+1}$$

$$q_A = U \times F_s \times S \times \frac{\pi}{4} \times \frac{c_h}{T_h} \quad (2)$$

ここに, $q_{1,3} : h_1$ から h_3 に流れる流量, $q_{2,1} : h_2$ から h_1 に流れる流量, $q_{2n,2n-1} : n$ 本目の鉛直ドレインにおける排水可能量, U : 圧密度, F_s : 安全率, S : 沈下量(cm), T_h : 時間係数, c_h : 圧密係数(cm^2/day)とする.

圧密時間 t_j における圧密度 U_j 時の排水可能量 $q_{2i,2i-1}$ と必要通水量 q_A が式(3)の関係を満たせば, ドレイン内の排水が順調に行われているため Barron 式の圧密度が $U = U_j$ となり圧密遅れが生じない. そして, 次の圧密度 U_{j+1} の計算は時間刻み dt で実施する.

$$q_A \leq q_{2i,2i-1} \quad (3)$$

ここに, $q_A : U_j - U_{j-1}$ 間の必要通水量(cm^3/sec), $q_{2i,2i-1} : U_j - U_{j-1}$ 間の排水可能量(cm^3/sec)とする.

しかし, $q_{2i,2i-1}$ と q_A が式(3)を満たさない場合は, 排水可能量よりも実際の排水量が多く, ドレイン内に排水が滞るため, Barron 式の圧密度が $U = U_j$ とならず圧密遅れが生じる. そのため, 式(4)から実際の圧密度 U_j を計算する. そして, 式(5)から圧密度分の間隙水圧を減少させた次の過剰間隙水圧を計算し, 次の圧密度 U_{j+1} の計算を行う.

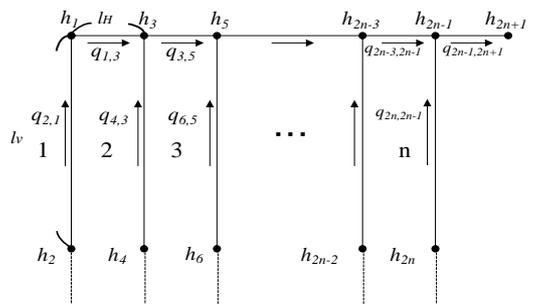


図-1 設計モデル図

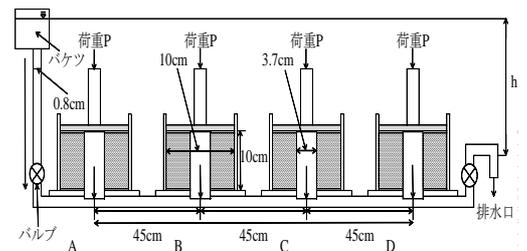


図-2 実験装置

表-1 計算条件

材料	鉛直部材	水平部材	
	CB-M	Case1 (珪砂7号)	Case2 (珪砂4号)
幅 b (cm)	3.7	0.16	0.16
厚さ t (cm)	0.3	3.14	3.14
透水係数 k_{PBD} (cm/sec)	1.83	4.03×10^{-3}	6.21×10^{-1}
密度 ρ_s (g/cm^3)	-	2.632	2.648
ドレイン長さ L (cm)	10	-	-
打設間隔 d (cm)	-	45	45
有効円の直径 d_e (cm)	10		
ドレインの換算径 d_w (cm)	2.546		

キーワード 軟弱地盤 プラスチックボードドレイン 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

$$U_j = U_{j-1} + dU \times \left(1 - \frac{q_{A(j)} - q_{V(j)}}{q_{A(j)}} \right) \quad (4) \quad h = h_0 - \Delta h \quad (5)$$

ここに、 dU ： U_j-U_{j-1} 間の刻み圧密度、 h ：次の計算に用いる過剰間隙水圧(kN/m²)、 h_0 ：初期の過剰間隙水圧(kN/m²)、 Δh ： U_j に対応した過剰間隙水圧の消散分(kN/m²)とする。

3. 結果と考察

(1) **モデル実験**：図-2のように、1本の水平ドレーンに4本の鉛直ドレーンを接続したモデル実験を行った。軟弱地盤の中心側をドレーンAとし、以降B、C、Dの順に水平ドレーン排水端に向かう。なお、今回は設計モデルの妥当性を検証することが目的であるため、水平排水材としては透水係数の異なる2種類の珪砂をそれぞれ使用した。

実験では、試料土の藤森 06N($c_h = 232\text{cm}^2/\text{day}$)に蒸留水を加え、 $w = 58.0\%$ になるように調整し練り混ぜを行ったものを、各ドレーン材をセットしたA~Dの円筒に流し込んだ。そして、 $p = 100\text{kN/m}^2$ を載荷し、沈下量の経時変化を測定した。

(2) **予測**：表-1に計算条件を、図-3, 4に設計方法で計算を行ったCase1, 2の圧密度の経時変化のグラフを示す。これより、Case1は排水端であるドレーンDのみ $U = 30\%$ 付近まで Barron 式から求められた遅れなしの線と重なり、圧密遅れが生じないと予測できる。Case2では、Case1よりも透水係数が高く、全体的に圧密の進行が速く、全てのドレーンにおいて遅れなしの線と重なり、圧密遅れが生じていない。

(3) **実験結果**：図5, 6にCase1, 2の実験における沈下量から求めた圧密度の経時変化を示す。全体的に、両実験において沈下傾向が予測と同じ傾向にある。例えば、最も圧密の進行が遅いドレーンAにおいて、 t_{50} 時点での実験の圧密時間が予測値のCase1では1.1倍、Case2では1.5倍となった。以上からモデル実験より本設計モデルの妥当性がおおよそ確認できたと言えよう。

4. まとめ

(1) 水平排水材にPBD材を代用したVD工法の設計方法として、式(2)から算出した必要通水量 q_A と式(1)から算出した排水可能量 $q_{2i,2i-1}$ の関係から各時間に応じた圧密遅れを検討する方法を提案している。

(2) 昨年までは、圧密度の刻みを一定にし、式(3)の判定から圧密遅れの検討を行ったが、 $U = 80\%$ 以上における計算ができなかった。しかし、今回のモデルでは、 $U = 100\%$ 近くまでの計算が可能となった。

(3) 実験結果は、設計モデルによる予測と同様の沈下傾向であり、今回の設計モデルの妥当性がおおよそ確認できた。

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], pp.21-28, 2009.,2) 山下修平, 根木沙織, 野村忠明, 山内義文, 伊藤讓：水平排水材にPBD材を代用した鉛直ドレーンの設計方法, 日本材料学会, 第10回地盤改良シンポジウム論文集, pp.391-394, 2012.

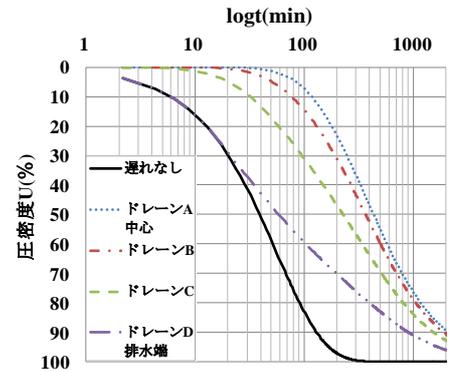


図-3 圧密度の経時変化予測 (Case1)

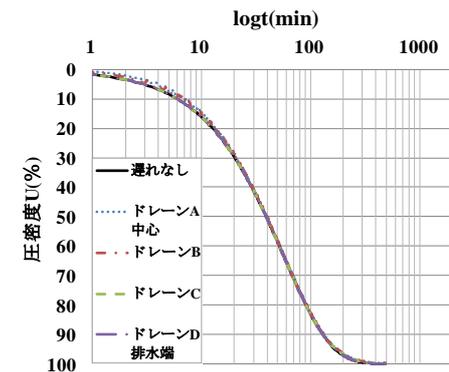


図-4 圧密度の経時変化予測 (Case2)

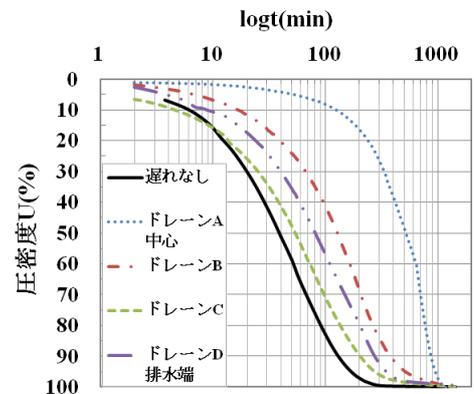


図-5 圧密度の経時変化 (Case1)

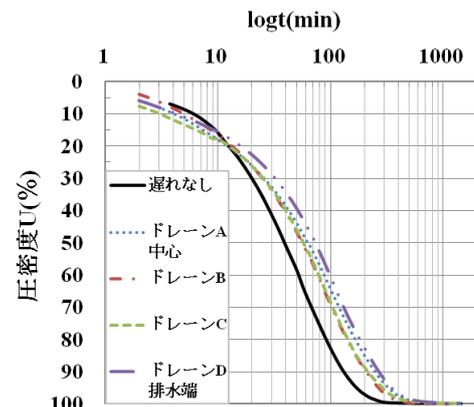


図-6 圧密度の経時変化 (Case2)