

Ⅲ-B255

ウェルレジスタンスと PBD の排水能

京都大学

嘉門雅史

大阪土質試験所

福田光治, 諏訪靖二

1.はじめに

バーチカルドレーン工法におけるプラスチックボードドレーン（以下 PBD と呼ぶ）利用の利点の一つは、事前に材料試験を行うことによってドレーン材の品質管理や製品開発に役立てることができるということが揚げられる。バーチカルドレーンにおいてはウェルレジスタンス（以下 W.R.と呼ぶ）が設計・施工上の課題とされ、とくに PBD の前身であるペーバードレーン（以下 PD と呼ぶ）については大きな問題であった¹⁾し、不織布のような均質型 PBD においても同様であった。しかし、最近用いられている複合型 PBD（通水溝を有する芯材と通水溝を保護するフィルターから構成）においては、品質管理と材料開発によって W.R.は無視できるようになってきている²⁾。本研究は PBD の高品質化という現状を積極的に設計に反映していくために、W.R.の評価方法の見直しと打設長などの設計条件に配慮した必要排水能の提案を行っている。

2.ウェルレジスタンス係数と打設条件

式(1)は吉国³⁾が提案した W.R.係数である。

$$L = \frac{32}{\pi^2} \cdot \frac{k_c}{k_w} \left(\frac{H}{d_w} \right)^2 \quad (1) \quad L \cdot d_e^2 = \frac{8}{\pi} \cdot \frac{k_c (H \cdot d_e)^2}{q_w} \quad (2) \quad q_{wp} = \frac{d_{cp}^2}{d_{cs}^2} \cdot q_{ws} \quad (3)$$

ここに L : W.R.係数, k_c : 粘土の透水係数, k_w : バーチカルドレーンの面内透水係数, H : 打設長, d_w : ドレーン直径である。この W.R.係数 L は圧密度の関係式に組み込まれ評価されるが、一般的な評価ができるように打設ピッチを含めたのが式(2)である。式(2)は式(1)に打設条件を表す有効等価直径 d_e の 2 乗を両辺に掛け、 $q_w = k_w \cdot \pi d_w^2 / 4$ として整理した式である。ここに q_w はドレーン材の動水勾配が 1 の時の排水能を示している。式(2)には改良受持ゾーン($H \cdot d_e$)と必要な排水能(q_w)の関係が含まれており、サンドドレーンや PBD 条件を統一して評価できる。

表-1 サンドドレーン条件に等価な PBD の排水能条件

	サンドドレーン	PBD
ドレーンの透水係数 k_w (cm/s)	$k_{ws}=1 \times 10^{-2}$	$k_{wp}=1 \times 10^0$
ドレーンの径 d_w (cm) 正方形配置	40	5
打設ピッチ d (m)	2.5	$d_{sp}=1$
有効等価直径 d_e (m)	2.825	1.13
排水能(動水勾配 1 とした q_w (cm ³ /s))	$q_{ws}=12.56$ $q_{wp}=2.00$ (式(3))	19.62

そこで従来、サンドドレーンに海砂が使用されている条件では W.R.による圧密遅れは大きな問題にならなかったことを踏まえて、この条件が PBD の打設条件ではどの程度の排水能になるかを求めたのが式(3)である。ここに添字 S はサンドドレーンを、 P は PBD を示す。式(3)は式(2)の左辺 $L \cdot d_e^2$ がサンドドレーンと PBD で同じになるという仮定で求めた。表-1 は代表的な値を式(3)に代入した計算例である。表-1 より W.R.を考慮しなくてもよい条件下にあるサンドドレーンの排水能に等価となる PBD の排水能として $q_{wp}=2.00\text{cm}^3/\text{s}$ が求められる。

3.バロンの式を利用した排水能の誘導

嘉門ら⁴⁾は圧密初期の急激な排水量を排水する能力によって PBD の必要排水能として式(4)を提案している。

$$Q_{req} = 0.25 \times 0.1 \times F_s \times H \times \pi \times c_h / (4 \cdot T_h) \quad (4)$$

プラスチックボードドレーン, サンドドレーン, ウェルレジスタンス, 排水能, 透水係数
大阪土質試験所(大阪市西区立売堀 4-3-2, tel: 06-6539-2971, fax: 06-6578-6254)

ここに Q_{req} は必要排水能, H はドレーン長, c_h は水平方向圧密係数, T_h は時間係数である。式(4)は圧縮率 0.25, 圧密度 0.1, 層厚 H を仮定して誘導されている。このため一般的な形で表現することを試みた。ある時間 (圧密度 U) までに排水される流量は式(5)で示される。

$$Q_{req} = \varepsilon_f \cdot H \cdot U \cdot \frac{\pi}{4} d_c^2 \quad (5) \quad \frac{dQ_{req}}{dt} = q_{re} = \frac{2\pi \cdot \varepsilon_f \cdot H \cdot c_h}{F(n)} \exp\left(-\frac{8}{F(n)} \cdot \frac{c_h t}{d_c^2}\right) \quad (6) \quad Q_{req} = F_s \cdot \frac{2\pi \cdot \varepsilon_f \cdot H \cdot c_h}{F(n)} \quad (7)$$

ここに ε_f は圧密度 U の時の圧縮ひずみである。この式を時間 t で微分し, Barron の式を代入すると式(6)が得られる。式(6)右辺の指数部分は $t=0$ の時 1 で, 時間とともに急激に減少する関数がある。このためドレーンの排水能を最大必要排水能という観点で求め, かつ安全率 F_s を含めると式(7)が求められる。つまりドレーンに要求される排水能の最大値は式(7)で求められ, この条件が満足されるならば W.R. を無視しても大きな影響はないと考えられる。従って式(7)は式(4)を一般化したものと考えることができる。

4. PBD の排水能を評価する基準

サンドドレーンの打設条件とそれに伴う排水能の関係を基準とすると, サンドドレーンの W.R. 特性と等価な値をもつ PBD の排水能として $2.00 \text{ cm}^3/\text{s}$ が得られた。図-1 は式(4)に基づいて嘉門らが提案している管理図である。粘土層厚 $H=25\text{m}$, 圧縮ひずみ $\varepsilon_f=0.25$, 圧密係数 $c_h=50 \text{ cm}^2/\text{d}$, PBD の換算径 5cm , 1m の正方形配置とすれば, $n=22.6$, $F(n)=2.374$ になる。この条件下の必要排水能は図-1 より $Q_{req}=1.44 \text{ cm}^3/\text{s}$ が得られる。また式(7)から安全率 $F_s=2$ とすると $Q_{req}=1.53 \text{ cm}^3/\text{s}$ が得られ, これらをまとめたのが表-2 である。表より本論文の条件下では PBD の排水能として $1.4 \sim 2.00 \text{ cm}^3/\text{s}$ 以上あれば圧密遅れにつながる大きな W.R. は生じないことを示している。

表-2 管理基準となる排水能

	必要排水能 $Q_{req}(\text{cm}^3/\text{s})$
(1) ウェルレジスタンスを考慮しないサンドドレーン	12.56
(2) (1)と等価な PBD の排水能	2.00
式(4)による PBD の排水能	1.44
式(7)による PBD の排水能	1.53

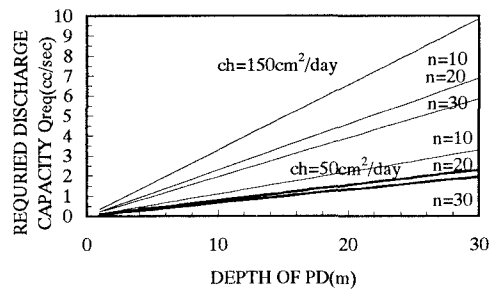


図-1 嘉門らの PBD の必要排水能

5. おわりに

本研究では海砂を用いたサンドドレーンの排水能を基準として, 想定打設長 25m 程度で W.R. の影響を無視しうる PBD の排水能基準及び簡易推定式を示した。最近供給されている PBD の排水能は基準排水能を越えた $10 \sim 50 \text{ cm}^3/\text{s}$ が得られ, W.R. の影響は小さいことがわかった。今後海砂の涸渇化に伴って種々の PBD の開発が行われることが予想される。この場合, 材料の品質管理の立場から, 適正な管理方法と実験方法との確立をめざすことが求められる。

参考文献) 1) 木山正明: 臨海埋立地盤の工学的評価と圧密による地盤改良に関する研究, 博士論文, pp.41-47, 1997. 2) 新舎博, 高野泰, 谷雄一, 崗義文: 水平ドレーン圧密工法による廃棄物軟弱地盤の改良, 25 回土質工学研究発表会, pp.1865-1868, 1980. 3) 吉国洋: パーチカルドレーン工法の設計と施工管理, 技報堂, pp.1-4, 1979. 4) MASASHI KAMON, TEJ B.S. PRADAN and SEIJI SUWA: Laboratory Evaluation of the Discharge Capacity of Prefabricated Band-Shaped Drains, ELSVIER APPLIED SCIENCE, Current Japanese Materials Research-Vol.9 「SOIL IMPROVEMENT」, pp.23-39, 1992.