

プラスチックボードドレーン材を用いた水平排水材の設計方法の提案

摂南大学	学生会員	○根木	沙織
錦城護謨	正会員	野村	忠明
錦城護謨	正会員	山内	義文
摂南大学	正会員	伊藤	譲

1.研究目的

プラスチックボードドレーン(以下、「PD」)による鉛直ドレーン工法において、最近では良質な砂の入手が困難なため、水平排水材として PD 材を用いるケースがある。しかし、排水材の設置について実用的な設計方法は、確立されていないため、過大または過少な配置を行っている可能性がある。本報告は、水平排水材に PD 材を用いた場合の実用的な設計方法を提案するものである。

2.研究内容

2.1 水平排水材の設計方針

現在、鉛直 PD 材 1 本分の排水量 q の算出には、嘉門¹⁾らによって確立された式(1)が使用されている。

$$q(\text{cm}^3/\text{sec}) = U \times F_s \times S \times \frac{\pi}{4} \times \frac{c_v}{T_h} \quad (1)$$

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

図-1 において、サンドマットを使用する場合は、水平排水を考慮する必要がなかった。しかし、水平排水材に PD 材を使用する場合には、図-1 の中央から鉛直 PD 材の排水は左右にわかれ、排水口まで各鉛直 PD 材の排水と合流を繰り返す。排水量の合計 q_a が水平 PD 材で排出可能な水量 q_b よりも少なければよい。つまり、次の関係が成立するように設計すればよい。

$$q_a < q_b \quad (2)$$

PD 材内の流量は、透水量の式 $q = v \cdot A$ にダルシーの法則 $v = k \cdot i$ と動水勾配 $i = h/l$ を代入して、鉛直ドレーンで q_v 、水平ドレーンで q_H とすると、次式になる。

$$q_v = k_1 \cdot \frac{\Delta h_v}{l_1} \cdot b_1 \cdot t_1, \quad q_H = k_2 \cdot \frac{\Delta h_H}{l_2} \cdot b_2 \cdot t_2 \quad (3)$$

式(3)を用いて、図-2 に示す鉛直 PD 材が n 本の場合を例として排水量を求める。 q_{21} の流量は、打設された PD 材の中央である。各々の PD 材の流量には以下の関係が成立する。

$$\begin{aligned} q_{13} &= q_{21} \\ q_{35} &= q_{13} + q_{43} \\ &\vdots \\ q_{(2n-1)(2n+1)} &= q_{(2n-3)(2n-1)} + q_{2n(2n-1)} \end{aligned} \quad (4)$$

ここに、 q_{13} : 点 1 から点 3 へと流れる流量, q_{21} : 点 2 から点 1 へと流れる流量とする。

鉛直 PD 材上部の圧力 $h(\text{kN/m}^2)$ は未知数である。また、鉛直 PD 材下部の水圧 $h(\text{kN/m}^2) = \text{盛土厚 } H(\text{m}) \times \text{土の単位体積重量 } \gamma_t(\text{kN/m}^3)$ として、PD 材の中央($l_1/2$)の位置とする。

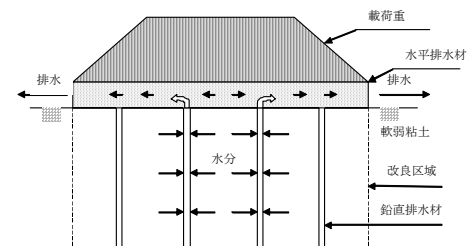


図-1 鉛直ドレーン工法の例

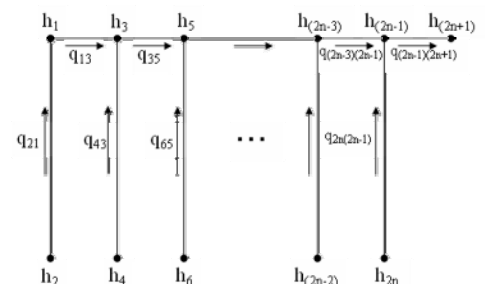


図-2 提案する設計方法の考え方

キーワード 鉛直ドレーン工法, プラスチックボードドレーン, 圧密, 設計方法, 三軸透水試験

連絡先 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 摂南大学 TEL 072-839-9701

式(4)に式(3)を代入して、整理すると以下ようになる。

$$\begin{cases} (x+y)h_1 - yh_3 = xh_2 \\ -yh_{(j-4)} + (x+2y)h_{(j-2)} - yh_{(j)} = xh_{(j-1)} \\ \vdots \\ -yh_{(l-4)} + (x+2y)h_{(l-2)} - yh_{(l)} = xh_{(l-1)} \\ \vdots \\ -yh_{\{(2n+1)-4\}} + (x+2y)h_{\{(2n+1)-2\}} - yh_{(2n+1)} = xh_{\{(2n+1)-1\}} \end{cases} \quad (5)$$

ここに、 $x = k_1 \cdot b_1 \cdot t_1 \cdot l_2$, $y = k_2 \cdot b_2 \cdot t_2 \cdot l_1$, $j=3, 5, \dots, l, \dots, (2n+1)$

連立方程式(5)を解き、未知数である鉛直 PD 材上部の圧力を求め、式(3)に代入して、水平 PD 材の排水量を算出する。

2.2 透水係数の仮定

PD 材には、CB-M, CB-5, CB-10 の 3 種類があり、各 PD 材の透水係数を三軸透水試験²⁾から求めた。

PD 材の長さ 20cm, 厚さ 0.3, 0.5, 1.0cm のものを使用した。動水勾配は、0.1 から 1.5 までの 10 段階を変化させ、拘束圧は 5, 100, 200kPa とした。通水量から透水係数を式(6)で算出し、図-3 のようにまとめた。

$$k = \frac{q}{A \times i} \times \eta_t \quad (6)$$

ここに、 k : 透水係数(cm/sec), q : 通水量(cc/sec), A : 断面積(cm^2), i : 動水勾配, η_t : 水温 15°C に対する補正係数とする。

図-3 より、動水勾配が 1.0 以上では、透水係数が減少するものの収束している。CB-M, CB-10 も同様であった。そこで、計算に用いた透水係数は、表-1 に示す $i=1.0$ の場合を採用した。

2.3 水平 PD 材の設計例

水平 PD 材の設計において、PD 材の枚数などを簡単に判断できる図表があると便利である。グラフの作成手順を以下に示す。

- 1) 鉛直 PD 材の長さ l_1 と水平 PD 材の幅 b_2 , 盛土厚 H の値から、式(3)より PD 材で排出可能な水量(以下、「許容排水量」)を算出する。
- 2) 式(1)より、沈下量 S と圧密係数 c_v の値から、鉛直 PD 材 1 本あたりの排水量を算出する。
- 3) 許容排水量を 2) の排水量で除すると、排水可能な鉛直 PD 材の最大本数が算出される。
- 4) 図-4(安全率 $F_5=2$)より x 軸に鉛直 PD 材の本数 n , y 軸に沈下量 S をとり、圧密係数 c_v ごとにプロットする。

このように多くの条件を組み合わせたグラフを作成することで、実際の現場条件である S と c_v の値の交差する点が、グラフ線よりも左側であれば排水可能、右側であれば排水不可能と判断することができる。

3.まとめ

水平排水材に PD 材を使用する場合の設計方法として、式(3)～(5)による方法を提案した。現場条件がわかれば、グラフにより、排水量を判断できる。

謝辞: 本報告について、摂南大学都市環境システム工学科の守本絵美子氏の協力を得ています。また、実験においては、錦城護謨株式会社の方々にご協力頂きました。ここに深く感謝の意を記します。

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 鹿島出版会, pp.1-79, 2009.
2) 嘉門雅史・諏訪靖二・プラダンテージ: プラスチックボードドレーンの通水機能評価試験法について, 第 4 回ジオテクスタイルシンポジウム, 国際ジオテクスタイル学会, pp.76-82, 1989.

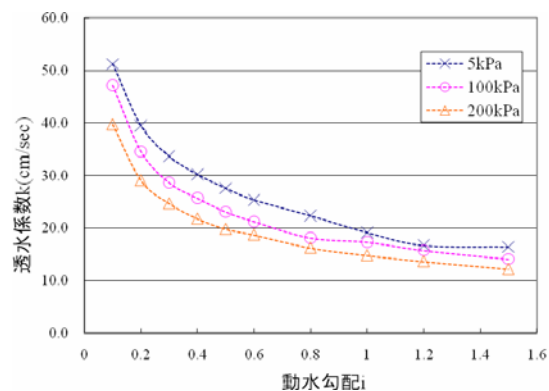


図-3 透水係数と動水勾配の関係(CB-5)

表-1 PD 材の透水係数

種類	透水係数 k (cm/sec)
CB-M	14.12
CB-5	14.81
CB-10	13.89

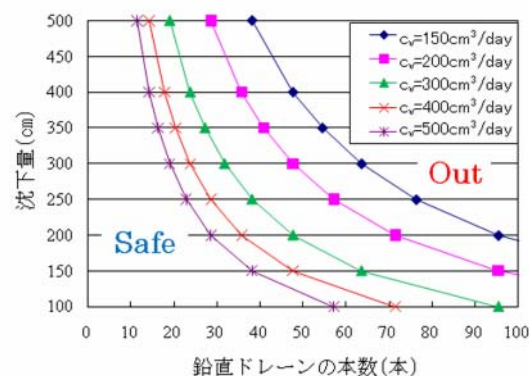


図-4 水平 PD 材の設計例(幅 10cm)