

地下水流向流速の簡易計測装置の開発

山口大学大学院創成科学研究科 正会員 ○小野 文也

山口大学大学院創成科学研究科 正会員 山本 浩一

1. はじめに

地下水・土壌汚染が発生した際、汚染源を特定するために地下水の流向流速を測定する必要がある。既往装置は現地測定の際電源が必要であり、かつ装置が高価である。そこで我々は安価で電源を必要としないペーパーディスク型地下水流向流速計の開発を行っている¹⁾²⁾。

2. 研究方法

(1) 流速計センサー

本装置は VP65 パイプ(内径 67 mm)用に作成した。センサーの上下はアクリル円筒を配置し、観測井のストレーナと接する中央部に透水性スポンジ(メラミンスポンジ)を使用した。図-1 に装置概要図を示す。

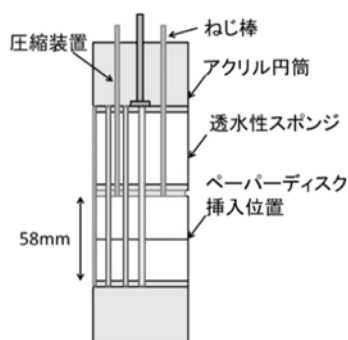


図-1 装置概要図(外径 65 mm)

(2) ペーパーディスク

図-2 にペーパーディスクを示す。12 角形の画用紙(マルマン社製, 126.5 g/m²)の中心に直径 3 mm のドットを配置した。印刷は Canon Pixus 950i を用いて行った。インクは黒色インク(BCI-6BK)を用いた。

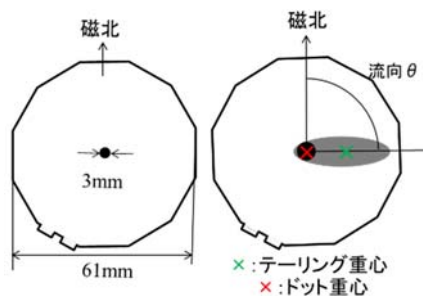


図-2 ペーパーディスク

(3) 画像解析方法

a) 画像処理方法

電子化した画像は RGB 分解して G (Green) の 225 以下の輝度をテールリング、100 以下の輝度を初期ドットとして 2 値化した。図-3 にテールリング画像処理過程を示す。2 値化した画像について、初期ドットは重心位置と面積、真円度を取得し、テールリングは面積、重心位置、テールリングのフェレ径、楕円体近似した際の長径を取得した。

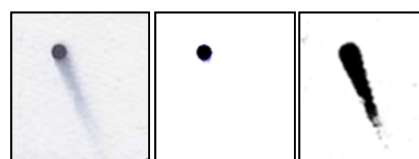


図-3 画像処理過程 (左):8ビット画像 (中左):初期ドット抽出後 (中右):テールリング抽出後

b) 流向算出方法

初期ドットの重心の座標を $g(x,y)$ を起点とし、テールリングの重心の座標を $g'(x',y')$ を終点とするベクトル G の方位 θ を流向として定義した。

c) 流速算出方法

流速の増大とともにテールリング長が増大する。そこでテールリング長に関する 3 種のパラメータと流速を比較した。パラメータは重心移動に基づくテールリング長である 1)ベクトル G の大きさ, 2)テールリングに外接する長方形の長辺(フェレ径), 3)テールリングの近似楕円体の長径を用いた。

(4) 流向、流速の検定方法

検定直線の作成のために室内実験水槽を用いて装置の検定を行った。測定時間 5 分の条件では 1.5, 1.3, 1.1, 0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1 cm/min の 8 パターン各流速で 3 回測定した。測定時間 30 分ではさらに低流速で測定を行うため、0.1, 0.07, 0.05, 0.03, 0.01 cm/min の 5 パターンに変化させ、各流速で 3 回測定を行った。さらに、測定時間 30 分と同様な流速パターンで測定時間を 60 分として各流速 4 回測定した。

キーワード 地下水流向流速, 簡易計測法

連絡先 〒755-0097 山口県宇部市常盤台 2 丁目 1 6-1 山口大学工学部 TEL0836-85-9320

3. 研究結果

(1) 計測時間 5 分の検定直線

図-4 に測定時間 5 分におけるダルシー流速と重心移動距離, 近似楕円体長径, フェレ径の関係を示す. 全ての近似直線の決定係数が 0.8 以上となった. これらのうち最も決定係数が高かったのはテーリングのフェレ径とダルシー流速で作成した検定直線で決定係数は $R^2=0.8823$ となった. 測定時間 5 分における流向の標準偏差(SD)と二乗平均平方根誤差(RMSE)の関係を図-5 に示す.

(2) 測定時間 30 分, 60 分の検定直線

計測時間 60 分におけるダルシー流速 0.1 cm/min のテーリングの長さは流速 0.07 cm/min の結果と比較すると減少傾向にあった. そこで 0.1 cm/min の測定結果を除いて検定曲線を作成した.

計測時間 30 分, 60 分の近似直線の決定係数は共に 0.7 以上となった. また, 計測時間 30 分, 60 分において最も決定係数が高かったのは重心移動距離と測定時間の関係から作成した近似曲線であった. 図-6 に測定時間 60 分におけるダルシー流速とテーリングの重心移動距離, 近似楕円体長径, フェレ径の関係を示した. 図-7 に測定時間 60 分におけるダルシー流速と流向の標準偏差(SD)と二乗平均平方根誤差(RMSE)の関係を示す.

4. 結論

測定時間5分で0.3~1.5 cm/minの範囲において流向分解能16方位以上, 流速誤差 ± 0.22 cm/min, 測定時間を60分とすると0.05~0.1 cm/minの範囲で流向精度16方位以上, 流速の誤差は ± 0.018 cm/minであった. 測定精度は落ちるが既存の熱量式地下水流向流速計と同程度の流速範囲を計測でき, 電源を必要としない簡易な流向流速計を開発した

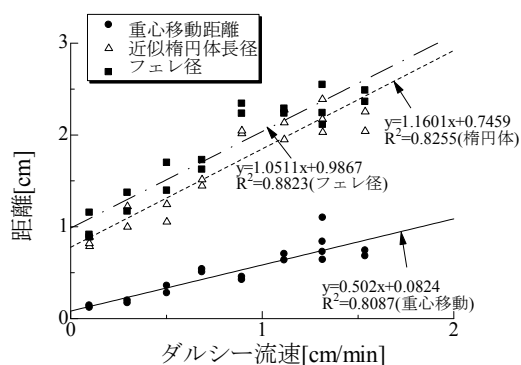


図-4 計測時間 5 分におけるテーリングの重心移動距離, 楕円体近似長径, フェレ径とダルシー流速の関係

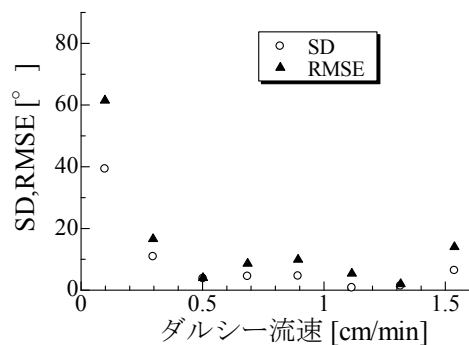


図-5 測定時間 5 分における流向の標準偏差 (SD) および二乗平均平方根誤差 (RMSE)

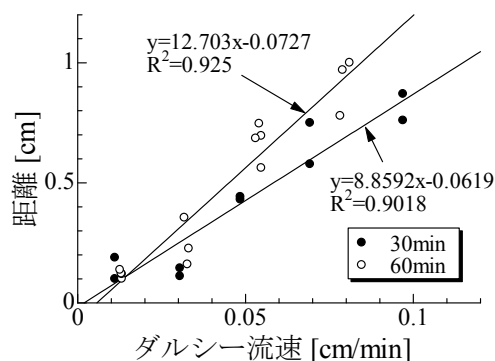


図-6 測定時間 30 分と 60 分におけるテーリングの重心移動距離とダルシー流速の関係

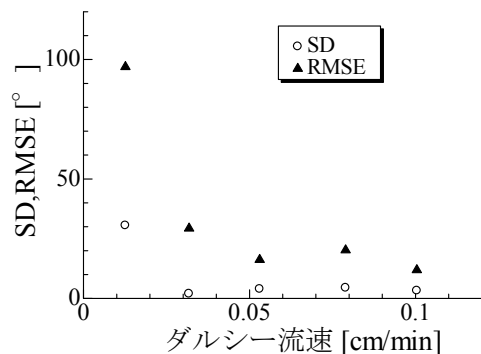


図-7 測定時間60分におけるダルシー流速と流向の標準偏差 (SD) と二乗平均平方根誤差 (RMSE) の関係

参考文献

- 1) 野田敏雄:ペーパーディスク型地下水流向流速計の開発, 環境工学研究論文集vol.47, 685-690, 2010.
- 2) 小野文也, 山本浩一, 対馬幸太朗, 大石正行, 神野有生, 関根雅彦:ペーパーディスク型地下水流向流速計を用いた海岸砂州地下水の挙動の観測. 土木学会論文集 G (環境), 70(7), III_355-III_363, 2014.