

地下水流向・流速計の改良検討と性能確認室内試験について

大成基礎設計（株） 正会員 ○竹延 千良

鹿島建設（株） 正会員 戸井田 克, 正会員 田中 真弓

正会員 瀬尾 昭治, 正会員 中嶋 誠門

1. はじめに

筆者らの一部は、ボーリング孔内で密度可変固体トレーサの挙動を超音波センサ（3次元超音波）で把握することにより、極低流速の深層地下水の流向・流速を計測できる装置のプロトタイプを開発した¹⁾。今回、開発した流向・流速計のプロトタイプ装置の改善点を検討し、検討結果を反映した新しい機器を製作し、室内での性能検証試験を開始したので、その概要について報告する。

2. 装置の課題と改良

既存のプロトタイプ装置で原位置計測を実施した際、表1に示すような項目に諸課題が認められたため、これらについての対策を検討し装置を新規製作した（図1参照）。

表1 プロトタイプ機器の課題

項目	課題	対策
パッカライン	地表の温度影響	パッカラインへのバルブ設置
パッカ圧計	計測区間圧力管理の補助データ取得	圧力計設置
計測区間リリースラインの電磁バルブ	閉塞不良の発生	電動バルブに変更
トレーサラインチューブ	チューブ内への地下水溶存ガスの浸入	チューブ材質の変更
トレーサラインの構造	トレーサの目詰まり	水圧式バルブに変更
基準ターゲット設置位置	超音波センサと基準ターゲット間距離の変動	ターゲット・センサの同一ブロック化
電源発熱	電源発熱による熱対流の影響	電源分離構造
装置全般	調査坑のような小断面での適用	小型化

3. 性能確認室内試験

3.1 試験の概要

新規製作した計測装置の性能を確認するために室内試験を実施中である。具体的には、計測装置を用いて、これまで実施された数値解析的検討による周辺地盤および孔内の水流動状況の差異を実際に確認するため、均質な模擬地盤を使用して計測を行う。また、同地盤を用いて、既存の流向流速計（電位差法）でも計測を行い、開発中の流向流速計測装置の性能確認を行う予定である。

図2に計測装置の性能確認を行うために製作した模擬地盤土槽を示す。模擬地盤の中央には内径約100mmの模擬ボーリング孔を設置し、そこに今回改良した装置を設置して流向・流速計測を実施する。性能検証試験では、地盤の動水勾配を変化させ、流速を 10^{-7} m/sec と 10^{-5} m/sec オーダーの2ケースで設定する。地盤の透水係数は室内透水試験（JGS 0311-2000）および事前透水試験で確認することとした。

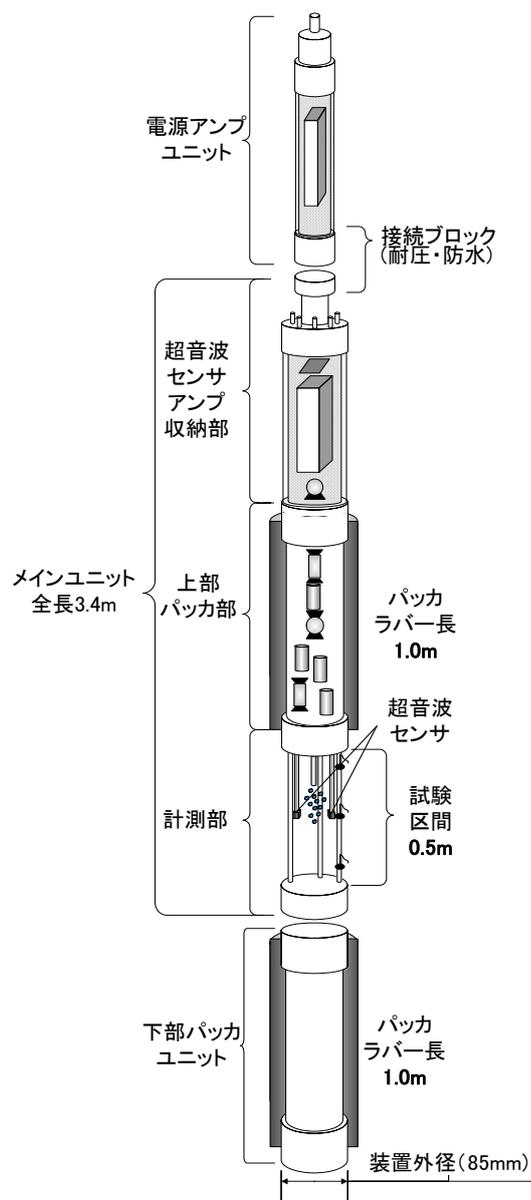


図1 改良装置概要

キーワード 流向・流速, マトリクス超音波センサ, 固体粒子トレーサ, 模擬地盤

連絡先 〒409-0112 山梨県上野原市上野原 8154-59 大成基礎設計（株）技術研究所 TEL 0554-62-2880

3.2 5号硅砂の物理・透水試験

まず、模擬地盤を構成する5号硅砂の物理試験を地盤工学会基準に準拠して行い、基本特性を把握した。具体的な試験項目とその結果を表2に示す。これより、5号硅砂の透水試験の設定密度は1.528, 1.580, 1.632 g/cm³とし、地盤工学会基準の定水位法に準拠して透水試験を行った。その結果を図3に示す。1.528g/cm³の場合、排水後の沈下が3.4mmと大きいのでこれは棄却し、水中落下法で締固め可能な最大乾燥密度に最も近い乾燥密度とした。本試験での模擬地盤製作は乾燥密度1.600g/cm³, 透水係数1.1×10⁻⁴m/sを目指すこととした。

3.3 動水勾配設定

動水勾配の設定についての検討は、所定の乾燥密度で締固めた模擬地盤の透水係数が室内透水試験結果とほぼ一致することを確認するために実施した。上・下流の水頭差は、2mm, 5mm, 5cmの3ケースで実施した。また、本試験では、地盤表面を水が走らないよう、地盤表面より5mm下位に上流側の水面がくるよう動水勾配管理用タンクを設定した。その結果、水位差5cmでは、通水開始から約1時間後に流量が安定し、模擬地盤の透水係数は4.8×10⁻⁴m/sと算出された。水位差5mmでは、通水開始から1時間以内に水位は安定するが流量については減少傾向が認められた。通水開始約7時間後には、流量が安定し、模擬地盤の透水係数は、4.3×10⁻⁴m/sと算出された。水位差2mmでは、1時間以内に水位は安定するが、流量については減少傾向が認められた。通水開始約5時間後には、流量がほぼ安定し、透水係数は、4.4×10⁻⁴m/sと算出された。この値は当初の目標値より大きくなったが、水頭差を変えても透水係数の変化はほとんどなく実験用模擬地盤として問題ないことを確認した。

4. おわりに

今回、課題を改善した新しい計測装置の製作が完了し、物理試験および、透水試験の実施により模擬地盤に使用する5号硅砂の基本特性を把握することができ、設定流速である10⁻⁷m/secと10⁻⁵m/secを模擬地盤土槽で再現できることが確認できた。さらに、本模擬地盤土槽に計測装置を設置し、新しい計測装置の性能確認を実施中であり、土槽全体として平均流速が1~2×10⁻⁵m/secの条件下での模擬ボーリング孔内での水平方向流速がその数倍程度で実測されており、既往研究結果²⁾³⁾と整合的なデータが取得できている。

- <参考文献> 1) 戸井田ほか：高レベル放射性廃棄物処分場の性能検証用計測システムの開発，土木学会第61回年講，CS05-025～028。
 2) 河西 基，小松田精吉，平田洋一（1986）：電位差方式連続型地下水流速流向計の開発，第30回水理講演会論文集，337-342。
 3) 佐野 理（1983）：多孔性媒質中に穿った円柱状の空洞を過ぎる粘性流 —単孔法による地下水流測定への応用—，ながれ，2，252-259。

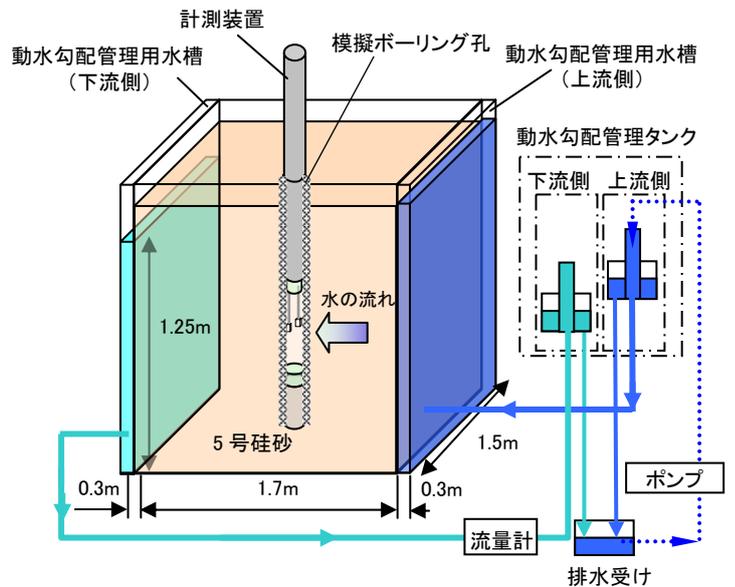


図2 模擬地盤中での孔内流動状況計測試験概要

表2 5号硅砂の基本特性

試験項目	試験結果
土粒子の密度	2.65g/cm ³
粒度試験	最大粒径2mm，主に0.1~1.0mmの粒径
細粒分含有率試験	0.4%
土の含水比試験	0.5%
砂の最小密度・最大密度試験	最小密度：1.423 g/cm ³ 最大密度：1.684 g/cm ³

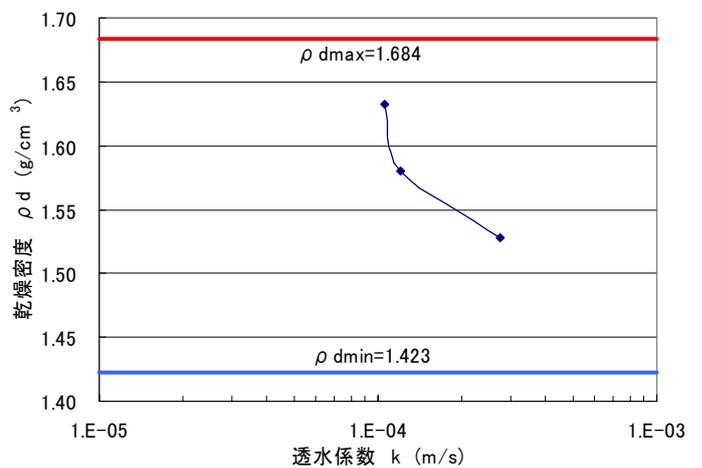


図3 5号硅砂の透水試験結果