

## 井戸揚水地域における地下水の水理特性評価

(株)地圏総合コンサルタント ○高橋拓也 澁谷奨

## 1. はじめに

高規格幹線道路事業が進められている本調査地域は、礫質土地盤に帯水する浅い地下水を井戸から揚水し、飲料・農業用に利用している状況が確認される。道路計画路線に近い井戸は、道路工事による盛土部の地盤改良や橋梁基礎施工により、地下水の濁りや水質悪化が発生する可能性があり、今後の道路事業を進めるうえで水理特性（透水係数、地下水の流向流速等）の評価や継続的な地下水位観測が必要である。

本調査で実施した孔内流向流速測定では、複数の測定箇所でも地下水が上流側へ逆流する現象が確認された。

## 2. 調査地概要

調査地は谷埋地形に堆積する沖積礫質土層（a1-g 層）で構成され、深度6m 付近の沖積粘性土層（a1-c 層）で2つの帯水層（第1・第2帯水層）に分断される（図-1）。

計画道路は平坦部を盛土、道路・河川上を橋梁とする計画である（計画は調査前のものである）。

本調査地域に設置されている井戸は計画路線付近におよそ20箇所確認される。井戸取水深度は概ね4～6mであり、第1帯水層から取水していることがわかった。

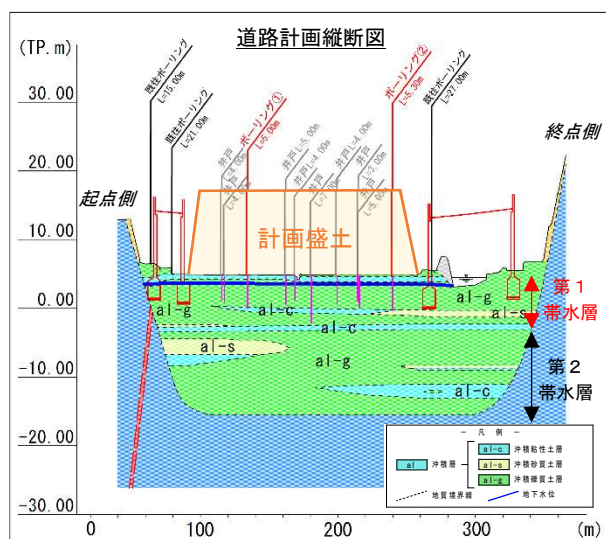


図-1 地質断面図(縦断面図)

## 3. 調査方法

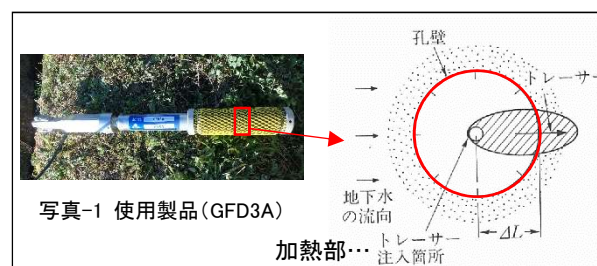
孔内流向流速測定は、ボーリング調査を実施した3孔で、掘進中および観測孔設置後の2回測定を行った。

測定を実施した箇所は、農業用井戸が密集し、かつ計画盛土の直下流で2箇所（ボーリング①・ボーリング②）、飲料用の上水道井戸水源を挟む計画道路の下流側350mで1箇所（ボーリング③）の計3箇所とした。

孔内流向流速測定は以下の理由から熱量法とした。

- ・地下水が懸濁していても測定可能である
- ・適用できる流速範囲が $1.6 \times 10^{-6} \sim 1.6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ と砂～砂礫地盤（礫質土地盤）に適している
- ・連続測定が可能で定量的にデータを取得できる

熱量法は装置を対象深度に挿入し、装置内部のヒーターによって加熱された地下水をトレーサーとして、温度センサを用いてその移動を検出することで、地下水の流速と流向を求める測定方法である（図-2）。

図-2 熱量法の概念図<sup>1)</sup>に加筆

測定器は JFE アドバンテック(株)製の GFD3A<sup>2)</sup>を使用した。本製品の使用は以下のとおりである。

表-1 GFD3A の仕様一覧

測定範囲	流速	0.01～1.0m/min
	流向	0～360°
精度	流速	±10%
	流向	±10°
センサ形状	φ34×250mm	

## 4. 調査結果

孔内流向流速測定では、下流側へ流れる定常時の流向とは異なる“上流側”へ逆流する結果が得られた。各ボーリング孔での測定結果を以下に示す。

## (1) 計画盛土直下流－起点側（ボーリング①地点）

掘進中の測定において、地下水の流向が測定中に下流側から上流側に変化することを確認した。測定開始直後は概ねSW方向（下流側）の流向を示し、30分程度経過した時点で、N方向（上流側）に推移する現象が確認された。

測定時における農業用井戸に設置されている揚水ポンプの稼働状況を調査したところ、流向が下流側から上流側へ変化した直前に、NE方向（上流）側の揚水ポンプ（離隔約40m）が稼働しており、地下水を取水していることがわかった。

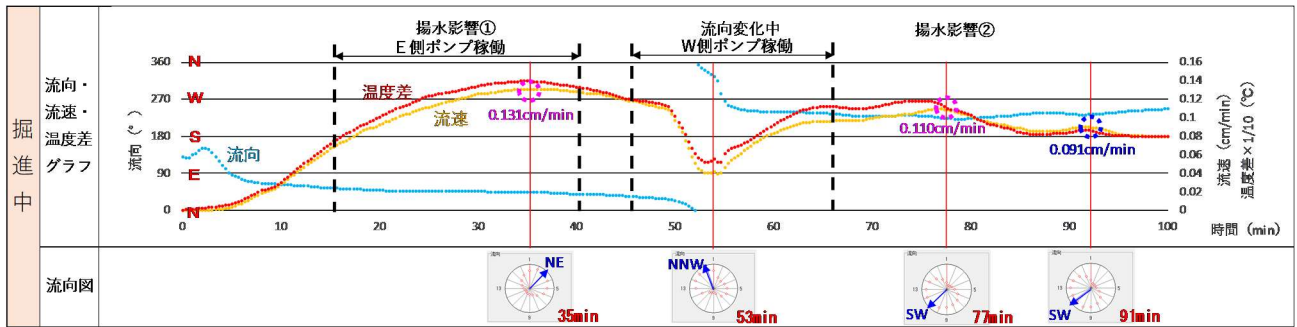


図-2 流向流速測定結果(ボーリング②-掘進中)

## (2) 計画盛土直下流-終点側(ボーリング②地点)

掘進中の測定では、地下水の流向が測定中に下流側から上流側に変化することを確認した(図-3)。測定開始から概ねNE方向の流向を示し、50分程度経過した時点で、SW方向に急激に推移する事象が確認された。推移開始から5分程でSW方向の流向を示し、その後45分間は比較的安定した状態であった。

流速は、流向が推移する15分前より速度が低下し、流向の変化が生じたタイミングで急激に低下した。

測定開始直後、E方向側の揚水ポンプ(離隔約30m)が稼働しており、地下水を取水していることがわかった。また、測定開始から45分時点からW方向の揚水ポンプ(離隔約40m)の稼働を確認した。

## (3) 計画盛土下流(ボーリング③地点)

掘進中の測定では、安定してSW~WSW方向(下流側)の流向を示していた。

観測孔設置後の測定における地下水の流向は、測定開始から20分後以降、N~W方向を不安定に推移し、45分~75分の間はNE方向(上流側)を示した。この不安定状態は測定終了まで解消されることはなかった。

測定時における周辺の揚水ポンプの稼働は確認できなかったが、NE方向、離隔約160mに設置されている上水道井戸水源(農業用井戸よりも大容量の取水機能を持つ)が稼働していた。

## 5. 水理特性

### (1) 地下水の流向流速

孔内流向流速測定より、調査地の定常時の地下水は1時間に8.5cm以上の速度で概ねSSW~SW方向(下流側)に流れており、井戸の揚水時には上流側へ逆流することが明らかとなった。

### (2) 揚水範囲の予測

揚水に伴う影響半径の推定式を用いて、概略的に影響半径を算出した。使用した推定式は式-1のWeber式<sup>3)</sup>である。

### <影響半径推定式(Weber式)>

$$R = 2.45 \cdot \sqrt{Hkt/n_e} \quad \dots \text{式-1}$$

ここに、 $R$  : 地下水の影響半径

$H$  : 帯水層厚 (m) → 第1帯水層の層厚

$k$  : 透水係数 → 現場透水試験結果

$t$  : 揚水時間

$n_e$  : 有効間隙率 → 一般値

予測に使用した値は、帯水層厚  $H=3.35\text{m}$ 、透水係数  $k=5.89\text{E-}03\text{m/s}$ 、有効間隙率  $n_e=0.3$ と設定した。この結果、1本の井戸が1時間揚水した場合、およそ半径40mの範囲の地下水に影響すると算出された。

## 5. おわりに

- 井戸揚水地域では、通常下流側へ流れている地下水が上流側へ逆流することがある。
- 地下水を井戸から揚水し、地下水の流向が敏感に変化する地域では、揚水時の地下水の引き込みにより、通常地下水の流向より広範囲にわたり、工事影響が発生する可能性があることが示された。
- 透水性の良い地盤からなる井戸揚水地域における道路事業では、上記を考慮した工事前の水文調査、対策検討を行う必要がある。

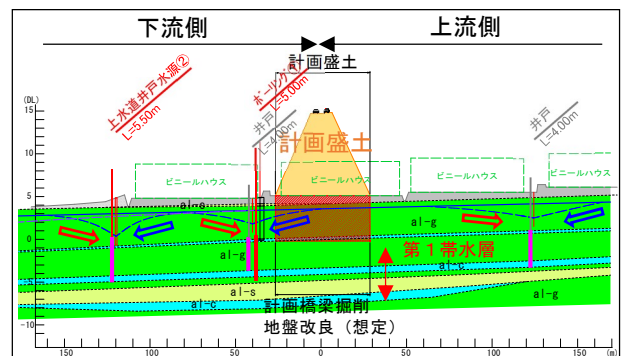


図-3 地質横断面図と地下水の流向模式図

### 《引用・参考文献》

- 地盤工学会：地盤調査の方法と解析, pp629~633, 2013. 3.
- JFE アドバンテック(株), HP より, <https://www.jfe-advantech.co.jp/>. (確認日: 2019/6/10)
- Bear, J. (1979): Hydraulics of groundwater, Mc. Graw-Hill, pp.306-322.