

地下水観測井円孔内の流れについて

熊本大学工学部○学生員 中原 公治

同 上 正会員 下津 昌司

同 上 矢北 孝一

同 上 松本 賢司

1. はじめに

近年、地下水の流向流速調査は、単一井による種々の新しい調査法が開発され、既に実用化されている。ところで、この種の方法の一つであるCCDカメラによる観察法では地盤中の流れと、ボーリング孔内の流れを正しく評価し、その関係を明らかにしなければならない。多孔性媒体中の円孔内流れに関する理論的研究は佐野¹⁾により行われているが、現実の流れでは、ストレーナの形状や方向などを考慮することが必要である。本研究では、現地観測井に使用しているものと同型のストレーナを用い、その方向とスリット幅に着目して、室内実験と数値解析からボーリング孔内外の流れについて検討を行い、その資料をもとにCCDカメラを応用した画像観察法による地下水流向流速計の適用性について考察する。

2. 実験方法

図-1に実験装置の概略を示す。砂箱には平均粒径1mm、有効間隙率0.37の粗砂を一様に詰める。両端の貯水槽の水位は、一定に制御できるようになっており定常的な地下水面を実現できる。まず、孔内流れを可視化法により観察するために図-2のようにケーシング内に白金線を張り、水素気泡発生装置によるタイムラインを図-3のシステムで撮影する。次にケーシング内に流向流速計を沈め、CCDカメラがとらえた孔内中心を通過するSSを図-4に示すシステムで撮影する。この実験を図-5と表-1に示す2種のケーシングについて図-6のA、B方向で行い、孔内流速分布と孔内中心の流向流速を求めた。

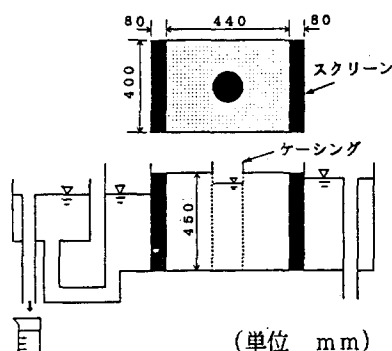


図-1 実験装置概要

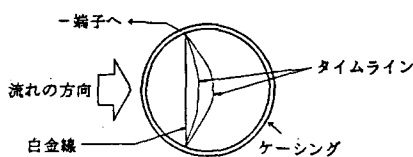


図-2 水素気泡発生位置

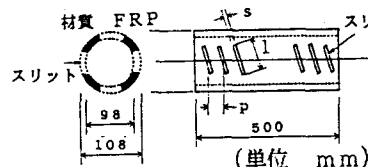


図-5 ストレーナの形状

表-1 スリットの形状

名称	スリット幅 s (mm)	スリット長 l (mm)	ピンチ p (mm)	開口率 (%)
1mm	1.0	51.0	5.1	13.3
3mm	3.3	50.0	8.8	24.4

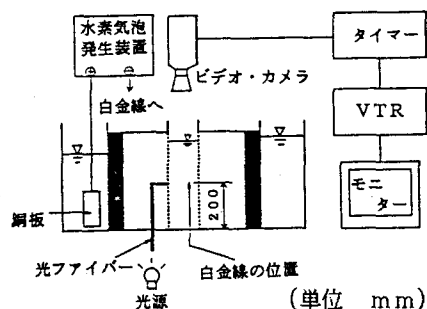


図-3 撮影装置概要

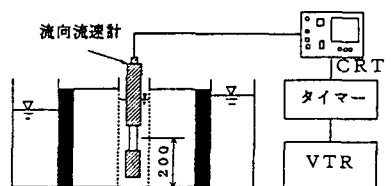


図-4 水素気泡発生装置による測定概要

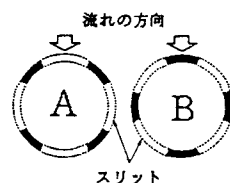


図-6 流向に対するスリット方向

3. 数値解析²⁾³⁾

地下水の流れを、微視的に土粒子中の有効間隙流れとみなし、ケーシング内の流況及び流れの特性を明らかにするために、流れ関数と渦度であらわしたNavier-Stokesの方程式を、有限要素法により数値解析を行った。支配方程式は次のように考える。

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\omega \quad (1)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \left(\frac{\partial \psi}{\partial y} \frac{\partial \omega}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial \omega}{\partial y} \right) = \nu \nabla^2 \omega \quad (2)$$

ψ : 流れ関数 ω : 渦度 ν : 動粘性係数 ∇^2 : ラプラシアン

本研究では、(2)式右边を非線形エネルギー逸散項として、動粘性係数 ν を用いて浸透領域と孔内領域の相対的な運動を評価して、数値計算を行った。計算法としては、あらかじめポテンシャルの流れを求め、その流れに渦度と粘性の効果をとり入れ、時間ステップごとに ψ と ω を交互に求め、渦度の変化率が十分小さくなったとき準定常流とみなした。

4. 考察

ここでは紙面の都合上、A方向についてのみ解析結果の一部を示してみる。図-7のタイムラインを見ると流速分布が放物線を描いており中心ほど流速が早くなっている。これは図-8と図-9の数値計算からもうかがえる。図-10はダルシー流速を横軸、孔内流速を縦軸にとり、タイムラインから求めた孔内中心流速を○、流向流速計より求めたSSの流速を●であらわしたものである。これより、タイムラインによる値はダルシー流速の3~5倍付近にある。しかし、流向流速計から求めた値は、3~7倍と前者に比べばらつきがある。この原因としては、流向流速計が円孔内の流れを遮断し、三次元的な流れ線の収束が起こっていることなどが考えられる。

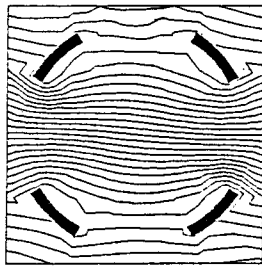


図-9 計算値 (流れ線)

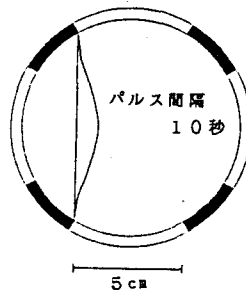


図-7 可視化されたタイムラインの例

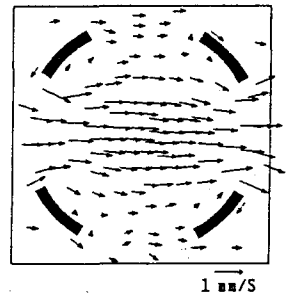


図-8 計算値 (速度ベクトル)

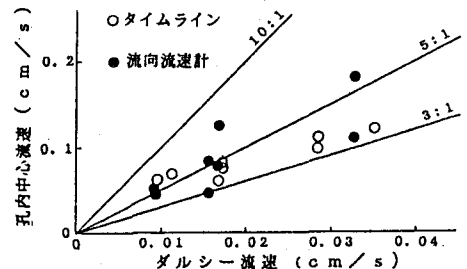


図-10 ダルシー流速と孔内中心流速との関係 (A方向)

5. まとめ

本研究によると、ボーリング孔内の流速分布パターンは、ストレーナーの形状や、地下水流向との相対的な位置関係によって影響を受けること、さらに、この流れの中に地下水流向流速計本体を挿入して計測される流速には、挿入による影響も加わってくることから測定値は変動が大きくなるので計測された値の評価に注意が必要である。

[参考文献]

- 1) 佐野 理 : 多孔性媒質中にうがった円柱状の空洞を過ぎる粘性流。ながれ, 2, PP252~259. 1983
- 2) 大西 和栄 : パソコンによる流れ解析。朝倉書店. 1986
- 3) 滝川 清 : 斜面上碎波における波浪変形の数値シミュレーション手法の開発研究。昭和63年度科研費成果報告書. 1989