

小孔径対応型地下水流向流速計

株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング ○山口 寛央, 栗本 修史, 中道 翔太郎

1. はじめに

当社が開発した地下水流向流速計 (LD-60 型) は 30 年ほど前から実用されてきているが、近年の研究開発で装置の小型軽量化、適用条件の拡大し、小孔径対応型地下水流向流速計 (LD-40 型) を実用化している。

本発表は、これら機器改良の成果について発表するものである。

2. 測定機の概要

(1) 測定原理

本測定器はトレーサー材として環境負荷の小さい精製水を使用し、地下水との電気比抵抗の差から流向・流速を計測する電位測定法を用いた独自技術である。

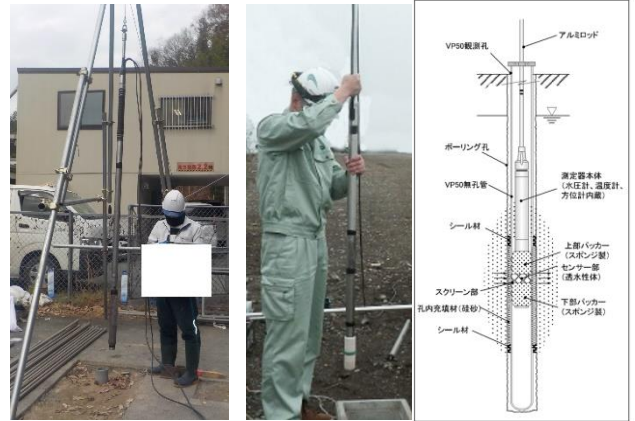


写真-1 左:従来型 右:新型及び装置全体図

表-1 流向流速測定原理の比較¹⁾

測定項目	粒子追跡型	画像計測法	熱流式による温度計測法	電位測定法		加殻型による温度測定法
				LD-60型	新型40mm	
観測孔	裸孔、軽測井戸	裸孔、軽測井戸	軽測井戸	裸孔	軽測井戸	軽測井戸
仕上り径	VP100	内径75mm	φ50-100mm	VP75	VP50, VP65, VP75	φ50-100mm
トレーサー材	人工微粒子	専用固体トレーサー	温度	精製水		温度
測定対象	土砂、岩盤	土砂、岩盤	土砂	土砂、岩盤	土砂	土砂
流速測定範囲 (m/s)	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-4} \sim 1.7 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-5}$
測定誤差	±5%以内	±2%以内	±10%以内	±5%以内	±5%以内	±5%以内
流向	±12.5°以内	(写真で解明)	±10%以内	±7.5°以内	±22.5°以内	±22.5°以内

測定器はセンサー内に図-1の左図に示すように、円周上の12本の電極と精製水の投入装置を兼ねる中心電極が配置 (写真-2) されており、右図に示す精製水投入後の各電極間の電位差の変化 (V-t 曲線) と曲線のピーク位置から流向・流速を求める。

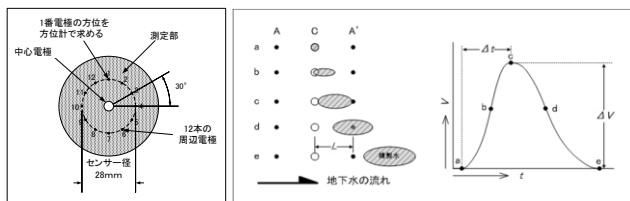


図-1 電極配置と測定原理図

(2) 測定器の改良

①小孔径への対応

VP75⇒VP50 観測孔での測定を可能とした。

②軽量化

アルミ中空ロッドの採用、孔内上下流遮水パッカーをスポンジに変更、ケーブル類の統合、装置全体の軽量化により、深度 30m (地下水位 15m) の測定でも全重量が 6kg 程度とし、1名作業が可能な重量となった。

③ユーザビリティの向上

従来型測定器は組立・測定に慣れとノウハウが必要であり、誰でもすぐに使用することが難しい面があった。

新型測定器ではケーブル類や地上計測器の統合により、測定器組立を簡略化し、測定時に最も重要であるセンサー周辺の人工透水体の充填をガラスビーズ+5号珪砂の充填⇒完全連泡体スポンジへ変更し、個人差を解消した。

これらの改良により、マニュアルに沿って計測を行えば誰でも成果が得られるものとなった。

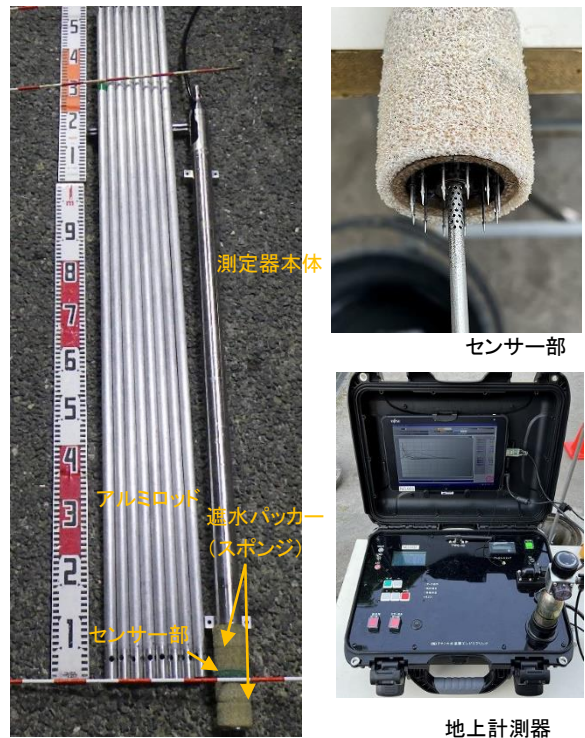


写真-2 測定器写真

3. 適用範囲の拡大

(1) 背景

従来の地下水流向流速計は作成時の実験結果から、観測孔内での測定に必要なストレーナーの開口率を30%程度としていた。当時は丸穴型（開口率3～5%程度）のスクリーンが多く使用され、流向流速測定はできなかったが、近年はスリット型スクリーン（開口率12%前後）が開発・普及してきている。

そこで開口率が測定結果に与える影響を室内土層実験により確認した。

(2) スクリーンの選定

検証実験に用いたスクリーンの種類と形状を図-3に示す。

一般的に入手できるVP管に、開口率を12%程度に設定したスリット加工をしたものを使用した。なお、スクリーンの形状の差異が測定値に及ぼす影響を確認する目的で、横断面のスリット数やスリット形状（同列、重複）やスリットの向きが異なる3種類のスクリーンを用意した。これに加えて、従来型で測定する際に使用している開口率約30%の巻線型スクリーンを加え、計4種類のスクリーンで検証実験を実施した。

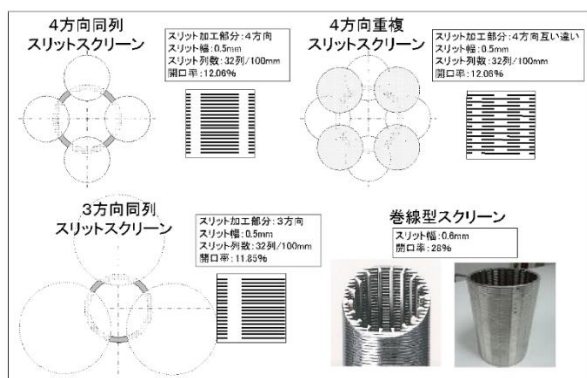


図-2 実験に用いたスクリーンの種類³⁾

(3) 室内土槽実験の結果

図-3に実験土槽のダルシー流速と流向流速計の計測流速との関係を示す。

巻線型スクリーンを用いた場合の計測流速は、流速に関わらず土槽のダルシー流速とほぼ一致しているが、スリットスクリーンの時は高流速ほど計測流速が土槽のダルシー流速よりも低く測定される傾向がみられた。

今回の実験で最も水頭差を大きく設定した条件（動水勾配 0.13）では、計測流速が30～50%程度減速するという結果となった。

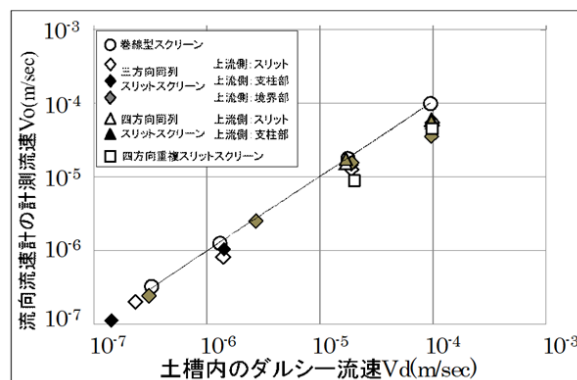


図-3 測定流速と土層のダルシー流速との関係²⁾

(4) 計測流速に対する補正係数(β)

その後、VP50 同列スリットスクリーン型を対象に追加実験を行い、図-3と同様の結果が得られ、開口率が約12%のスリットスクリーンでは、流速が早くなると観測孔への水の流れが阻害されていることが判明した。

計測流速を地盤内のダルシー流速へ変換する際は、土槽内のダルシー流速と計測流速の比である補正係数(β)によって補正する。

実験結果から、補正係数 β は土槽内ダルシー流速でおよそ 1×10^{-5} m/s（測定時のピーク時間で500秒）を境にして遅い流速側では平均0.7、早い流速側では平均0.9となることが判明し、補正係数の標準とした。

4. おわりに

今回行った地下水流向流速計の改良により、①VP50観測孔への適用、②ユーザビリティの向上、③測定の標準化、④スリット型スクリーン（開口率12%）への適用が可能となり、高品質でコンパクト、簡便な計測という目的を達成した。

今後はこれまで対応できなかった、さらに幅広いニーズへ対応を行っていく。

《引用・参考文献》

- 1) 地盤調査の方法と解説（2013）：公益社団法人地盤工学会, pp. 632を引用加筆。
- 2) 後藤和幸, 牧野章也, 三浦巧也, 劉永明：小孔径対応型地下水流向流速計の開発(その1)－装置の開発と実証実験－, 平成29年度日本応用地質学会研究発表会論文集, pp. 177～178, 2017
- 3) 三浦巧也, 後藤和幸, 牧野章也, 劉和明：小孔径対応型地下水流向流速計の開発(その2)－観測孔スクリーンの検証実験とスクリーンの製作－, 平成29年度日本応用地質学会研究発表会論文集, pp. 179～180, 2017