

II-71

ボーリング孔内及びその周辺の地下水流れに関する実験的研究

九州大学大学院 学生員○本村 浩志 九州大学工学部 学生員 本田 保
九州大学工学部 正 員 梶井 和朗 九州大学工学部 正 員 神野 健二
九州大学工学部 正 員 上田 年比古 清水建設機技研 正 員 平野 文昭

1. はじめに

地下汚染物質の移動、地下水の塩水化問題等の解析に必要な地下水流れを調査する場合、一般にボーリング孔を利用することが多い。しかしながら、ボーリング孔の存在が元の地下水流れに与える影響に関し、理論的検討は南¹⁾、佐野²⁾によって試みられたにすぎず、実験的検討は行われていないようである。著者らは、前報³⁾において、ボーリング孔中心流速が元の地下水流れ（Darcy流速）の3倍の関係となる実験結果を提示した。本研究では、ボーリング孔内の流速分布、及びボーリング孔周辺部の多孔性媒質中の流れに関する実験的検討を行うものである。

2. 理論

定常で一様な流れのある多孔性媒質中に、半径 R_0 のボーリング孔が設けられた場合に対して佐野²⁾は、次に示すボーリング孔内における流速分布の理論解を提示している。

$$u_r = (u_0 + a \zeta^2 U_m) \cos \phi \quad \dots (1)$$

$$u_\phi = -(u_0 + 3a \zeta^2 U_m) \sin \phi \quad \dots (2)$$

ここに座標系は円筒座標 (r, ϕ) であり、 u_r 、 u_ϕ はそれぞれ半径方向 r 、接線方向 ϕ の流速、 u_0 ；ボーリング孔中心流速、 U_m ；無限遠での Darcy 流速、及び $\zeta = r/\sqrt{K}$ 、 $\zeta_0 = R_0/\sqrt{K}$ 、 $a = -(\alpha - \beta)/\Gamma$ 、 $\Gamma = 8(\alpha - \beta) + \zeta_0^2(\alpha + 3\beta)$ 、 $\alpha = K_0(\zeta_0) + (\zeta_0 + 2\zeta_0^{-1})K_1(\zeta_0)$ 、 $\beta = K_0(\zeta_0) + 2\zeta_0^{-1}K_1(\zeta_0)$ であり、 $K_0(\zeta_0)$ 、 $K_1(\zeta_0)$ ；第2種変形 Bessel 関数、 K ；地盤に固有の透水係数（次元は長さの2乗）である。

3. 実験及び方法

図-1 に実験装置の概略を示す。縦、横 50cm、高さ 12cm の装置に、粒径範囲 0.42mm～0.84mm の十分に湿った砂を空隙率 0.40 で詰め、上面を密閉し完全な被圧浸透層とした。その中心に、半径 $R_0 = 3$ cm のボーリング孔を設け、孔周壁の崩壊を防ぐ目的で目開き径 0.45mm のステンレス製網で保護した。また、流出部で測定した流量 Q を流出部断面積 $(50 \times 12 \text{ cm}^2)$ で除した

値は、理論解における U_m に相当し、ここでは Darcy 流速 U_0 で表わしている。ボーリング孔内の流速測定には、図-1 (a) の様に設置した前方散乱方式 5mW He-Ne レーザ流速計 (LDV) を適用し、測定位置はボーリング孔底面より 6cm のビーム交差点である。流速分布の測定では、レーザ、ビームスプリッタ、フォトマルは $x-y$ 平面内で微動可能な台の上に一体化して設置しており、2種類の Darcy 流速 ($U_0 = 0.32 \text{ cm/s}, 0.19 \text{ cm/s}$) のもとに実験を行った。さらに、ボーリング孔周辺の多孔性媒質中の流れを調べるために、ボーリング孔中心位置より上流側 10cm の位置にトレーサ（アニリンブルー）を投入し、流跡線を観測した。流跡線の観測は、トレーサの分散を小さくする目的で、平均粒径 0.15mm の豊浦標準砂により行った。なお、図-1 (b) の平面図で、座標原点をボーリング孔中心にとり、流れ方向を x 軸、流れに直角方向を y 軸としている。

4. 結果及び考察

1) ボーリング孔内流速分布 図-2 に $x=0$ 断面内の流れ方向流速分布の LDV による実測値と理論解を

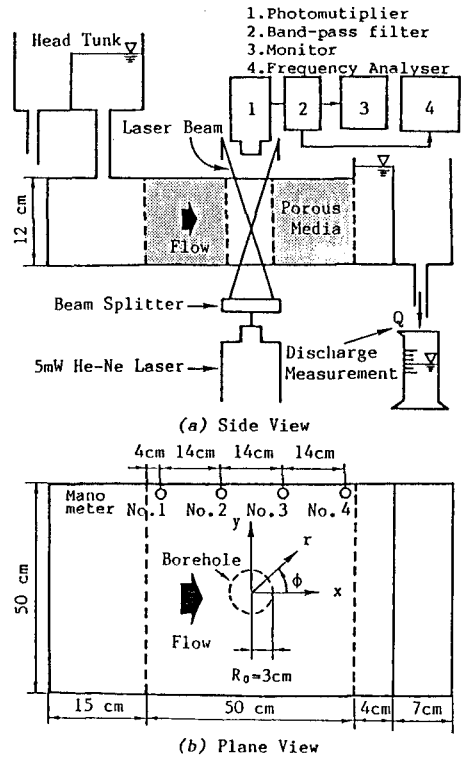
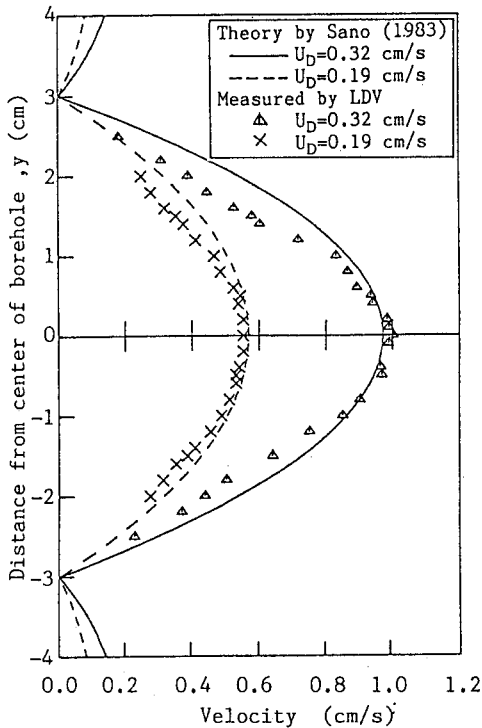
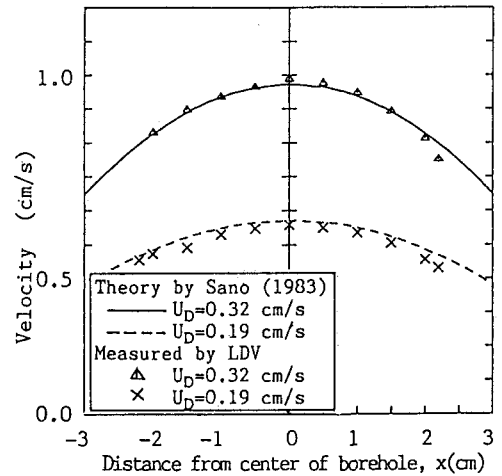


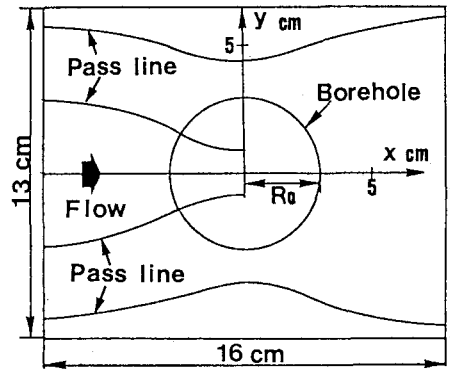
図-1 実験装置



図一 2 $x=0$ 断面内の流速分布



図一 3 $y=0$ 断面内の流速分布



図一 4 流跡線の観測結果

示す。実測値は、理論解と良い一致を示しており、ボーリング孔内の流れは流れ方向に凸な放物型分布をしているといえる。また、前報で示したように、ボーリング孔中心位置の流速 u_0 は、Darcy 流速 U_D の 3 倍であることがわかる。図一 3

には、 $y=0$ 断面内の流れ方向流速分布の LDV 実測値と理論解を示す。実測値と理論解はほぼ一致している。また、 $y=0$ 断面内での分布も、 $x=0$ 断面と同様に、ボーリング孔中心位置で最大流速となる放物型分布をしているといえる。なお、ボーリング孔内における、流速分布の対称性も保たれているといえる。

2) 流跡線 図一 4 にトレーサとしてアニリンブルーを用いて目視観測により求めた、ボーリング孔内及びその周辺の流跡線の観測結果を示す。流体は、ボーリング孔に吸い込まれるように流れていることがわかる。なお同図より、 x 軸、 y 軸に関する流れの対称性は、十分保たれているといえる。

5. おわりに

本研究では、ボーリング孔内の流速分布を LDV により測定し、理論解との比較を行った。この結果、LDV による実測値は理論解と良く一致しており、ボーリング孔内の流れは流れ方向に凸な放物型分布をしていることを示した。さらに、ボーリング孔周辺部の地下水流れを調べる目的で、トレーサを投入し流跡線の観測を行い、流れがボーリング孔内に吸い込まれるように流れることを示した。

謝辞；本研究を行うにあたり、有益な御助言を下された東京農工大学の佐野理先生に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 南 勲：多孔性パイプを使用した地下水流速の定点電気測定法，農業土木研究別冊，No.1，pp.39～43，1960。
- 2) 佐野 理：多孔性媒質中に穿った円柱状の空洞を過ぎる粘性流，ながれ，vol.2，pp.252～259，1983。
- 3) 本田、本村、粉井：ボーリング孔内及びその周辺の多孔性媒質中の地下水流れに関する検討，土木学会西部支部講演概要集，pp.194～195，1988。