

画像処理技術を用いた連続式地下水流向流速計に関する室内実験

飛島建設	正会員	○小林 薫	正会員	松田 浩朗
飛島建設	正会員	本山 寛	正会員	松元 和伸
飛島建設	正会員	熊谷 幸樹	レックス	金内 昌直

1. はじめに

建設工事に伴う地下水流動評価、地下水・土壌環境影響評価や塩淡水境界付近の地下水流動評価など、精度の高い予測および効果的な対策工検討を実施するため、筆者らは、これまでに地下水流向流速を1本のボーリング孔内で精度良く計測するための3次元流向流速計を開発してきた¹⁾。しかしながら、地盤内の地下水流動は、潮汐などによる日変動、季節変動、気圧変動および周辺の井戸利用状況などにより変動しており、正確な地下水流動を把握するためにはできる限り長期かつ連続的な地下水流動調査を行うことが重要である。また、従来の単孔式地下水流向流速計²⁾では、効率よく長期かつ連続的に計測することは極めて難しい。そこで、本報文は、地下水の流向流速を長期かつ連続的に計測可能な画像処理技術を用いた連続式地下水流向流速計について実施した室内基礎実験（流速測定実験）の結果について報告する。

2. 連続式地下水流向流速計の概要

連続式地下水流向流速計を写真-1に、本体部概要を図-1に示す。本機器は、本体部（CCDカメラ、地下水通過部、照明部および固定用パッカーなど）、電力・画像伝送用ケーブル、孔内の上下流を抑制するために設ける後付け先端部整流板などから構成され、計測データと取得画像は地上部に連結しているパソコンに順次保存する。また、取得データは逐次PCディスプレイ上で確認できるシステムである。写真-2には、先端浮き部の拡大と取得画像例を示す。写真に示すように、静水中では浮きは鉛直に立っており、浮き頭部は画像中心に位置（初期画像）し、地下水に流れが生じた場合、浮きが傾くことにより浮き頭部が下流方向に移動し、その方向を内蔵方位計を基に地下水流向を計測する（計測時画像）。

また、地下水流速は、浮き頭部の移動量の大小で算出する。なお、地下水流速の算出は、事前に浮き頭部の移動量と地下水流速との関係を求めておく必要がある。

写真-3には、ディスプレイ上の各種計測結果の表示状況を示す。また、中央部には①～④の経時変化を逐次表示する。なお、①内蔵方位計による方位、②電気伝導率($\mu S/cm$)、③流向流速計測深度の水温、④流向流速測定深度の水圧、ならびに、⑤直近の浮き頭部画像（CCDカメラ画像）である。

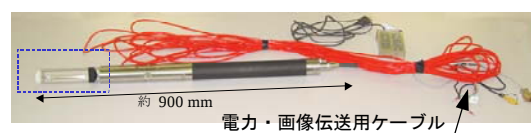


写真-1 連続式地下水流向流速計とケーブル類

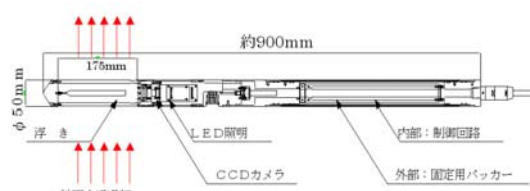


図-1 機器本体部の概要図

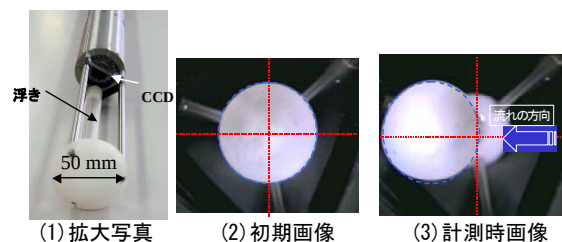


写真-2 本体先端部の拡大と取得画像例



写真-3 計測時の表示画像

3. 実験概要とその結果

室内で本機器を用いて流速測定実験を行った。使用した実験水槽と本機器の設置状況を写真-4に示す。実験は、実験水槽に本機器を設置後、リニアアクチュエータによる水平移動制御により0.01cm/s～0.7cm/sの移動速度で水中

キーワード 地下水、画像、連続計測、流向流速計、ボーリング孔

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛島建設(株) 技術研究所 TEL 04-7198-7572

を移動させ、各移動速度に対する浮き頭部の移動量（画像上のピクセル変化量）を測定した。また、地下水通過部の支柱の影響を確認するため本機器の設置方向を 45° 毎に回転させ（計 8 回）、 0.5cm/s 移動速度で浮き頭部の移動量を計測した。写真-5 に実験時の浮きが傾斜している様子を示す。また、解析時の画像例を写真-6 に示す。

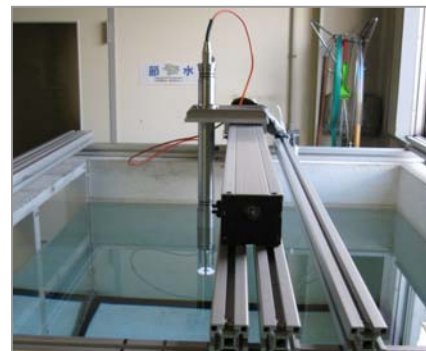


写真-4 実験水槽（水槽：幅 1m×高さ 1m×奥行き 2m）と本機器の設置状況



写真-5 実験時の浮き傾斜の様子

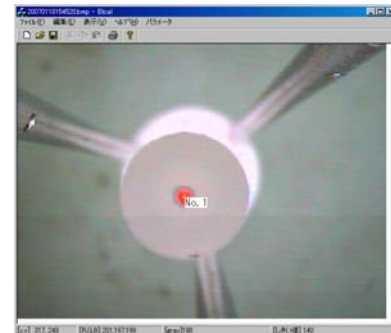


写真-6 解析時の画像例

図-2 には、それぞれの移動速度に対する浮き頭部の移動量の関係を示す。図より、移動速度が速くなるにしたがい、移動量が大きくなっていることがわかる。また、 0.1cm/s 以上では速度変化に伴う移動変化量に大きな差があることから、 $0.1 \sim 1\text{cm/s}$ 程度の範囲では地下水流速を精度良く計測可能と考えられる。移動速度が $0.01 \sim 0.1\text{cm/s}$ 未満の範囲については、計測することは可能と考えられるが、速度変化に伴う感度向上が必要である。

図-3 は、移動速度を 0.5cm/s の一定状態で機器の設置方向を順次 45° 変化させた場合の移動方向に対する浮き頭部移動量を示す。本図より、全移動方向ともほぼ均等な移動量（●印）を示しており、本機器における浮き固定部のヒンジ構造は、地下水の流れに対して問題ないものと考えられる。

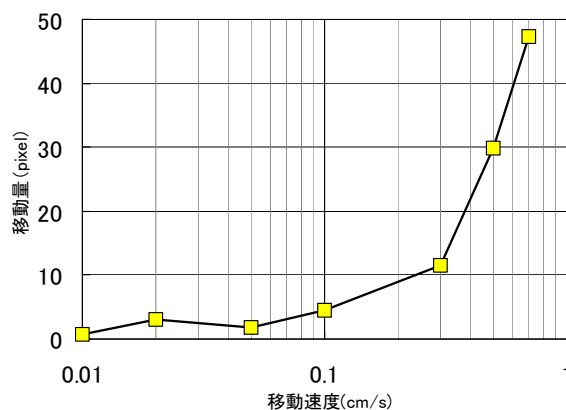


図-2 移動速度に対する浮き頭部移動量

4. おわりに

本実験において、開発中の連続式地下水流向流速計は、地下水の流速を精度良く測定できる可能性を示した。

今後は、地下水流速が 10^{-1}cm/s 未満の低流速～超低流速域での流速変化に対する感度の良い浮き（密度、形状など）を検討・製作し、各種現場の地下水流動調査に対して長期かつ連続的な計測に適用していく予定である。

参考文献

- 1) 小林 薫 他：画像計測によるボーリング孔を過ぎる地下水流動の3次元流向流速測定, 土と基礎, Vol.52 No.6, pp.16-18, 2004.
- 2) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説 ― 第13章 孔内流向流速測定 ―, pp.473-476, 2004.

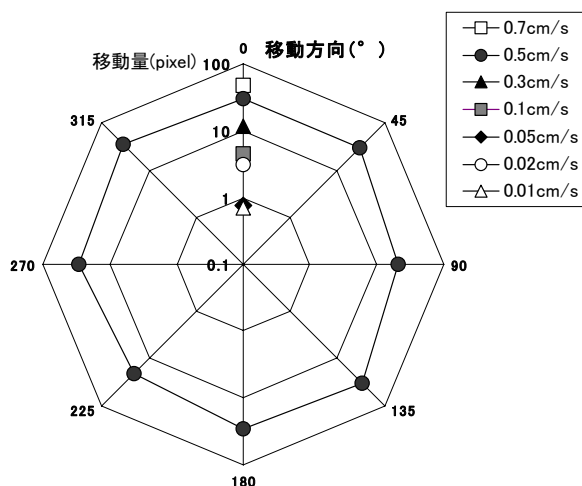


図-3 移動方向に対する浮き頭部移動量