

水平排水材に PBD 材を代用した鉛直ドレーンの設計方法のモデル実験

撰南大学大学院 学生員 ○山下 修平, 正会員 伊藤 謙
 錦城護謨株式会社 正会員 野村 忠明, 正会員 山内 義文
 宇治市 正会員 根木 沙織

1. 目的

軟弱地盤の代表的な改良工法であるプラスチックボードドレーン(以下, 「PBD」)工法は, PBD 材という板状の排水材を鉛直に打設し, 最近では透水性の良い砂が入手困難のため水平にも PBD 材を用いるケースが増えている. しかし, 現段階では実用的な設計方法が確立されているとは言えない. そこで, 水平排水材に PBD 材を用いた PBD 工法の設計方法を提案し, 実験により妥当であるかを検証する.

2. 設計方法

図-1 にドレーンネットワークの模式図を示す. このネットワークにおける排水量の関係を式(1)に, 式(2)に Barron の理論より鉛直ドレーン 1 本あたりの排水量 q_A を求める式を示す. 図-2 に図-1 と式(1)で示されるモデルを確認するための実験装置を示す.

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

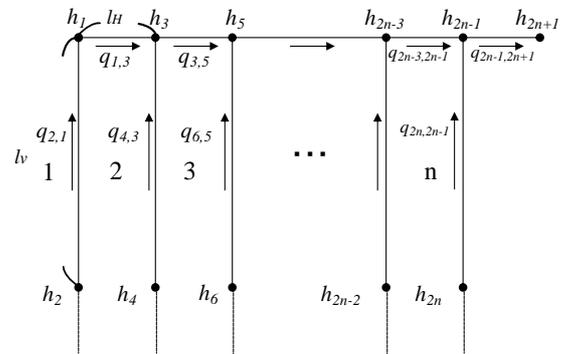


図-1 ドレーンネットワーク図

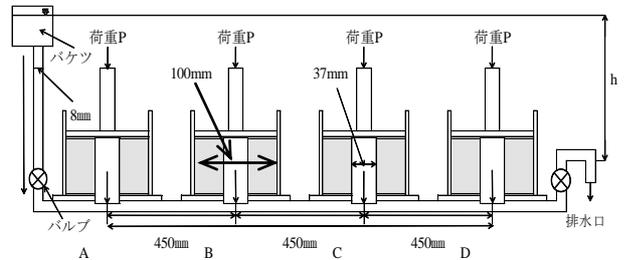


図-2 実験装置

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

ここに, $q_{2,1}$: h_2 から h_1 に流れる流量, 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.

個々の鉛直ドレーンの排水可能量 q_V と必要通水量 q_A の関係が $q_A < q_V$ であれば圧密遅れは生じない. 圧密度 U の変化に対応した q_A を計算し, $q_A < q_V$ である場合と $q_A > q_V$ である場合とに分け, 圧密度の再計算を行う. その具体的な方法として, 式(1)から $U = U_j$ 時の q_A と q_V を算出し, $q_A < q_V$ の関係式が成立するかを検討する. $q_A < q_V$ の場合, 圧密遅れが生じていないので次の計算は $U_{j+1} = U_j + dU$ となる. しかし, $q_A > q_V$ の場合, $U = U_j$ を満たしていないので式(3)から実際の圧密度を計算する. そして, 式(4)から実際の間隙水の低下を求め新たな間隙水圧を境界条件として, U_{j+1} 時の圧密計算を行う.

$$U_j = U_{j-1} + dU \times \left(1 - \frac{q_{Aold} - q_{Vold}}{q_{Aold}}\right) \tag{3}$$

$$\Delta h = \frac{U_j}{100} \times h_0 \tag{4}$$

ここに, q_{Aold} , q_{Vold} : U_{j-1} - U_j 間の必要通水量と可能排水量 (cm^3/sec), Δh : 減少する間隙水圧 (kN/m^2), h_0 : 最初の圧密荷重(過剰間隙水圧)とする.

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 (cm/sec)	1.83	4.03×10^{-3}	6.21×10^{-1}
密度 ρ_s (g/cm^3)	-	2.632	2.648
ドレーン長さ L (cm)	10	45	45
円筒の直径 d (cm)	-	10	10

キーワード 軟弱地盤 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 撰南大学理工学部都市環境工学科 TEL 072-839-9701

3. 予測とモデル実験結果

(1)実験概要：図-2 に示す装置で，設計モデルの妥当性を確認するため 1 本の水平排水材に 4 本の鉛直ドレーンを接続した実験を行った．軟弱地盤の中心をドレーン A とし，以降 B, C, D の順に排水端に向かう．表-1 に水平排水材の透水係数を Case1 では， $k = 4.03 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ ，Case2 では，その約 154 倍の $k = 6.21 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$ に変えた計算条件を示す．表-2 に実験に用いた藤森粘土の物性値を示す．

実験では，藤森 06N を $w = 58.0\%$ で調整し練り混ぜを行ったものを，各々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．なお，Barron の式から圧密遅れのない場合は $t_{90} = 130$ 分と予測されている．

(2)予測：図-3, 4 に圧密度の刻みを $dU = 5\%$ に設定した圧密度の変化を示す． $t = 70$ 分において Case1 では，全てのドレーンの圧密が全く進まない結果となった．透水係数が約 154 倍大きい Case2 では，Case1 よりも圧密が進行している．他のドレーンは，圧密遅れが生じるが，ドレーン D は圧密遅れが生じないと予測された．

(3)結果：図-5, 6 に実験による圧密度の経時変化を示す．図は，Barron 式から求めた圧密遅れのない場合と同じ位置にプロットされれば圧密遅れが生じないと判断される．

Case1 では，圧密初期ではドレーン C 以外は，全てにおいて圧密遅れが生じた．特に，排水端から最も遠いドレーン A は，他のドレーンより大幅に圧密遅れが生じた．Case2 では，全てのドレーンで圧密遅れが見られず，全体的にも Case1 よりも圧密が進行していた．この結果，モデル実験は， $t = 70$ 分における圧密度の予測よりも Case1 では，約 4~60 倍，Case2 では，約 1~1.5 倍安全側の設計になることがわかった．

なお，圧密進行の速さは D, C, B, A と予想されたが，Case1 では，C, D, B, A の順，Case2 では，C, A, D, B の順であった．この原因として，実験ではペースト状試料土から圧密するため，初期排水が不安定であることが挙げられる．

4. まとめ

(1)水平排水材に PBD 材を用いた鉛直ドレーンの設計方法として，必要通水量と式(1)から計算された排水可能量の関係から圧密度に応じた圧密遅れを検討する方法が提案された．

(2)実験結果は，設計方法による予測と同様の傾向がみられた．しかし，実験結果の方が約 1~60 倍圧密の進行が速かった．

(3)この設計方法では，現段階において， $U = 100\%$ までの圧密時間を算出できない．今後は， $U = 100\%$ までの計算が可能となるようプログラムの改良を行い，設計方法を完成させる予定である．

謝辞：本研究は，小野田ケミコ株式会社の加登脇翔二氏にご協力を頂きました．ここに記して感謝の意を表します．

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．

表-2 試料土(藤森 06N)の物性値

密度 ρ_s (g/cm ³)	2.642	
液性限界 LL (%)	48.2	
塑性限界 PL (%)	28.8	
粒度分布	砂分 (%)	23.7
	シルト分 (%)	55.2
	粘土分 (%)	21.1
圧密係数 c_h (cm ² /day)	232	

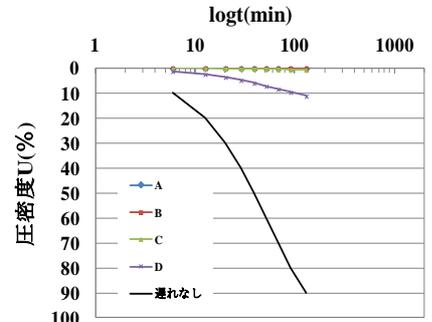


図-3 圧密度の経時変化の予測 (Case1)

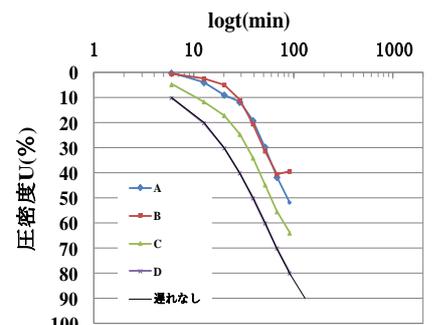


図-4 圧密度の経時変化の予測 (Case2)

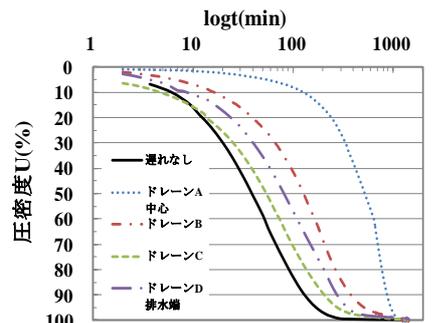


図-5 圧密度の経時変化 (Case1)

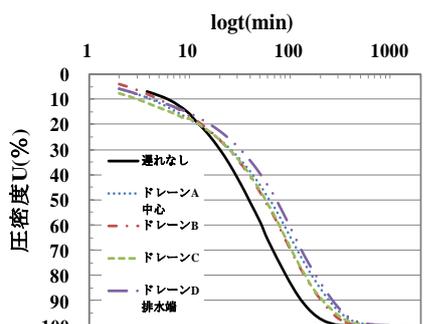


図-6 圧密度の経時変化 (Case2)