

地下水流動層検層装置の開発と適用事例

株式会社日さく ○井上 結衣
株式会社ジオファイブ 鎌田 晋哉

1. はじめに

大深度地下開発等、各種土木工事に伴う地下水問題や地盤災害は大きな社会問題を引き起こす。この問題を未然に防止するためには、地下水の平面的・垂直的な賦存状況を正確に把握しておくことが重要である。その一助に資する目的で1本のケーブルに多数の電極を取付け、広範囲を一度に測定可能な電気抵抗法による地下水流動層検層装置を開発した。

ここではその構造・原理及び現場での測定事例を紹介する。

2. 開発した装置の概要及び構造・原理

(1) 装置の概要

本装置は、図-1に示すように1本のケーブルに25cm 毎に任意数の電極を取付け可能な電極プローブとデータロガーから構成される。即ち、電解質溶液に置換された孔内水の電気抵抗の経時変化から地下水流動層を把握するもので、測定中において電極プローブは一定深度に固定されている。測定は、データロガーに内蔵された時計機能により5分毎に測定レンジの切替等を行うことなく全自動で測定し、結果はSDカードにCSV形式で保存する。1電極あたりの測定時間は約1秒であるので100電極付の場合、約100秒で24.75mの範囲を測定する。測定終了後、データロガーは次回測定まで待機(sleep)状態となり、省電力化を図っている。本装置の外観を図-1に示す。



図-1 電極プローブ (左) とデータロガー (右)

(2) 構造・原理

少ないケーブル芯数で多数の電極を効率的に切替えるためには、各電極にマイコンを搭載し、ID番号を付与して制御する方法が一般的であるが、本装置ではコストと保守の観点からパルス伝送式を考案した。パルス伝送式とは、データロガーから1個のパルスを送ると1番目(最上位)の電極を測定し、更に1個のパルスを送ると2番目の電極を測定、更に1個のパルスを送ると3番目の電極を測定するもので送信パルス数により電極を順次切替える仕組みでフリップフロップ回路の応用である。したがっ

て、取付け可能な電極数に制限は無い。また、何らかの原因でパルスが伝送されない故障を想定し、逆方向(最下部電極)から測定することも可能な構造である。その概念は図-2のとおりである。

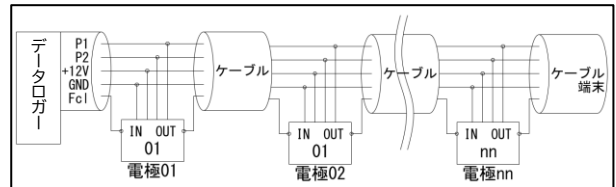


図-2 パルス伝送式電極切替の概念

電気抵抗の測定範囲は、塩分濃度が1%程度から地下水の比抵抗範囲を想定し、0~2,000Ωである。電極には周波数1,000Hzの正弦波を定電圧駆動方式で通電し、電極間の電位(V)と電極に流れる電流(I)を測定し、抵抗($R=V/I$)を算出する。電極部の外径はφ28mm、幅5mmで図-3にその外形を示す。また、データQCの視点から測定時のバッテリー電圧と各電極の消費電流を測定し、SDカードに保存している。

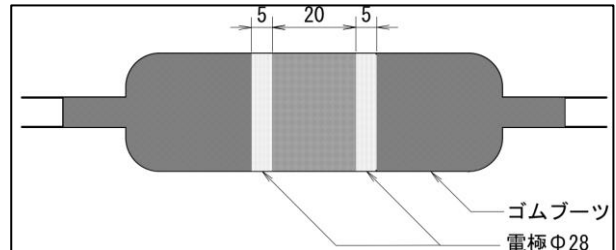


図-3 電極部の外形寸法

(3)仕様・性能の要約

本装置の仕様・性能を表-1に要約する。

表-1 仕様・性能

項目	仕様・性能	単位	備考
電極プローブ部			
測定範囲	0~2,000	Ω	0~62Ωm
電極数	100	個	変更可能
電極部外径	28	mm	
測定周波数	1,000	Hz	正弦波
ケーブル長	110	m	変更可能
データロガー部			
測定間隔	0, 5, 10, 15	分	5分毎に任意回数
測定時間	≒100	秒	100電極付の時
データ容量	3,027	Byte	100電極付の時
記録媒体	32	GByte	SDHC
消費電流	320	mA	測定時
	50	mA	待機時
	0.1	mA	スリープ時
内蔵電池	12V5Ah	-	リチウムポリマー
動作温度	0~50	℃	

3. 適用事例

(1) 地下水開発の事例

通常の地下水調査では掘削孔に電気検層を実施し、地層比抵抗を把握し帯水層把握とすることが多い。特に地下水開発調査の場合は、長尺深度となることが多く、さらに地下水の流動速度が速いため、ピックアップ法では測定している間に回復するといったことが多くみられる。

今回は、測定間隔を短くすることで詳細な地下水流動傾向を把握することを目的とした。

① 検層条件

- ・VP50 水位観測孔(オールストレーナ)
- ・地質条件：沖積礫質土層・洪積礫質土層
- ・実施方法：塩水希釈法
- ・測定間隔：5分間隔で180分測定

② 検層結果

従来のピックアップ方式による解釈では沖積層内の帯水層では約30分で概ね回復するような解釈となるが、5分毎に計測することにより地層に合わせて段階的に比抵抗が回復していることが把握できる。さらに洪積層についても同様に地層状態により段階的に比抵抗が回復していることが把握することができた。

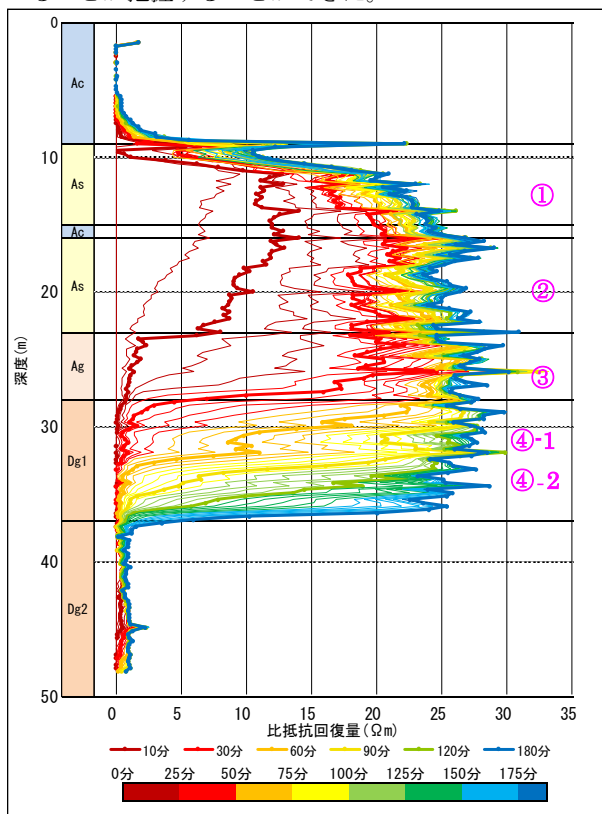


図-4 比抵抗回復量(地下水開発調査)

(2) 地すべり調査の事例

① 検層条件

- ・VP50 水位観測孔(オールストレーナ)
- ・地質条件：第三紀層 安山岩質凝灰岩
- ・実施方法：塩水希釈法
- ・測定間隔：5分間隔で745分測定(最大24時間)

② 検層結果

第三紀層地すべりを対象として実施した。第三紀層堆積岩類では、地盤の透水性は良好ではなく3時間程度の回復時間の場合、比抵抗回復量は微量となることが多い。

今回の地すべり地を対象とした結果、比抵抗は、下降流状の回復傾向を示し上位より深部方向へと段階上に回復していることが確認できた。

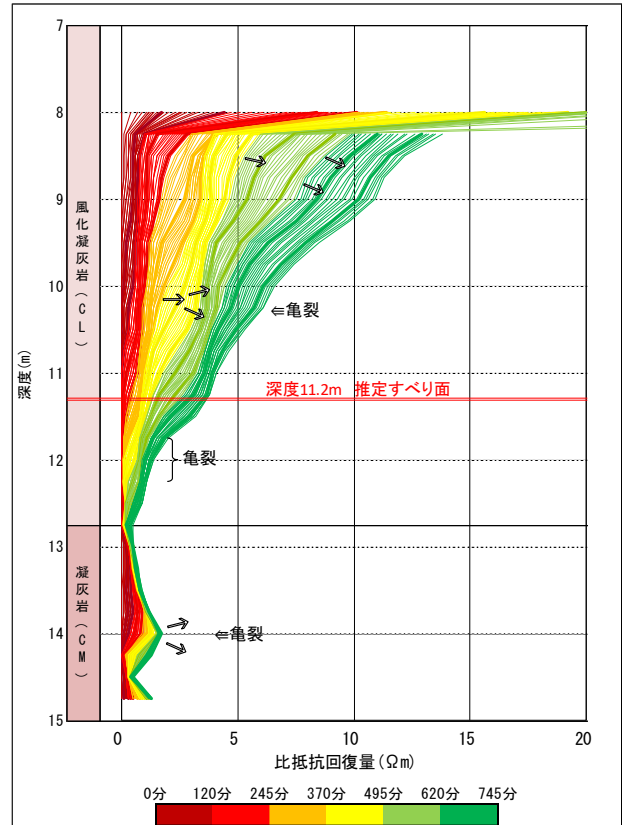


図-5 比抵抗回復量(地すべり調査)

4. おわりに

今回の地下水流動層検層装置を利用した地下水検層を実施した結果、本検層装置の利点として以下の事項が挙げられ、より詳細な調査解釈が可能となると考える。

- ① センサーの移動を行う必要がないため、労力軽減や孔内水の攪拌防止につながる
- ② 計測を短くすることができ、長時間の測定が可能である(約24時間)

本発表においては、孔内水を電解質溶液に置換し、電気抵抗の経時的変化から地下水流動層を把握した実例を述べたが、トレーサを用いることなく、例えば、沿岸域において潮汐による地下水流動調査や塩淡境界の経時的調査研究等やトレーサ試験時における検出孔としての適用可能であると考えられる。