水平排水材に PBD 材を使用した VD 設計法における実地盤への適応について

戸田建設（株）　正会員　○山下　修平，東洋建設（株）　正会員　佐藤　毅
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　譲

1．研究目的

軟弱地盤改良工法の代表的工法のひとつであるプラスチックボードドレーン（以降，「PBD」）工法は，鉛直ドレーン工法（以降，「VD 工法」）の一種であり，鉛直ドレーンとして PBD 材を打設するものである．最近ではサンドマットの代用としても水平排水材として PBD 材を使用するケースが増えてきている．これまでに水平排水材に PBD 材を使用した VD 工の設計法として，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_V」）からドレーンの通水性の評価を行う簡易設計方法が提案されている．今回は実際の PBD 施工現場における水温変化を利用したドレーン材内の流速測定について報告する．

2．設計方法

図-1 に盛土中心部から半分に着目した水平，鉛直ドレーンを接続した設計モデル図を示す．本設計法は，PBD 材内部に Darcy の法則が成立すると仮定し，式(1)の連続式から算出される各ドレーンの排水可能量 q_V と，式(2)の必要通水量 q_A から各ドレーンの通水性の評価を行うものである[2)]．

$$\begin{aligned} q_{2,1} &= q_{1,3} \\ &\vdots \\ q_{2n-3,2n-1} + q_{2n,2n-1} &= q_{2n-1,2n+1} \end{aligned} \qquad (1)$$

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

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(cm²/day)とする．

3．現場流速測定

本設計法の妥当性を検討するために，大阪市住之江区の阪神高速大和川線シールド工事発生土の再生活用埋立盛土工事において，PBD 材内の流速を測定した．図-2 に現場平面図，表-1 に現場計算条件を示す．現場は L ＝19.5 m の軟弱粘性土層上に埋立材を盛った地盤で，鉛直ドレーンと水平ドレーンを設置後にさらに H = 6.25 m の盛土が計画されている．

今回報告するのは測点 2 であり，鉛直と水平ドレーンでそれぞれヒーターと熱電対による測定ユニットを設置して流速が測定されている．

図-3 に測点 2 の現場拡大図を示す．測点 2-1 では暗渠から 8 本目の鉛直ドレーンに 2 箇所，接続した水平ドレーンに 2 箇所の測定ユニットを

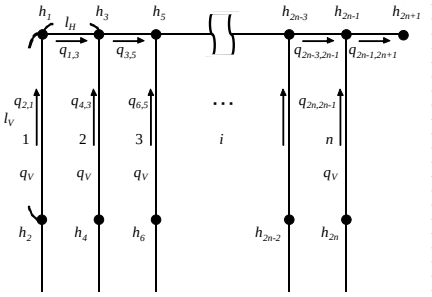

図-1 設計モデル図

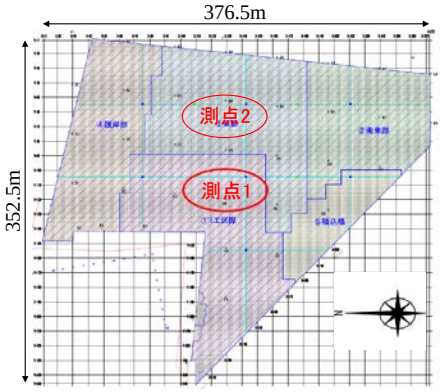

図-2 現場平面図

表-1 現場計算条件

項目	鉛直ドレーン	水平ドレーン
種類	CB-M	CB-5
幅 b (cm)	10	15
厚さ t (cm)	0.3	0.5
通水断面積 A (cm²)	2.43	6.00
長さ l (cm)	1980	-
打設間隔 d (cm)	-	150
有効円 d_e (cm)	169.2	-
ドレーン換算径 d_w (cm)	5	-
ドレーン打設本数(本)	26	1
透水係数 k (cm/sec)	14.12	14.81
軟弱地盤層厚 L (cm)	1950	
圧密係数 c_v (cm²/day)	80	
沈下量 S (cm)	70 ～280	
盛土期間(day)	391	
盛土高さ H (cm)	150 ～625	

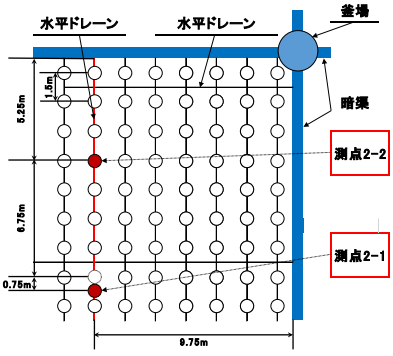

図-3 測点 2 現場拡大図

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　摂南大学理工学部都市環境工学科　TEL 072-839-9701

設置している．以降の測点 2-1 の鉛直ドレーンを測点 2-1 鉛直，水平ドレーンを測定 2-1 水平とする．測点 2-2 では暗渠から 4 本目の鉛直ドレーンに接続した水平ドレーンに 2 箇所測定ユニットを設置している．

流速測定は，**図-4** に示す測定原理に従う．つまり，ヒーターにより加熱された水流による 1 列目と 2 列目の熱電対の温度上昇開始時刻をそれぞれ t_1，t_2 とし，$t_2 - t_1$ から 2 点間を流れる時間差 t を算出し，2 点間の距離 l を時間差 t で除することで流速 v が算出される．

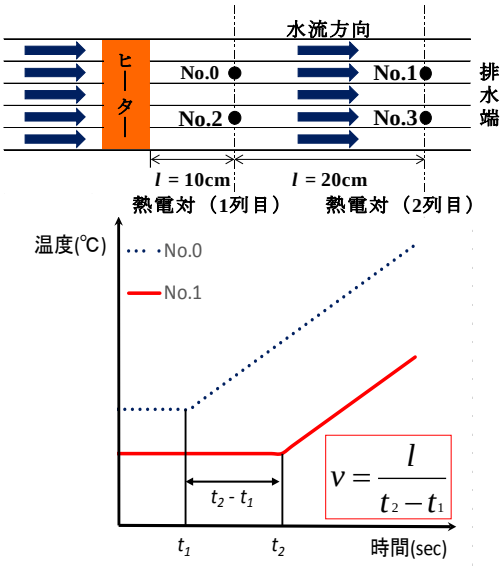

図-4 流速測定原理

4. 現場流速測定の結果と考察

表-1 に示す現場計算条件から本設計法による圧密沈下の予測を行った．まず，**図-5** に示すようにステップ状に盛土が造成されたと仮定した圧密沈下の予測から，沈下速度 dS/dt を求めドレーン有効円直径 de における断面積をかけることでドレーン 1 本分あたりの排水量が，さらにドレーン材の通水断面積 A で除することで流速が算出される．なお，盛土は H = 6.25 m まで段階的に施工する予定であり，この予測では H = 1.5 m, 3.0 m, 4.5 m, 6.25 cm の 4 段階で行うと仮定している．2014 年 1 月現在の盛土施工は H = 3.0 m まで完了しているとしている．

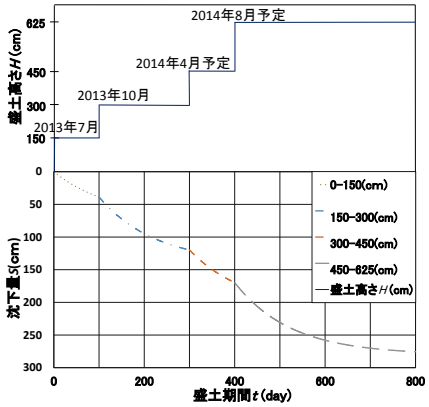

図-5 現場圧密沈下の予測

図-6 に測定 2-1 鉛直ドレーン（軟弱地盤層の下端から 10.0 m に設置）の計測値を示す．実測値は予測値の約 1.1～1.5 倍の流速を観測し，全体的に流速変化の傾向もほぼ同じであった．つまり，今回の設計では鉛直と水平のドレーンネットワークが良く働き，圧密遅れが生じていないと言えよう．

図-7 に測点 2-1 水平ドレーンにおける流速の予測値と実測値の経時変化を示す．図から盛土載荷前後では予測値の約 0.3 倍の流速を観測しているが，その前後では水流が確かめられなかった．これは，排水が盛土材と水平ドレーンの隙間を流れたこと，盛土材に部分的に粗粒土が混入していた可能性，または測定部の水平ドレーンの溝部に鉛直ドレーンとの接続金具が設けられ水流が妨げられたこと等が原因であろう．

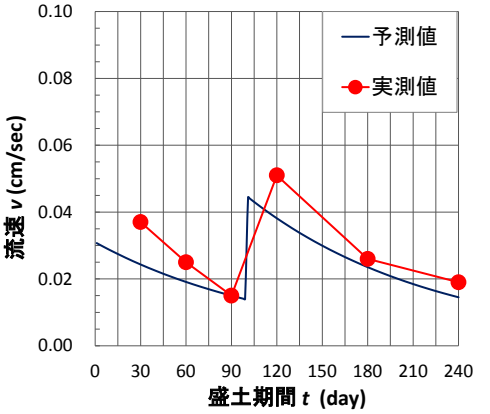

図-6 測点 2-1 鉛直測定結果（L =10.0m）

5. まとめ

(1) 水平排水材に PBD 材を使用した設計法において，排水可能量 q_V と必要通水量 q_A から各ドレーンの通水性の評価を行う方法を提案した．

(2) 現場観測の結果，鉛直ドレーンにおける水流の実測値は予測値に近かったことから，鉛直ドレーンとサンドマットの代替として用いた水平ドレーンのネットワークが良く働き順調に圧密が促進されているものと思われる．(3) 水平ドレーンでは載荷直後のみ水流を確認することができた．この原因は，今後の観測によって明らかにしたい．

謝辞　本研究における現場測定では阪神高速技研株式会社のご協力を得ています．ここに記して感謝の意をします．

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・野村忠明・山内義文・伊藤譲：PBD 工法設計モデルの妥当性検討のためのドレーン内流速測定について，平成 25 年度土木学会関西支部年次学術講演会，2013.

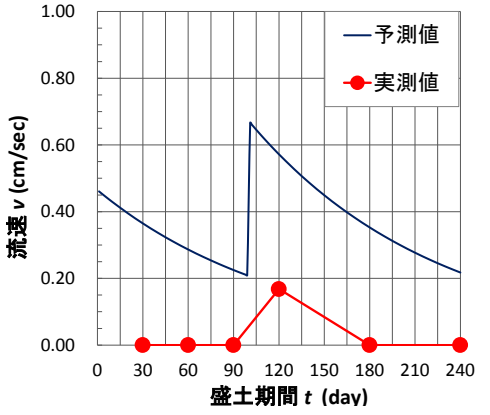

図-7 測点 2-1 水平測定結果