

連続式流向流速計を用いたSMW施工前の地下水流向流速測定

Measurements of Groundwater Flow before Soil Mixing Wall Construction in Single Borehole using the Continuous Measuring Device

阿部 秀一^{※1} 日野 宣隆^{※1} 光岡 昭彦^{※1} 坂野 勇二^{※1}
Shuuichi Abe Noritaka Hino Akihiko Mitsuoaka Yuji Sakano
小林 薫^{※2} 松田 浩朗^{※3} 松元 和伸^{※3} 阿保 寿郎^{※3}
Kaoru Kobayashi Hiroaki Matsuda Kazunobu Matsumoto Toshiro Abo

【キーワード】 地下水調査 流向流速計 連続式 デジタルビデオカメラ 画像処理技術

1. はじめに

地球環境問題に関心が集まる中、近年では地下鉄工事、共同溝や大規模な建設工事等に伴い帯水層を遮断する地下水流動阻害などの地盤環境問題が多くなっている。このため、地下水流動を保全するための各種対策工も提案されている(図-1参照)。地下水流動阻害を軽減するためには、周辺地下水への影響予測・評価や各種対策工の効果確認や検討において、施工前の自然状態の地下水流向流速を正確に把握しておくことは非常に重要である。地下水の流向流速測定は、環境保全・環境修復の分野において、透水試験よりも重要視されている¹⁾。

一方、地盤内の地下水流動は、潮汐や、気圧、季節および周辺の井戸利用状況などにより絶えず変動している。現地での正確な地下水流動を把握するためには、地下水流動に影響を及ぼす外的要因の究明と共に、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必要である。このことから、小林ら²⁾は長期的かつ連続的に地下水流向流速を測定できる画像処理技術を用いた測定装置(以下、連続式流向流速計と記す)を開発している。

本論文は、Soil Mixing Wall(以下、SMWと記す)施工前の現状における地下水流向流速を把握することを目的に、新たに開発した連続式流向流速計を用いた原位置での測定結果について述べるものである。

2. 工事・地質概要および地下水流向流速測定概要

2.1 工事・地質概要

仙台市高速鉄道東西線建設工事の内、御町工区土木工事は、仙台市東部の流通業務系の施設が密集した地域に位置し、路面覆工を行った後に延長約160m、幅約20m、掘削深さ約17.5m(一部は20m)を開削トンネル工法により駅舎を建設するものである。図-2は、代表的な地質柱状図と標準掘削断面を示す。

当該地は、揚水規制区域に当たるため、本工事では湧水量抑制として遮水性の高いSMW工法(平均壁長は約

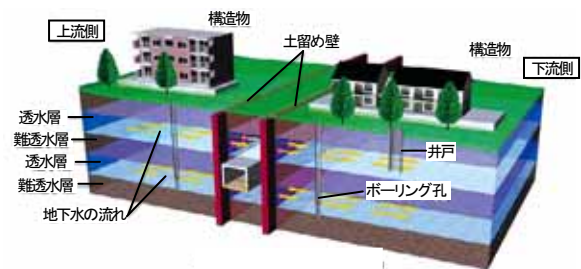


図-1 地下水流動保全対策イメージ

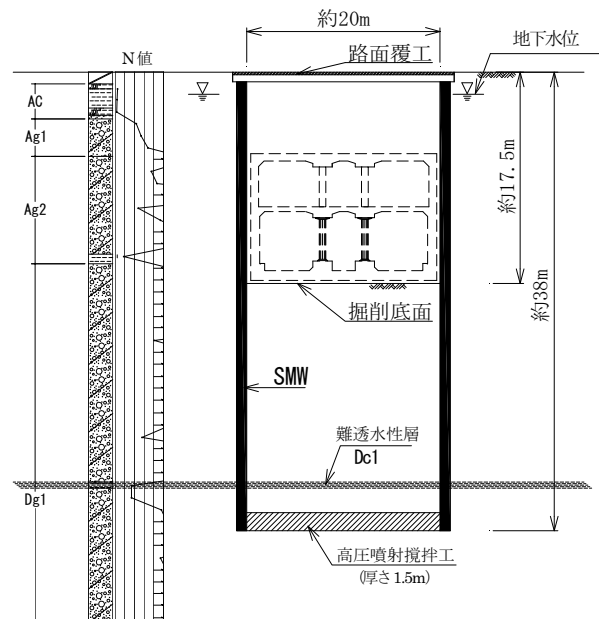


図-2 代表的な地質柱状図および標準掘削断面

38m) および土留め壁先端部に高圧噴射攪拌工法による遮水層を造成する。

地質は、上位より盛土、埋土(Ts)、礫混り粘土(Ac)、砂混り礫(Ag1)、粘土混り礫(Ag2)、厚さ1m程度で難透水性の薄い礫混り粘土(Dc1)および粘土混り礫(Dg1)により構成される。また、地下水位は、GL-2~3m程度で非常に高く、土留め壁施工に伴い帯水層を遮断し、地下水流動に影響を及ぼす可能性がある。

※1 東日本土木支社 東北土木事業部 東西線御町作業所

※2 技術研究所

※3 技術研究所 第一研究室

2.2 地下水流向流速測定の概要

(1) 測定概要および井戸構造の概要

地下水流向流速測定は、2008年4月5日にGL-12.0m付近の粘土混り礫層 (Ag2) を対象に実施した。測定方法は、所定深度において、連続式流向流速計の設置方位を順次回転させながら複数回実施した。また、測定井 (写真-1) は、深さ15mで塩ビ管 (VP75) を用い、測定深度位置には長さ1mの巻き線型ストレーナ (スロットサイズ 1.0mm, 開口率 30%) を設置した。

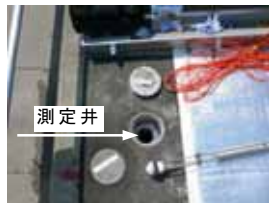


写真-1 測定井の外観

(2) 連続式流向流速計の概要

外径φ50mm, 全長約900mmの連続式流向流速計の本体部を図-3に示す。連続式流向流速計の本体部は、浮きセンサ, CCDカメラ, LED照明, 制御回路, 固定用ゴムパッカーおよび電力・画像伝送用ケーブル接続部などから構成されている。取得画像は、地上部で接続しているパソコンに保存すると共に、動画像としてデジタルビデオカメラで同時に映像を保存した。

本体部先端の浮きセンサは、ヒンジ構造を有する接続治具で本体部と接続している (写真-2 (a))。浮きセンサは、静水中では鉛直で取得画像の中心に位置し (初期画像), 地下水流により浮きセンサ頭部が下流側に移動する (写真-2 (b))。この移動方向を基に内蔵方位計から地下水流向 (方位角) を算出する。地下水流速は、得られた移動量から事前に求めた浮きセンサ頭部移動量と流速の関係図²⁾ を基に求める。なお、連続式流向流速計の測定精度等については文献2),3)を参照されたい。

3. 測定結果

表-1に測定結果の一覧を示す。また、得られた地下水流向と流速をSMW施工平面図に示す (図-4)。

地下水流向は、図-4に示すように、SMW施行位置の長辺に対して斜めに交差する方向であることがわかった。また、仙台平野の微地形区分図⁴⁾によれば、測定位置付近では、旧河道が北東から南西方向に向けて流れていることがわかった。このことから、今回得られた地下水流向は、この旧河道の影響を受けて南西方向の流れが測定されたものと推察される。ここで、周辺地盤内の地下水流速は、ボーリング孔内の地下水流速と比較して1/10程度であるとされている⁵⁾。よって、得られたボーリング孔内の流速測定結果が $6 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ であることより、周辺地盤の地下水流速は $6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ 程度と考えられる。

以上より、地下水流向はSMWの施工により遮断されるが、SMW施行位置の長辺に対して交差する角度が鈍角となるため、SMW施工が及ぼす地下水流動への影響は小さいものと考えられる。

今後も、本連続式流向流速計をさらに改善し、大規模な建設工事がもたらす地下水流動への影響調査に役立て、地盤環境問題の軽減に尽力するつもりである。

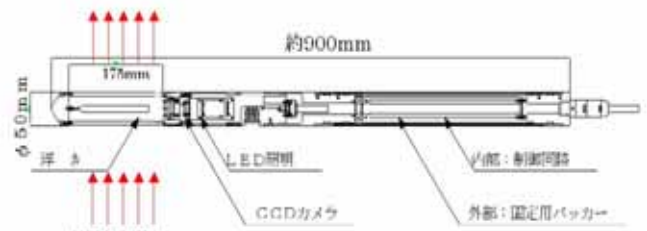
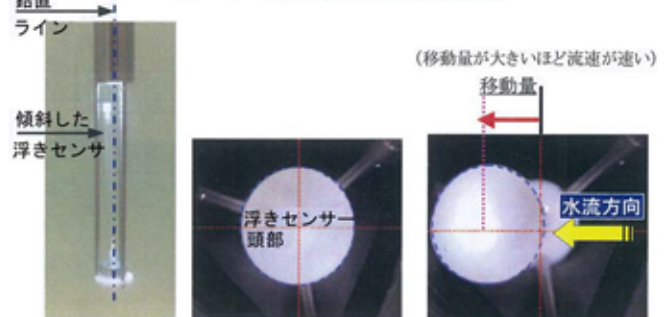


図-3 測定装置本体部の概要図



(a) 浮きセンサ (b) 計測時初期画像と移動後の取得画像例
写真-2 浮きセンサと頭部の撮影画像例

表-1 流向流速測定結果の一覧

測定回数	浮きセンサが傾斜した方位角(度)	浮きセンサ頭部の移動量(ピクセル数)
①	208	84.2
②	198	81.1
③	226	58.5
④	242	58.9
⑤	236	54.2
⑥	251	66.3
⑦	270	61.5
⑧	256	78.8
平均値	236	67.9

移動量を基にしたボーリング孔内の地下水流速(m/s) 6×10^{-3}

注) 方位角は、北を0(ゼロ)°としている。

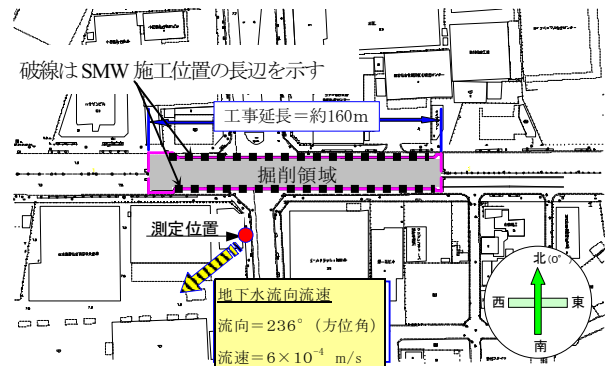


図-4 SMW施工位置と地下水流向との関係

謝辞：本論文は、平成20年度科学研究費補助金(基盤研究(C) 課題番号：19560506)の援助を受けて行ったものであり、ここに記して謝意を表す次第です。

【参考文献】

- 張 銘, 遠藤秀典, 高橋学: 原位置浸透流測定法について(その2), 応用地質, Vol.42, No. 1, pp.52-59, 2001.
- 小林薫, 熊谷幸樹, 松田浩朗, 松元和伸, 阿保寿郎, 金内昌直: 画像解析手法を用いた地下水流動場の連続的な地下水流向流速モニタリング, 地盤工学ジャーナル (投稿中)
- 例えば, 小林薫, 松田浩朗, 松元和伸, 熊谷幸樹, 阿保寿郎, 本山寛: 地下水流動場の連続流向流速測定技術の開発—浮きセンサ—下端部機構について—, 第43回地盤工学研究発表会, pp.1035-1036, 2008.
- 宮城県: 宮城県地震地盤図, 1985.
- 安達義久, 田村孝廣, 斉藤秀晴, 野沢篤志: CCDカメラを利用した地下水流向流速計の適用性, 水文・水資源学会研究発表会要旨集, pp.196-199, 1990.