

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

近年、水平排水材にプラスチックボードドレーン（以降、「PBD」）材を代用した PBD 工法が用いられている。本研究室では、この工法において、鉛直ドレーン 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ーンの排水可能量（以降、「排水可能量 $q_{2i,2i-1}$ 」）からドレーンの通水性の評価を行う簡易設計モデルが提案されており、その設計方法の妥当性を確認するために、PBD 材内の流速を測定する必要がある。

今回は、ドレーン材内の流速を測定するために、温度変化を利用した測定方法を試み、実測値と比較して、本測定方法の妥当性を検討したのでその結果を報告する。

2. 設計モデル

図-1 に水平・鉛直ドレーンを接続した設計モデル図を示す。本設計モデルは、PBD 材内部に Darcy 則が成立すると仮定し、式(1)の連立方程式と式(2)の必要通水量 q_A を評価する方法から各部の通水量を算出できるものである²⁾。

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

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

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

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 本目の鉛直ドレー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。

3. 流速測定実験

バーチカルドレーン工法の PBD 材の通水性を評価する方法として、温度センサーとヒーターを PBD 材の不織布の表面に直接取り付け、感熱の時間差とセンサー間の距離から流速を求める方法が提案されていた³⁾。しかし、現場測定のため実際に示した流速が正確であることは確認できない。

そこで、今回の実験では、PBD 材にあらかじめ穴を開け、そこに温度センサーである熱電対を挿入することで直接流れる水の温度変化を測定することができるように工夫した。また、本実験では室内実験において、温度変化を利用した測定を行い、PBD 材端部の排水から求める実測値と比較することで測定方法が利用できるか検討を行った。

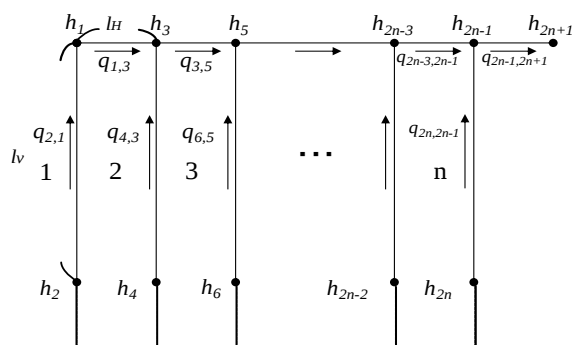


図-1 設計モデル図

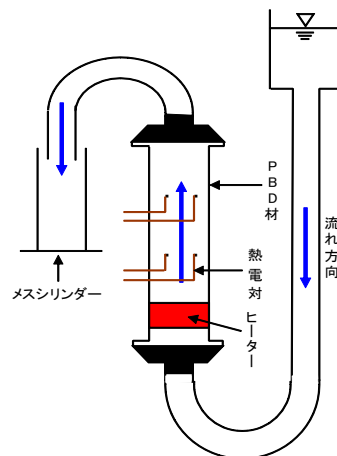


図-2 実験装置の全体図

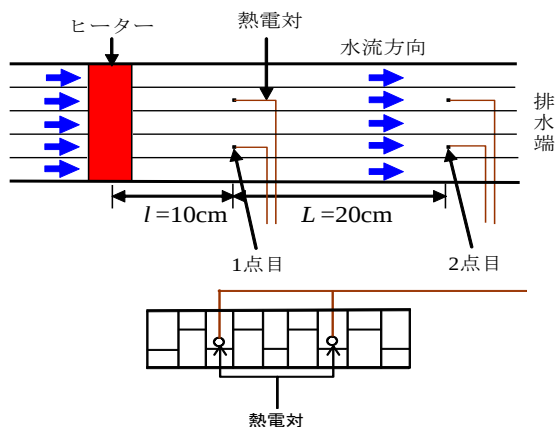


図-3 温度測定の詳細と PBD 材断面図

図-2 に実験装置の全体、図-3 に温度測定の詳細と今回使用した PBD 材の断面図をそれぞれ示す。図-3 の実験装置は、PBD 材 1 孔に $L = 20 \text{ cm}$ 間隔で穴を開け $\phi = 0.2 \text{ mm}$ の熱電対を挿入し、防水した。また、PBD 材の表面からの水漏れを防ぐために防水加工を行った。この PBD 材に $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ の板状のヒーターを 1 点目の熱電対から $l = 10 \text{ cm}$ の位置に設置した。2 点の熱電対の温度変化と 2 点間の距離から PBD 材内の流速を算出した。また、実際の単位時間当たり排水される流量との比較のために、PBD 材の端部から排水される水を一定時間計測し、PBD 材の断面積 $A = 0.90 \text{ cm}^2$ で除することにより流速の実測値を算出した。

4. 実験結果

図-4, 5 に実験結果を示す。なお、温度変化の測定は 1 秒間隔で行った。Case1 では、流速を安定させるため 60 秒間水を流した後、ヒーターの加熱を開始した。Case2 では前回の測定における温度を一定になるまで降下させた後に測定を行った。

図において、1 点目の温度上昇開始時間を t_1 、2 点目の温度上昇開始時間を t_2 としており、 $t_2 - t_1$ から 2 点間を流れる時間差 t を算出する。そして、2 点間の距離 L を算出した時間差 t で除することにより PBD 材 1 孔の流速 v を算出した。

表-1 に計算結果を示す。表から 2 点間を流れる時間差 t は、Case1, Case2 共に $t = 16 \text{ 秒}$ となり、温度変化から求めた流速 v は Case1, Case2 共に $v = 1.25 \text{ cm/sec}$ となった。次に、表-2 に流量から求めた実測値を示す。表より $t = 60 \text{ 秒}$ の時の流速 v は、Case1 が $v = 1.33 \text{ cm/sec}$ 、Case2 が $v = 1.30 \text{ cm/sec}$ となった。この結果、温度変化から求めた流速は流量から求めた実測値に対して、Case1 では 94%、Case2 では 96% となった。

以上のように、PBD 材内流速測定実験により、温度変化を利用した流速測定実験は十分に高精度であることが確認された。

5. まとめ

- (1) ドレーン材内の流速測定において、温度変化を利用した測定を行い、PBD 材端部の排水から求める実測値と比較して、本測定方法が妥当であるか検討した。
- (2) 温度変化から求めた流速は流量から求めた実測値に対して、94%~96% であることから、温度変化を利用した流速測定実験は十分に高精度であることが確認された。
- (3) 今後は、この方法で実際の現場において観測を行い、設計モデルとの比較を行う予定である。

謝辞：本研究は、摂南大学都市環境システム工学科の河端真孝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]，pp.21-28，2009.，2) 山下修平，根木沙織，野村忠明，山内義文，伊藤謙：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.，3) 木山正明，田中利光：プラスチックボードドレーン流速計による測定結果，第 27 回土質工学研究発表会，1992。

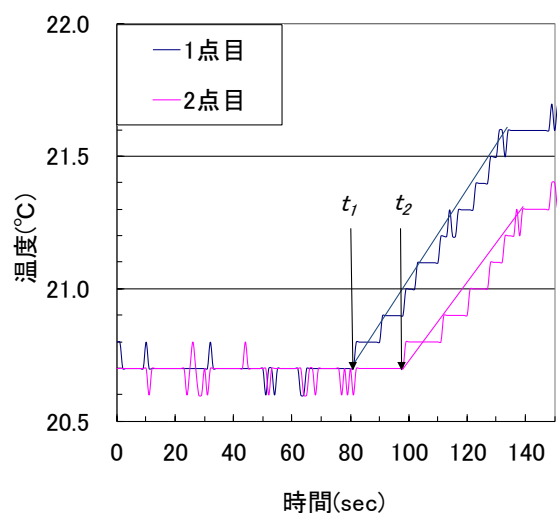


図-4 実験結果 (Case1)

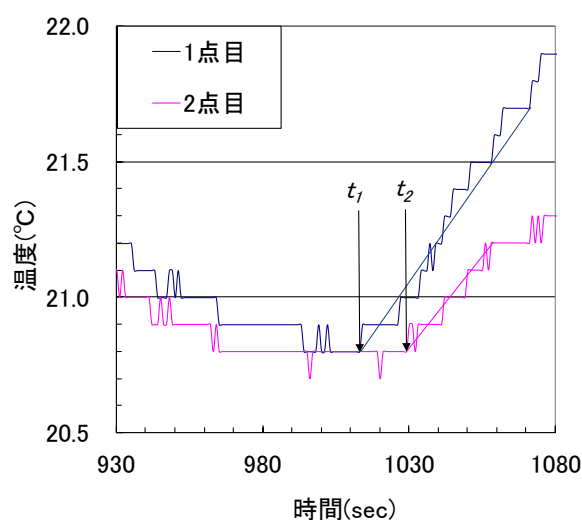


図-5 実験結果 (Case2)

表-1 温度変化から求めた流速

測定時間 t (sec)	1点目 t_1 (sec)	2点目 t_2 (sec)
Case1	81	97
Case2	1013	1029
測定時間 t (sec)	時間差 t (sec)	流速 v (cm/sec)
Case1	16	1.25
Case2	16	1.25

表-2 流量から求めた実測値

測定時間 t (sec)	時間 t (sec)	流量 q' (cm ³ /min)
Case1	60	72
Case2	60	70
測定時間 t (sec)	流量 q (cm ³ /sec)	流速 v (cm/sec)
Case1	1.20	1.33
Case2	1.17	1.30