

●特集：観測施工とその情報活用●

報文

PVD打設における油圧管理指標による排水層判定の事例

野村 忠明* / 吉川 雅史** / 松田 安正*** / 三浦 哲彦****

1. はじめに

プラスチックボードドレーンを鉛直に打設するPVD工法では、多くの場合、地中の排水砂層と地表面の排水層（サンドマット）とを繋ぐ両面排水条件で施工されている。あらかじめ地中の排水層までの深さがわかっている場合、ドレーン打設は迅速に行なうことができ、使用材料は必要最小限ですむことになる。

地層構成や排水層までの深さを知るためには、ボーリング調査を密に行ない地層図を描く必要がある。しかし、実際には限られた数のボーリングデータしか得られない状態で、PVDの概略設計を行なう場合も少なくない。単純な地層の場合は、経験豊かなオペレータがいれば上述の方法で施工しても大きな問題はない。

しかし、地層が複雑な場合やドレーン材を排水層に到達させない不貫通ドレーン方式（未貫通と称することもある）^{1),2),3)}が採用される場合などでは、事前にできるだけ詳しい地盤情報を得ておくことが望まれる。筆者らは、ボーリングデータが限られた現場において、排水層

深度をできるだけ詳しく把握したうえでPVD施工することを目的として、マンドレル打設時の油圧を深度の管理指標とすることを考えた。このため探り打設を行なって油圧を記録し、排水層に達したときの指標特性を分析した。排水層の深度確認のために、電気式コーン貫入試験機を打設機の先端に取付けるシステムを導入した。

2. PVD打設管理システム

PVD打設においては、打設深度および共上がり量の把握が重要な管理項目となる。PVD1本ごとの打設状況を管理するために図-1のようなシステムを用いる。ドレーン材検出器で繰出し量を管理し、引抜き時にはドレーン材に張力を与えて材料の残置深度および共上がり量を計測する。これらを記録紙に表示する。

ドレーン打設深度を決めるために、通常は1工区当たり1~2カ所でボーリング調査を行ない、打設計画を立てる。排水層の深度が大きく変化している場合に、一律深度で施工すると次のような問題を生じる。①未改良部分が発生する。②共上がりが多発する可能性がある。③不要な深さまで打設する可能性がある。

ここで報告する現場においては、上記の問題を少なくするために探り打設を行ない、油圧値の変化から排水層の深さを推定する方法を検討した。さらに、電気式静的コーン貫入試験⁴⁾（以下、コーン貫入試験という）を併用し、探り打設における油圧変動とコーン貫入試験結果とを照合することにより、油圧管理指標による排水層の深度推定精度を高めることを試みた。

3. 予備的検討

3.1 油圧値変動に基づく排水層判定

PVD打設時にマンドレルが軟弱層を突抜けて排水層（砂礫層）に達すると、油圧値は上昇する。そのときの油圧値を分析して管理指標としての有効性を調べた。

図-2は試験打設時における油圧変動記録の例である。打設過程において油圧値は大きく変動するが、このチャート紙上のデータから排水層を直

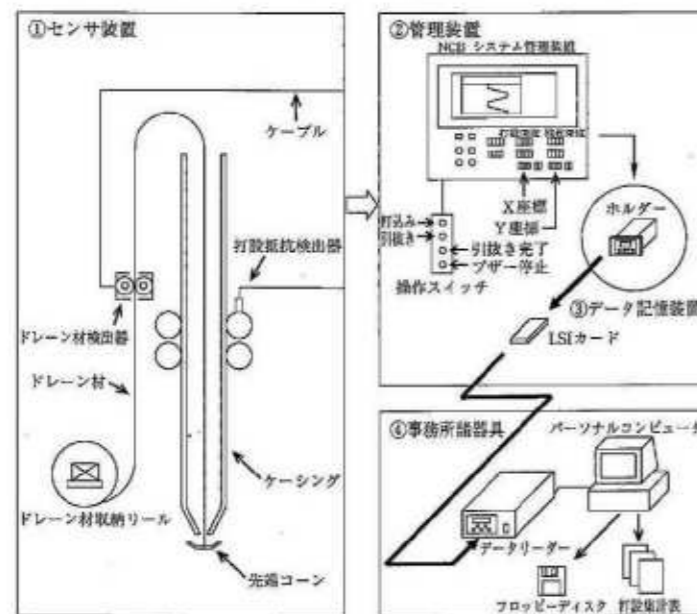


図-1 PVD打設管理システムの概要

*NOMURA Tadaaki 錦城建設株式会社 土木事業部 部長
 **YOSHIKAWA Masashi 同上 土木技術課 係長
 ***MATSUDA Yasumasa 北九州市 港湾空港局 整備部 整備課長
 ****MIURA Tetsuhiko 株式会社地盤研究所 所長

八尾市藤部北の町1-4-25
 同上
 北九州市門司区西海岸1-2-7
 佐賀市大財4-1-52

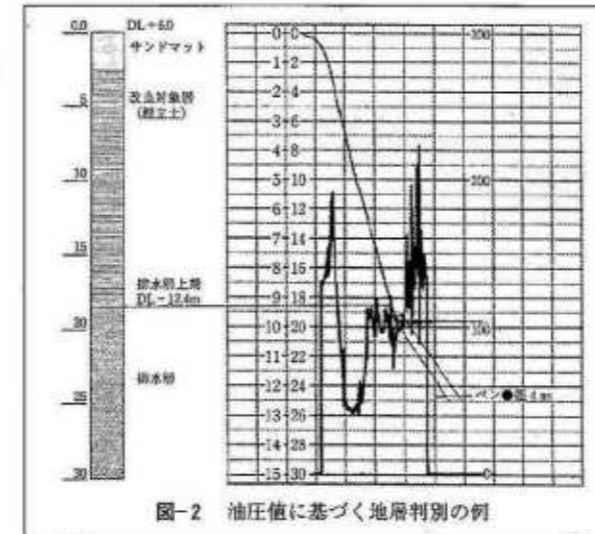


図-2 油圧値に基づく地層判別の例



写真-1 マンドレル先端に取付けたコーン貫入試験装置

接に読取るには慣れを要する。そこで、25cm間隔の読取り値を平均して、改めてプロットすると図-3のようになる。この図によれば、排水層に達したときの油圧は比較的明瞭な変化を示している。これらのデータを集積し統計的に処理することで、マンドレルが排水層に到達したときの油圧値を定め、これを指標として打設管理を行なった。

3.2 コーン貫入試験の導入

ドレーン打設機の先端に、写真-1に示すようにコーン貫入試験装置を取付けた。装置は標準タイプのもので直径3.5cm、長さ76cmである。

一般にコーン貫入試験は20+5mm/sの速度で貫入するのが標準としている⁵⁾。貫入速度が速いほど調査時間は短縮できる。精度を損なわずに、どの程度まで貫入速度を早めることができるのかを調べるために、現場比較試験を行なった。標準的な貫入速度10~30mm/sによる試験結果と50mm/sの結果とを比較したのが図-4である。同図で示すように、両条件の間で貫入抵抗の絶対値に若干の差は見られるが、砂層または粘性土の判定は十分に可能である。

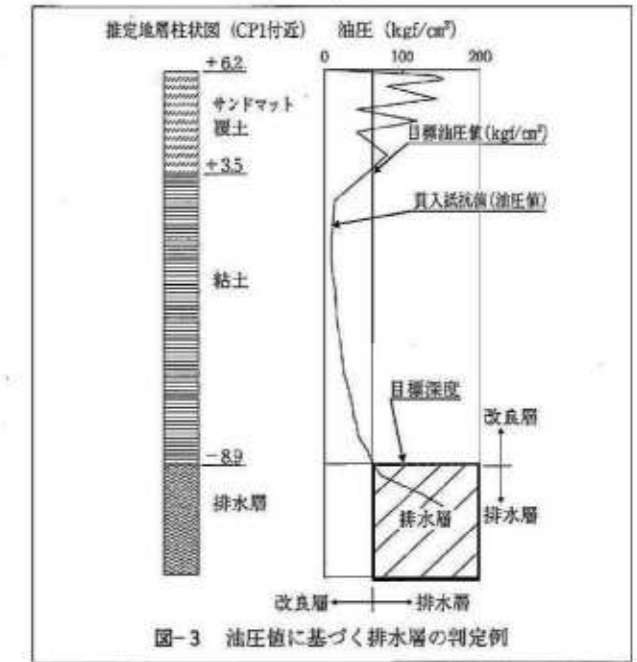


図-3 油圧値に基づく排水層の判定例

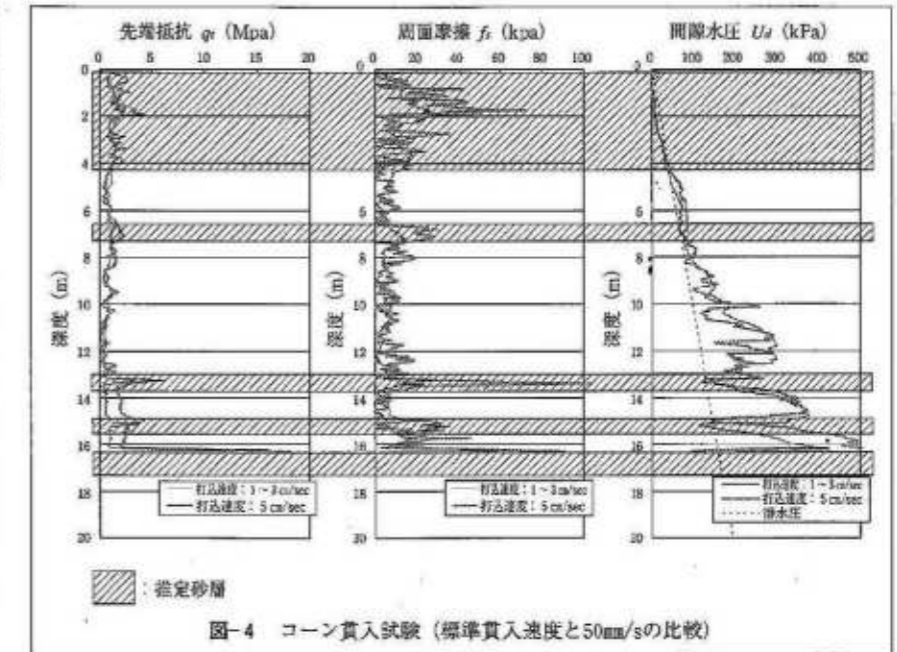


図-4 コーン貫入試験（標準貫入速度と50mm/sの比較）

4. 施工現場への適用

4.1 現場の概要

調査場所は北九州市響灘における埋立地である。図-5に示す地盤改良範囲を調査の対象とした。PVDによる改良面積は9,033m²、当初設計におけるPVD打設本数は9,009本、打設延長は136,037m、打設長（設計長）はL=15.1mであった。

4.2 地盤特性

調査対象区画周辺で行なわれた2カ所のボーリング調査（図-5参照）に基づいて描かれた推定地層図を図-6に示す。表-1に示した土質特性より、第一粘土層は圧縮性が高く軟弱な粘土層であり、下位に堆積している粘

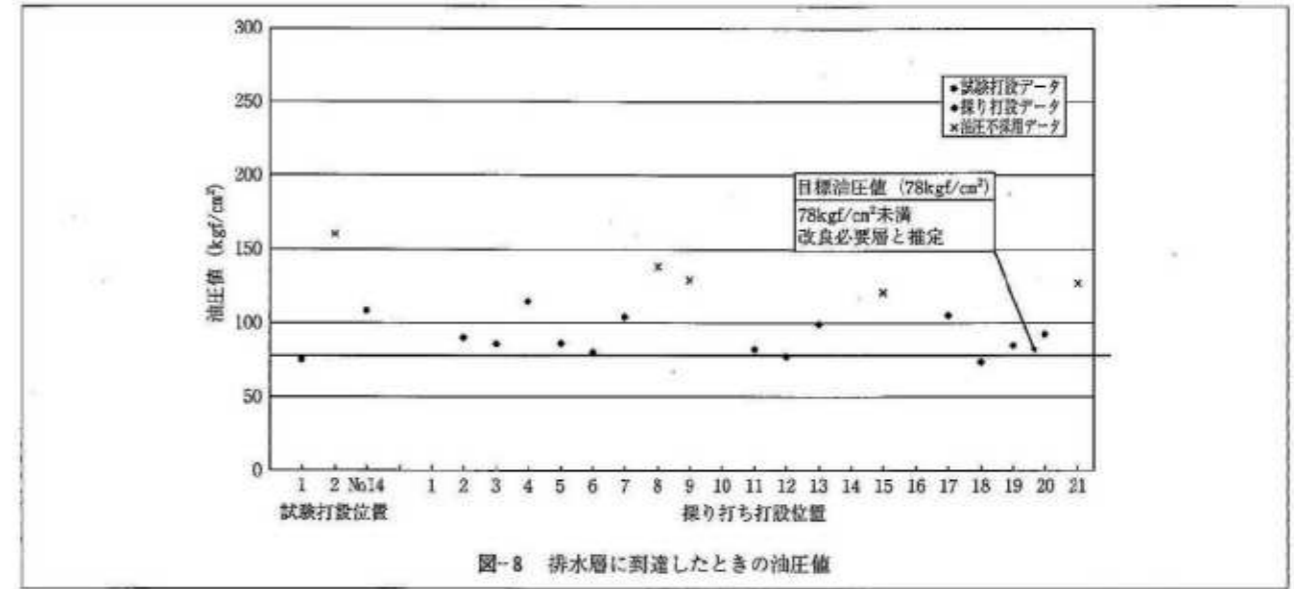
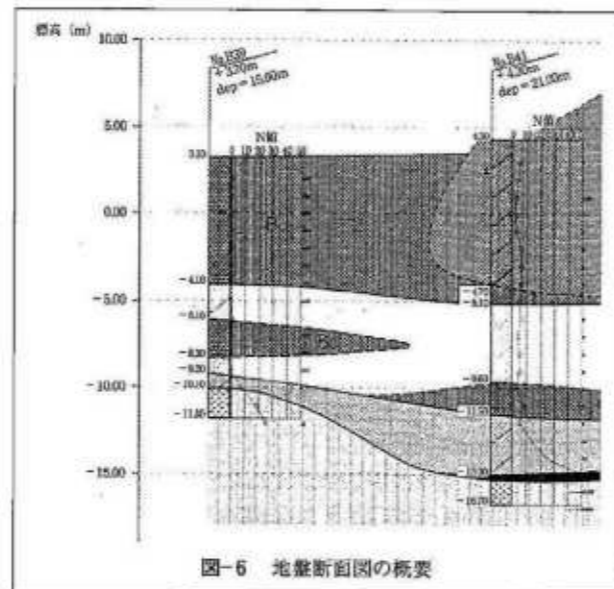


図-5 調査位置の平面図 (北九州市警署)

図-6 地盤断面図の概要

図-8 排水層に到達したときの油圧値

表-1 土質特性 (No.B39)

試料採取標高 DL (m)	土質試験結果								
	物理試験結果				力学試験結果				
	含水比 w_n (%)	湿潤密度 ρ_w (g/cm³)	間隙比 e	液性限界 w_L (%)	塑性指数 I_p	粘着力 c (kN/m²)	圧縮指数 C_c	圧密降伏応力 p_v (kN/m²)	せん断強さ τ (kN/m²)
+3.00m~+2.20m	129.5	1.365	3.374	98.4	69.6	—	1.33	—	0.89 0.58 0.72
+2.00m~+1.20m	131.7	1.345	3.518	93.9	63.7	—	1.09	—	0.86 1.13 1.34
-1.00m~-1.80m	130.6	1.368	3.511	98.3	67.8	—	1.33	—	0.89 0.79 0.96
-3.00m~-3.80m	68.9	1.588	1.823	84.6	57.8	—	0.72	12.5	2.56 2.32 2.90
-7.00m~-7.80m	43.6	1.779	1.131	52.8	90.1	16.60 18.30 18.35	0.39	67.4	—

土層は、通常粘土であると判断できる。

5. 現場調査

当初設計によるPVD打設長はボーリングB39の結果のみに基づいて $L=15.1m$ と設定されていた。ボーリングB41付近は旧築堤道路が造成されており、施工範囲はこの影響を受けていることが予測された。ボーリング調査数が少ないため、コーン貫入試験を実施して地層構成を把握した。PVD打設目標深度、並びに管理指標とする油圧値を決定するために、探り打設を約25m間隔で行なった。図-7に調査位置の平面図を示す。

探り打設において、排水層に達したと判定されたときの油圧値の分布を示したのが図-8である。同図に示すように、排水層に達したと推定したときの油圧値は74~115kgf/cm²の範囲に分布した。ばらつきが見られるので、標準偏差を用いて油圧値が78kgf/cm²以上となる層は排水層であるという管理指標を設定した。



図-7 探り打設を行なった調査位置

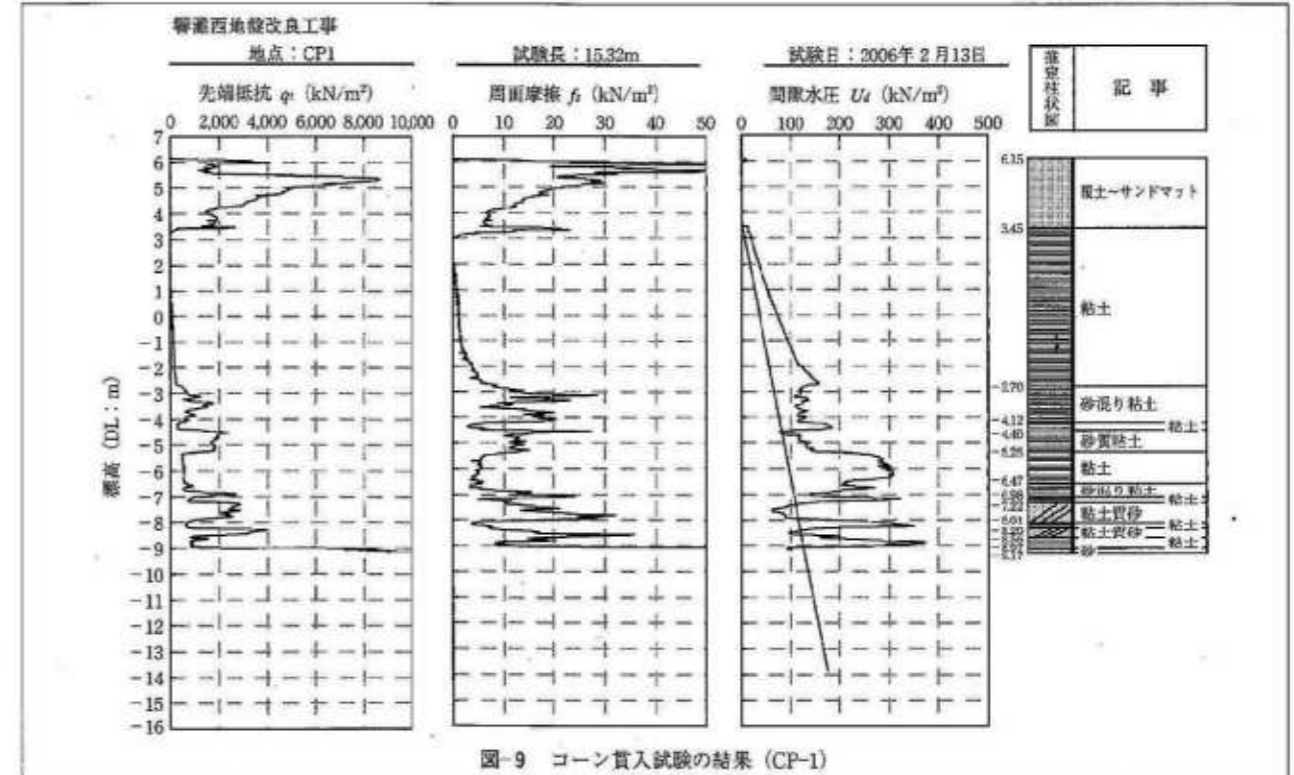


図-9 コーン貫入試験の結果 (CP-1)

図-7に示した位置で実施したコーン貫入試験結果を図-9に示す。コーン貫入試験と同位置での試験打設における油圧値で判定した排水層深度を比較したのが表-2である。これにより管理指標 (油圧値) により排水層を判別できるとの確信を得た。

表-2 コーン貫入試験と試験打設データとの対比結果

位置	調査データ		試験打設データ		差 (m)	試験打設 No
	地盤高 (DL-m)	排水層推定上端 (DL-m)	地盤高 (DL-m)	排水層推定上端 (DL-m)		
三成分コーン試験CP1	+6.15	-8.97	+6.2	-8.9	-0.07	No-1
三成分コーン試験CP2	+6.08	-6.45 (貫入長)	+6.1	-12.3	—	No-2
三成分コーン試験CP3	+6.04	-12.54	+6.0	-13.4	-0.14	No14

6. 施工結果の評価

以上の手法によりPVD打設の目標深度設定、並びに管理指標となる油圧値を決め施工を行なった。当初の打設計画では、長さ15.1mのPVDを総延長136,037m施工する計画であった。実施工では、図-10に

示した計画に従って施工した結果、打設深度は11.0m~18.5m、総延長144,992mとなった。実施工の結果を深度分布で示したのが図-11である。

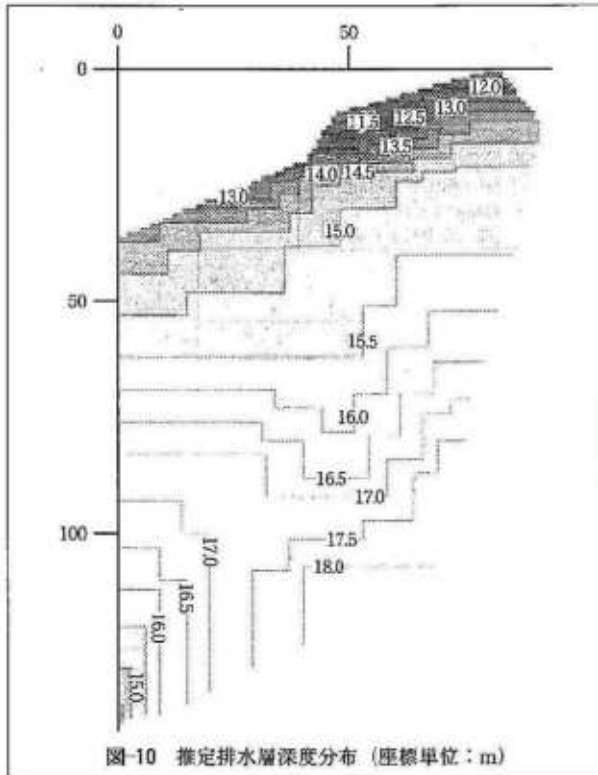


図-10 推定排水層深度分布 (座標単位:m)

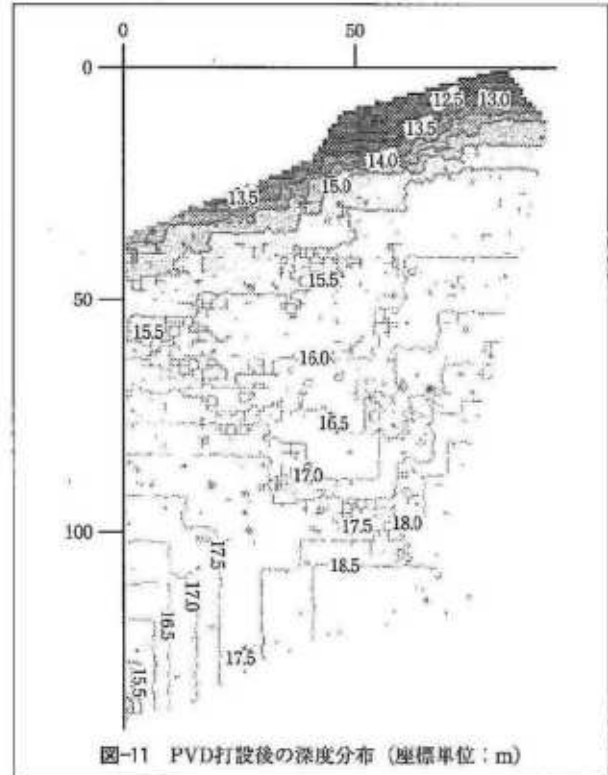


図-11 PVD打設後の深度分布 (座標単位:m)

両図の比較から、実際の施工においてはほぼ所定の深度に打設できたことを確認できた。PVDの使用延長は、当初計画に比べて約9,000m程度の増となったが、必要にして最小限度の材料と施工を行なうことで圧密促進に関する所期の目的を達することができ、また環境負荷を最小に抑えることができたと評価した。

7. まとめ

- ① 地層構成が比較的単純な場合には、PVD探り打設における油圧値とボーリングデータ等と比較検証することにより、排水層を判定するための管理指標を設定することができることを示した。
- ② 本現場において排水層を判別する管理指標として油圧値78kg/cm²を設定した。その妥当性は試験打設並びに電気式静的コーン貫入試験を用いて検証した。
- ③ コーン貫入試験の能率を高めるために、貫入速度を変えて現場試験を行なった。標準貫入速度10~30mm/sの場合と比較して、50mm/secであれば排水層の判定は可能であることを確認した。

8. おわりに

最近注目されているPVD不貫通による施工、PVD併用の真空圧密工法並びにキャップ付鉛直ドレーン工法^{6),7)}を適用する場合には、中間砂層と排水層を的確に

把握することが必至である。この場合には、電気式静的コーン貫入試験を多用することが必要となる。施工能率の観点から、コーン試験の貫入速度をどの程度まで高めることが可能かの検討が求められる。この検討と併せて、本報告で提案した方法を発展させていきたい。

〈謝辞〉本文をまとめることをお許しいただいた北九州市の関係各位に御礼申し上げます。

■参考文献

- 1) 木山正明, 池森圭祐, 山本嘉一郎, 中堀和英: 未貫通サンドドレーンによる圧密の数値計算例, 土質工学会第13回土質工学研究発表会, pp. 241~244, 1978.
- 2) 木山正明, 中堀和英, 岡田純治: 未貫通サンドドレーンの最適設置深さについての考察, 土木学会第34回年次学術講演会, pp. 110~111, 1979.
- 3) 住岡宣博, 田原正登, 熊本直樹, 吉国洋: 未貫通パーカルドレーンによる圧密沈下の予測, 土質工学会第23回土質工学研究発表会, pp. 1191~1192, 1988.
- 4) 地盤工学会: 地盤調査の方法と解説, 第7章電気式静的コーン貫入試験, pp. 301~309, 2004.
- 5) 地盤工学会: 地盤工学会基準JGS1435, 2003.
- 6) 藤井敦, 林芳文, 下田義治, 嶋田康宏, 祐保芳樹: 既存土砂処分場の減容化における真空圧密工法の適用, 第38回地盤工学研究発表会, pp. 961~962, 2003.
- 7) 藤井敦, 嶋田康宏, 椎名貴彦, 新倉博: 真空圧密工法による部分改良地盤の沈下予測, 土木学会第58回年次学術講演会, pp. 1195~1196, 2003.