

摂南大学 学生員 ○山下 修平, 正会員 伊藤 謙
 錦城護謨(株) 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. 研究目的

バーチカルドレーン工法(以降、「VD工法」)は軟弱地盤改良における代表的工法の一つである。近年VD工法の水平排水材として用いられるサンドマット材料が入手困難になり、プラスチックボードドレーン材(以降、「PBD材」)を代用するケースが増えている。これにより今まで問題とならなかった圧密遅れが懸念されている。

本研究では、既に提案されたPBD材を水平排水材としたVD工法の設計方法の妥当性を確認するために実施したモデル実験の結果を報告する。

2. モデルの説明

図-1に提案の設計モデルを4本の鉛直ドレーンに適用したケースを示す。図では、ドレーンAを軟弱地盤の中心、ドレーンDを排水端として等間隔配置された鉛直ドレーンを1本の水平ドレーンに接続したものを示す。

根木¹⁾らはPBD材にダルシー則が成立すると仮定し連立方程式を境界条件を与えて解く方法を考えた。このモデルでは鉛直ドレーンが排水端から遠いほど排水能力が低下するため、個々の鉛直ドレーン q_v の排水能力が保持されているか検討する必要がある。そこで、Barronの理論より式(1)に示す鉛直排水材1本あたりの必要通水量 q_A を求め q_v との比較を行う。

$$q_A = U \times F_s \times S \times \frac{\pi}{4} \times \frac{c_h}{T_h} \quad (1)$$

ここに、 U : 圧密度(%), F_s : 安全率 = 1.0, S : 沈下量(cm), c_h : 圧密係数(cm^2/day), T_h : 圧密度 U の時間係数とする。

設計モデルから計算された通水量 q_v と q_A の関係が式(2)の関係になれば排水可能とし、つまり圧密遅れが生じないと判断される。

$$q_A \leq q_v \quad (2)$$

表-1に計算条件を、表-2に実験に用いた粘性土(藤森06N)の物性値を示す。Case1~Case3では、水平排水材の透水係数が各々異なる。

3. 予測結果

予測では、各ドレーンにおける圧密度 $U = 10\%$ までの排水量を平均し、単位時間あたりの排水量としたものを q_A 、個々の鉛直ドレーン1本の排水可能量を q_v とし、 q_A と q_v の関係から判断した。

図-2にCase1の排水予測を示す。全てのドレーンで $q_A > q_v$ となり、圧密遅れが生じると予測された。図-3にCase2の排水予測を示す。排水端であるドレーンDでは、 $q_A < q_v$ であるが、A、B、Cでは、 $q_A > q_v$ となり圧密遅れが生じると予測された。図-4にCase3の排水予測を示す。排水端側のドレーンC、Dでは、 $q_A < q_v$ であるが、A、Bでは、 $q_A > q_v$ となり圧密遅れが

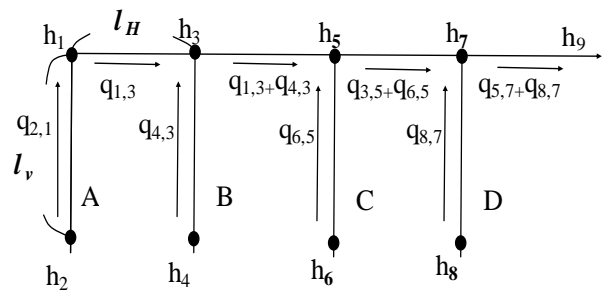


図-1 設計モデル

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5号)	Case3 (珪砂4号)
幅 b (cm)	3.7	0.16	0.16	0.16
厚さ t (cm)	0.3	3.14	3.14	3.14
透水係数 k (cm/sec)	1.83	4.03×10^{-3}	1.38×10^{-1}	6.21×10^{-1}
密度 ρ_s (g/cm^3)	-	2.632	2.652	2.648
ドレーン長さ L (cm)	10	45	45	45
円筒の直径 d (cm)	-	10	10	10

表-2 藤森06N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	

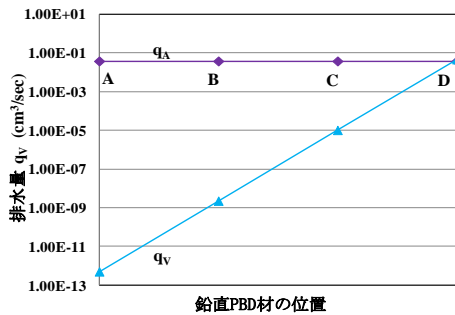


図-2 Case1 排水予測

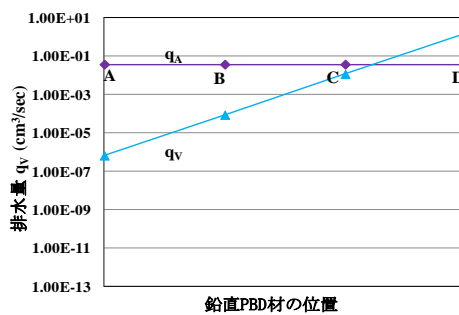


図-3 Case2 排水予測

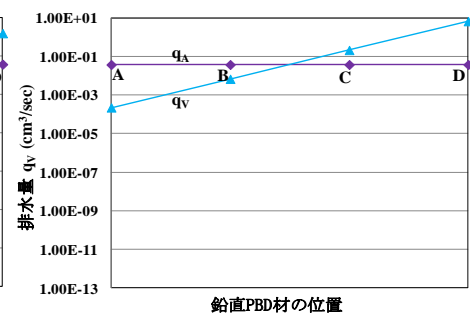


図-4 Case3 排水予測

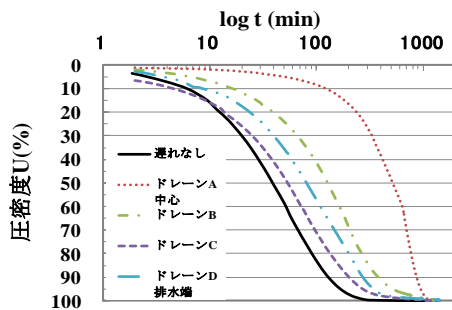


図-5 Case1 の圧密度の経時変化

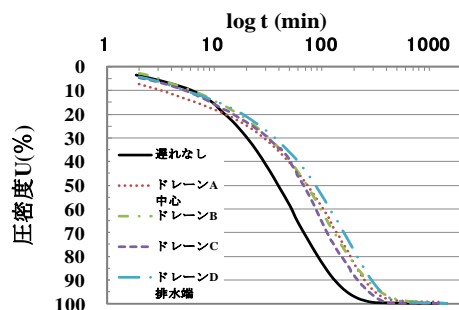


図-6 Case2 の圧密度の経時変化

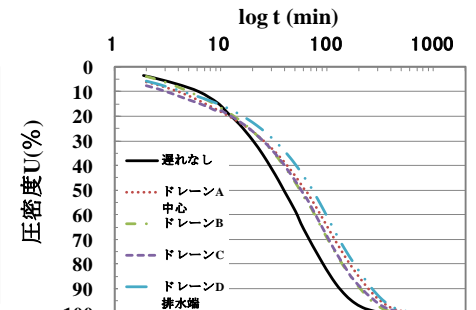


図-7 Case3 の圧密度の経時変化

生じると予測された。

4. モデル実験

実験では藤森 06N ($c_v = 232 \text{ cm}^2/\text{day}$) を $w = 58.0\%$ で調整し、練り混ぜを行ったものを 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。

図-5~7 に Case1~Case3 における圧密度の経時変化をそれぞれ示す。図は、Barron 式から求めた圧密遅れのない場合と比較して、この線より左側に実験結果がプロットされていれば圧密遅れが生じていないと判断される。図-5~7 から、水平排水材の透水性が高くなる程、圧密が速く進行していることがわかる。

Case1 の圧密度の経時変化は、 $t = 10$ 分までのドレーン C 以外は、全てのドレーンで圧密遅れが生じた。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 は、 $t = 10$ 分までは全てのドレーンにおいて圧密遅れが生じていないが、それ以降は圧密遅れが生じた。Case3 では、 $t = 15$ 分までは全てのドレーンにおいて圧密遅れが生じず、全体的に Case2 よりも圧密が進行していた。また、Case2, Case3 におけるドレーン D では、それぞれ $t_{50} =$ 約 90 分、 $t_{50} =$ 約 70 分となり、図-2~4 の排水予測と傾向は一致している。

図-2~4 に示す各ドレーンにおける q_v の排水量は、D, C, B, A の順で中心に近づくにつれて低下し、中心に近いほど排水能力が劣り、圧密の進行が遅れることが予測されていた。この結果と図-5~7 の圧密度 $U = 10\%$ に達する速さとを比較すると、Case1 では、C, D, B, A の順、Case2 では、A, D, C, B の順、Case3 では、C, A, D, B の順でそれぞれ達しており、全体的に傾向は似ているものの圧密の初期において、排水予測と異なる結果となった。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に、初期排水が不安定であることが挙げられる。

5. まとめ

- (1)提案された PBD 材を水平排水材とした VD 工法における設計方法の妥当性が、実験的にほぼ確認された。
- (2)水平排水材の透水性が大きくなるにつれ、圧密の進行が速くなることがわかった。また、排水予測で求めた圧密の関係よりも速く圧密していることから、本研究室のモデルは、安全側の設計であることが言える。
- (3)実験結果と排水予測は全体的に傾向がほぼ一致していた。しかし、各々のドレーンの沈下の順位は排水予測で求めた結果と異なった。今後は、モデルの工夫や実験方法の改良により問題を解決する必要がある。

謝辞：本研究は錦城護謨株式会社の方々にご協力頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献：1) 根木沙織, 野村忠明, 山内義文, 伊藤譲：第 9 回地盤改良シンポジウム論文集, pp.201-206, 2010.