

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-114539

(P2016-114539A)

(43) 公開日 平成28年6月23日(2016.6.23)

(51) Int.Cl.
G01V 9/02 (2006.01)F1
G01V 9/02テーマコード (参考)
2G105

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2014-254898 (P2014-254898)
(22) 出願日 平成26年12月17日 (2014.12.17)(71) 出願人 301031392
国立研究開発法人土木研究所
茨城県つくば市南原1番地6
(71) 出願人 390027177
坂田電機株式会社
東京都杉並区荻窪4丁目8番13号
(74) 代理人 100080115
弁理士 五十嵐 和壽
(72) 発明者 丸山 清輝
新潟県妙高市錦町2丁目6番8号 独立行政法人土木研究所内
(72) 発明者 中山 淳
東京都西東京市柳沢2丁目17番20号
坂田電機株式会社内
Fターム(参考) 2G105 AA02 EE01 LL09 LL10

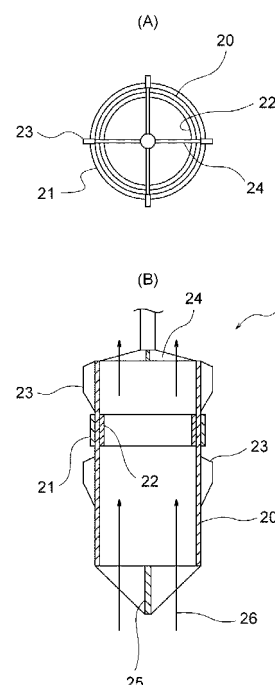
(54) 【発明の名称】 金属の温度－電気抵抗特性を用いた地下水検層法及び装置と、該装置に用いられる検層器

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 水みちが存在する深度を精度よく調査できる地下水検層法等を提供する。

【解決手段】 所定の速度でボーリング孔内に下降される検層器2は、上下端開口の中空筒状検層器本体20と、検層器本体20の外周壁に設けられ、水みちからボーリング孔内に流入する地下水の流れと検層器本体20の降下による流れが混合した流れの影響を受ける測定用金属線21と、検層器本体20の内周壁に設けられ、検層器本体20の降下による流れの影響を受けるリファレンス金属線22とを有している。測定用金属線21とリファレンス金属線22は、通電することで発熱し、温度の上昇により電気抵抗が大きくなるとともに、これらの金属線は地下水の流れにより熱が奪われて温度が低下し、電気抵抗が小さくなるようになっている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

地中の深さ方向に掘削したボーリング孔内に検層器をケーブル等で吊り下げて所定の速度でもって下降させ、地表面からの地下水の水みちの深度を求める地下水検層法であって、

前記検層器は、上下端開口の中空筒状検層器本体と、該検層器本体の外周壁に設けられ、水みちからボーリング孔内に流入する地下水の流れと検層器本体の降下による流れが混合した流れの影響を受ける測定用金属線と、前記検層器本体の内周壁に設けられ、検層器本体の降下による流れの影響を受けるリファレンス金属線と、を有し、

前記測定用金属線とリファレンス金属線は、通電することで発熱し、温度の上昇により電気抵抗が大きくなるとともに、これら測定用金属線とリファレンス金属線は地下水の流れにより熱が奪われて温度が低下し、電気抵抗が小さくなるようになっており、かつ前記リファレンス金属線の熱損失による電気抵抗と測定用金属線の熱損失による電気抵抗との差を前記測定用金属線とリファレンス金属線と固定抵抗器を接続してブリッジ回路を構成した測定回路により出力電圧として求め、該出力電圧が急激に変化している測定深度を探し出すことにより地下水の水みちが存在する深度を求めることを特徴とする金属の温度－電気抵抗特性を用いた地下水検層法。

【請求項 2】

地中の深さ方向に掘削したボーリング孔内に検層器をケーブル等で吊り下げて所定の速度でもって下降させ、地表面からの地下水の水みちの深度を求める地下水検層法に用いられる装置であって、

前記検層器は、上下端開口の中空筒状検層器本体と、該検層器本体の外周壁に設けられ、水みちからボーリング孔内に流入する地下水の流れと検層器本体の降下による流れが混合した流れの影響を受ける測定用金属線と、前記検層器本体の内周壁に設けられ、検層器本体の降下による流れの影響を受けるリファレンス金属線とを有し、

前記測定用金属線とリファレンス金属線は、通電することで発熱し、温度の上昇により電気抵抗が大きくなるとともに、これら測定用金属線とリファレンス金属線は地下水の流れにより熱が奪われて温度が低下し、電気抵抗が小さくなるようになっており、かつ前記測定用金属線とリファレンス金属線と固定抵抗器を接続してブリッジ回路を構成し、前記検層器から送信される信号からリファレンス金属線の熱損失による電気抵抗と測定用金属線の熱損失による電気抵抗との差を出力電圧として測定する測定回路を有し、この測定回路で測定した出力電圧が急激に変化している測定深度を探し出すことにより地下水の水みちが存在する深度を求めることを特徴とする金属の温度－電気抵抗特性を用いた地下水検層装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の地下水検層装置に用いられる検層器であって、

検層器本体の外周壁には測定用金属線の径方向の高さより高い金属線ガードが周方向に複数個設けられていることを特徴とする検層器。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の検層器において、

金属線ガードは、軸線方向を向いたフィン状のものからなり、測定用金属線を挟むように検層器本体の外周壁に設けられていることを特徴とする検層器。

【請求項 5】

請求項 3 又は 4 に記載の検層器において、

検層器本体の軸線方向の両端部にはそれぞれ複数の整流板からなる尖端状の整流部材が設けられていることを特徴とする検層器。

【請求項 6】

請求項 3 ないし 5 のいずれかに記載の検層器において、

検層器本体の外周壁に設けられた測定用金属線と検層器本体の内周壁に設けられたリファレンス金属線は、検層器本体の軸線方向の相対向する位置に、周方向にそれぞれ設けら

10

20

30

40

50

れていることを特徴とする検層器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、地すべり防止施設の計画・設計などのために行われる地下水検層法の改良及び高度化に関し、詳しくは、金属の温度－電気抵抗特性を用いて調査対象となる地層中に地下水の水みちが地表面からの深度においてどの位置に存在するかを調査する方法及び装置と、その装置に用いられる検層器に関するものである。

【背景技術】

【0002】

地すべりの発生を防止するために、地すべり斜面の地下水排除をはじめとして、地すべり防止施設の設計、地すべり機構の解明、あるいは一般的な土木工事の基礎調査など様々な目的のために地下水調査が行われている。この地下水調査の1つとして地下水検層があり、地下水検層は、地質調査などのために地すべり斜面内に掘削された既設のボーリング孔を用いて深さ方向に存在する水みちを調査するものである。

【0003】

従来の一般的な地下水検層法は、ボーリング孔内に溜まった水に食塩を均一な濃度になるように溶かし、水みちからボーリング孔内に流入する地下水により食塩濃度が低下して比抵抗値が変化する状況を、ボーリング孔内地下水面下から孔底までの間で、時間をおいて数回測定することにより水みちの存在する深度を調査するものである（例えば、特許文献1）。

【0004】

しかし、この地下水検層法では、比抵抗値の低下状況から水みちの存在深度を判断することが難しい場合が数多くあることや、測定に長時間を要すること、食塩を用いることによる周辺環境への負荷が大きい、等の問題点があった。そのため、これらの問題点を解決するため、出願人は先に「加熱式地下水検層法」を提案し、特許第4421627号として取得済みである（特許文献2）。

【0005】

この特許の加熱式地下水検層法は、感知器本体と、該感知器本体の内部に設けられた発熱体と、該発熱体近傍の感知器本体に設けられ発熱体の温度を感知する第1の温度センサと、前記発熱体から所定間隔下方の感知器本体に設けられ周囲の水温を感知する第2の温度センサとを有する感知器を備え、第1の温度センサと第2の温度センサとで感知した前記発熱体の温度及び前記水温を同時に所定時間毎に測定し、前記発熱体の温度が前記水温と線形関係にある平衡温度の要素と地下水の水みちからの水流の影響による変化温度の要素とからなるものであることと前記平衡温度が前記水温と線形関係にあることを利用して、前記発熱体の温度と、該温度と同時に測定した前記水温とからその測定深度毎に前記変化温度を算出し、前記変化温度が急激に変化している測定深度を探し出すことにより地下水の水みちが存在する深度を求めるものである。

【0006】

しかし、前記特許の加熱式地下水検層法においては、発熱体の地下水の流れによる熱損失の変化を捉えるため、第1の温度センサ出力が地下水の温度、流れ、比熱の各変化の影響を受けることとなるが、発熱体には厚みと面積があるので、地下水に接する表面の温度変化と発熱体に取り付けられた温度計の応答との間に温度勾配と時間遅れが生じ、これらが第1の温度センサの測定精度を低下させる原因となって、地下水の温度や地下水の含有物による比熱の変化が大きい場合には調査精度が低下するという問題点があった。

【0007】

【特許文献1】特開平5-60874号公報

【特許文献2】特開2008-256386号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0008】

そこでこの発明は、前記従来の技術の問題点を解決し、地下水の水みちが存在する深度を精度よく調査することができて、地下水調査コストの削減を図ることができる、金属の温度－電気抵抗特性を用いた地下水検層法及び装置と、該装置に用いる地下水検層器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、地中の深さ方向に掘削したボーリング孔内に検層器をケーブル等で吊り下げて所定の速度でもって下降させ、地表面からの地下水の水みちの深度を求める地下水検層法であって、前記検層器は、上下端開口の中
10
空筒状検層器本体と、該検層器本体の外周壁に設けられ、水みちからボーリング孔内に流入する地下水の流れと検層器本体の降下による流れが混合した流れの影響を受ける測定用金属線と、前記検層器本体の内周壁に設けられ、検層器本体の降下による流れの影響を受けるリファレンス金属線とを有し、前記測定用金属線とリファレンス金属線は、通電することで発熱し、温度の上昇により電気抵抗が大きくなるとともに、これら測定用金属線とリファレンス金属線は地下水の流れにより熱が奪われて温度が低下し、電気抵抗が小さくなるようになっており、かつ前記リファレンス金属線の熱損失による電気抵抗と測定用金属線の熱損失による電気抵抗との差を前記測定用金属線とリファレンス金属線と固定抵抗器を接続してブリッジ回路を構成した測定回路により出力電圧として求め、該出力電圧が急激に変化している測定深度を探し出すことにより地下水の水みちが存在する深度を求め
20
ることを特徴とする。

【0010】

請求項2に記載の発明は、地中の深さ方向に掘削したボーリング孔内に検層器をケーブル等で吊り下げて所定の速度でもって下降させ、地表面からの地下水の水みちの深度を求める地下水検層法に用いられる装置であって、前記検層器は、上下端開口の中空筒状検層器本体と、該検層器本体の外周壁に設けられ、水みちからボーリング孔内に流入する地下水の流れと検層器本体の降下による流れが混合した流れの影響を受ける測定用金属線と、
30
前記検層器本体の内周壁に設けられ、検層器本体の降下による流れの影響を受けるリファレンス金属線とを有し、前記測定用金属線とリファレンス金属線は、通電することで発熱し、温度の上昇により電気抵抗が大きくなるとともに、これら測定用金属線とリファレンス金属線は地下水の流れにより熱が奪われて温度が低下し、電気抵抗が小さくなるようになっており、かつ前記測定用金属線とリファレンス金属線と固定抵抗器を接続してブリッジ回路を構成し、前記検層器から送信される信号からリファレンス金属線の熱損失による電気抵抗と測定用金属線の熱損失による電気抵抗との差を出力電圧として測定する測定回路を有し、この測定回路で測定した出力電圧が急激に変化している測定深度を探し出すことにより地下水の水みちが存在する深度を求めることを特徴とする。

【0011】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の地下水検層装置に用いられる検層器であって、検層器本体の外周壁には測定用金属線の径方向の高さより高い金属線ガードが周方向に複数個設けられていることを特徴とする。
40

【0012】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の検層器において、金属線ガードは、軸線方向を向いたフィン状のものからなり、測定用金属線を挟むように検層器本体の外周壁に設けられていることを特徴とする。

【0013】

請求項5に記載の発明は、請求項3又は4に記載の検層器において、検層器本体の軸線方向の両端部にはそれぞれ複数の整流板からなる尖端状の整流部材が設けられていることを特徴とする。

【0014】

請求項6に記載の発明は、請求項3ないし5のいずれかに記載の検層器において、検層

10

20

30

40

50

器本体の外周壁に設けられた測定用金属線と検層器本体の内周壁に設けられたリファレンス金属線は、検層器本体の軸線方向の相対向する位置に、周方向にそれぞれ設けられていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

請求項1に記載の発明は、前記のように、検層器は、上下端開口の中空筒状検層器本体と、該検層器本体の外周壁に設けられ、水みちからボーリング孔内に流入する地下水の流れと検層器本体の降下による流れが混合した流れの影響を受ける測定用金属線と、前記検層器本体の内周壁に設けられ、検層器本体の降下による流れの影響を受けるリファレンス金属線と、を有し、前記測定用金属線とリファレンス金属線は、通電することで発熱し、温度の上昇により電気抵抗が大きくなるとともに、これら測定用金属線とリファレンス金属線は地下水の流れにより熱が奪われて温度が低下し、電気抵抗が小さくなるようになっており、かつ前記リファレンス金属線の熱損失による電気抵抗と測定用金属線の熱損失による電気抵抗との差を前記測定用金属線とリファレンス金属線と固定抵抗器が接続されてブリッジ回路になった測定回路により出力電圧として求め、該出力電圧が急激に変化している測定深度を探し出すことにより地下水の水みちが存在する深度を求める。つまり、発熱する測定用金属線とリファレンス金属線の各地下水の流れによる熱損失によって生じる金属線の電気抵抗変化を捉えることを動作原理とし、水みちからの地下水の流れの影響を受けないリファレンス金属線の熱損失による電気抵抗と、水みちからの地下水の流れの影響を受ける測定用金属線の熱損失による電気抵抗との差を求めることによって、出力が地下水の温度、比熱の各変化の影響が消去された水みちからの地下水の流れのみの影響を受けるようにしているので、従来の地下水検層法のような発熱体の地下水の流れによる熱損失の変化を捉える必要がなくなり、従来の地下水検層法のように地下水に接する表面の温度変化と発熱体に取り付けられた温度計の応答との間に温度勾配と時間遅れが生じたりすることがなく、地下水の水みちが存在する深度を精度よく調査することができる。しかも、熟練者でなくとも精度よく判定でき、調査時間の短縮も効率よく図れるのに加え、地下水の流れや温度による金属線の熱損失効率が非常に高く、その上金属線自体がセンサであるため測定精度が高く、地下水調査コストの縮減を図ることができる。

【0016】

請求項2に記載の発明は、検層器は、上下端開口の中空筒状検層器本体と、該検層器本体の外周壁に設けられ、水みちからボーリング孔内に流入する地下水の流れと検層器本体の降下による流れが混合した流れの影響を受ける測定用金属線と、前記検層器本体の内周壁に設けられ、検層器本体の降下による流れの影響を受けるリファレンス金属線とを有し、前記測定用金属線とリファレンス金属線は、通電することで発熱し、温度の上昇により電気抵抗が大きくなるとともに、これら測定用金属線とリファレンス金属線は地下水の流れにより熱が奪われて温度が低下し、電気抵抗が小さくなるようになっており、かつ前記測定用金属線とリファレンス金属線と固定抵抗器を接続してブリッジ回路を構成し、前記検層器から送信される信号からリファレンス金属線の熱損失による電気抵抗と測定用金属線の熱損失による電気抵抗との差を出力電圧として測定する測定回路を有し、この測定回路で測定した出力電圧が急激に変化している測定深度を探し出すことにより地下水の水みちが存在する深度を求めるので、請求項1に記載の発明と同様の効果を簡素な構成で達成することが可能となり、製作も容易となる。

【0017】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の地下水検層装置に用いられる検層器であって、検層器本体の外周壁には測定用金属線の径方向の高さより高い金属線ガードが周方向に複数個設けられているので、測定用金属線がボーリング孔の孔壁に接触するのを防止して、測定に悪影響がでないようにすることができる。

【0018】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の検層器において、金属線ガードは、軸線方向を向いたフィン状のものからなり、測定用金属線を挟むように検層器本体の外周壁に設

けられているので、水の抵抗を小さく抑えて整流機能を発揮することができるとともに、測定用金属線がボーリング孔の孔壁に接触するのをいかなる状況下でも確実に防止することができる。

【0019】

請求項5に記載の発明は、請求項3又は4に記載の検層器において、検層器本体の軸線方向の両端部にはそれぞれ複数の整流板からなる尖端状の整流部材が設けられているので、該整流部材によって検層器の昇降をスムーズに行うことができるとともに、整流板によって効率的に水の流れを整える整流効果を期待することができる。

【0020】

請求項6に記載の発明は、請求項3ないし5のいずれかに記載の検層器において、検層器本体の外周壁に設けられた測定用金属線と検層器本体の内周壁に設けられたリファレンス金属線は、検層器本体の軸線方向の相対向する位置に、周方向にそれぞれ設けられているので、両金属線を同じ地下水の水位位置にもたらし、ブレのない測定が可能となり、熱損失の変化をより高精度に求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】この発明の金属の温度－電気抵抗特性を用いた地下水検層装置の一実施の形態の構成を示す概要図である。

【図2】同上で用いる検層器の構成を示す概略図で、(A)は平面図、(B)は正断面図である。

【図3】同上で用いるブリッジ回路からなる測定回路である。

【図4】地下水検層装置の動作を示す模式図である。

【図5】地下水検層法の検証用装置の概要を示す模式図である。

【図6】同上の装置において、図1の地下水検層装置で測定した各測定データの深度分布を表したグラフである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

この発明の一実施の形態を、図面を参照して説明する。

【0023】

図1は、この発明の地下水検層装置の一実施の形態の概要構成を示す構成図である。1は地下水検層装置であり、地質調査などのために地すべり斜面等に掘削された既設のボーリング孔を利用して、調査対象となる地層中に地下水の水みちが地表面からの深度においてどの位置に存在するかを調査するのに用いられるものである。

【0024】

この地下水検層装置1は、ケーブルに接続され、ボーリング孔内をケーブルで吊り下げながら所定の速度で下降させる後述の検層器(プローブ)2と、ボーリング孔上方に設置され、前記ケーブルをプーリーで巻き出し・巻き上げ可能に構成されており、ボーリング孔内において検層器2を昇降させる昇降機3と、地上に設置され、検層器2とケーブル内の配線で電氣的に接続し、検層器2から送信される信号から出力電圧を測定し記録する測定器4を具備している。

【0025】

本実施の形態において昇降機3は、地すべり斜面のような商用電源が近くにない場所でも使用できるように、発動発電機が備えられ、ガソリンなどの燃料から発電して作動するようになっている。また、各機器同士(例えば、検層器2と測定器4)は、配線で電氣的に接続されたような有線形式ではなく無線形式であっても構わない。つまり、電磁的な方法により、測定データ等を少なくとも所定の一方方向に送信可能となっていればよい。

【0026】

図2(A)、(B)は、図1の検層器2の構成を示す概略図であり、検層器2は、下端が尖って全体の外観形状がロケット状の検層器本体20を具備している。この検層器本体20は上下端開口の略中空円筒状からなり、外周壁の中間位置やや上方に測定用金属線21

10

20

30

40

50

が設けられ、この測定用金属線 2 1 と相対向する内周壁にリファレンス金属線 2 2 が設けられている。測定用金属線 2 1 とリファレンス金属線 2 2 は、検層器本体 2 0 の内外周壁におけるそれぞれ相対向する位置に設けられている。その位置はこの実施例では検層器本体内の地下水の流れが整う中央付近にしているが、必ずしも中央付近でなくともよく、検層器本体の下部でもよい。なお、測定用金属線 2 1 とリファレンス金属線 2 2 は、いずれも金属線を複数回コイル状に巻き付けたものであるが、図 2 では単に板状にして表している。また、この実施例では、測定用金属線 2 1 とリファレンス金属線 2 2 は、金属線を複数回巻き付けたコイル状としているが、かかる形状は検層器本体 2 0 の内外周壁に金属線を固定するための一例であり、検層器本体 2 0 の内外周壁に固定可能であれば金属線の形状はコイル状以外の形状であっても構わない。

10

【0027】

図 2 (A) , (B) において、2 3 は検層器本体 2 0 の外周壁に軸線方向を向いて設けられたフィン状の金属線ガードであり、この例ではちょうど測定用金属線 2 1 を挟むように外周壁の上部と下部に設けられている。金属線ガード 2 3 は周方向に複数個 (4 個) 、その径方向の高さが測定用金属線 2 1 より高くなるように設けられ、測定用金属線 2 1 がボーリング孔の孔壁に接触すると測定に悪影響がでる可能性があることから、これを防止するようになっている。検層器本体 2 0 の上下端部には、それぞれ複数の整流板で十字状に組み付けられ、水の流れを整える機能をもった尖端状の整流部材 2 4 , 2 5 が上下端を上方又は下方へ尖らせて設けられている。図 2 (B) で上端側の整流部材 2 4 はケーブルを中央に保持する機能を併せ有し、下端側の整流部材 2 5 は上端側の整流部材 2 4 より大きく尖って正面視でロケット状の形状を呈し、地下水への下降に対して抵抗を小さくしてスムーズに下降ができるようになっている。2 6 は検層器 2 の下降に伴う地下水の相対的な流れを示す矢印である。

20

【0028】

なお、本実施の形態においては金属線ガード 2 3 をフィン状のものとしたが、これは一例であり、測定用金属線 2 1 より径方向の高さが高いものであれば単なる突起のようなものでもよい。ただ、フィン状のものとして本実施の形態のように周方向に複数個 (4 個) 設けたものとすれば、水の抵抗を小さく抑えて整流機能を発揮することができる。しかも、金属線ガード 2 3 は、図示のように軸線方向の両端をテーパ状に切り欠いているため、水の抵抗をより小さくできる。また、金属線ガード 2 3 は、測定用金属線 2 1 を挟むように設けられているため、測定用金属線がボーリング孔の孔壁に接触するのをいかなる状況下でも確実に防止することができ、その測定を支障なく行える。

30

【0029】

前記のような検層器 2 をボーリング孔内の地下水の中に下降させると、地下水は図 2 (B) において矢印 2 6 で示すように、検層器本体 2 0 の下方から検層器本体に入り検層器本体の上方から抜けるものと、検層器本体 2 0 の外側に沿って流れるものがある。この際に検層器本体 2 0 の外周壁にある測定用金属線 2 1 は、水みちからボーリング孔内に流入する地下水の流れと検層器 2 の降下による流れが混合した流れの影響を受け、そこからその電気抵抗の変化を測定可能とし、検層器本体 2 0 の内周壁にあるリファレンス金属線 2 2 は、検層器 2 の降下による流れの影響を受け、そこからその電気抵抗の変化を測定可能としている。なお、検層器本体 2 0 は、塩化ビニルなどの断熱性を有する樹脂から形成されるが、その材質は、特に断熱性を有する樹脂に限られるものではなく、樹脂以外のものから成形してもよい。

40

【0030】

図 3 は、測定器 4 内に設けられた測定回路を示す。この測定回路 4 0 は測定用金属線 2 1 、リファレンス金属線 2 2 、固定抵抗器 4 1 , 4 2 を接続したブリッジ回路を構成しており、通電することで測定用金属線 2 1 とリファレンス金属線 2 2 は発熱し、温度の上昇により電気抵抗が大きくなる。また、これらの金属線は地下水の流れにより熱が奪われ温度が低下し、電気抵抗が小さくなる。そのため、水みちからの地下水の流れがない場合は、地下水の温度や比熱が変化しても測定用金属線 2 1 とリファレンス金属線 2 2 の温度変

50

化（電気抵抗の変化）が同じであり、出力（電圧計）４４の電圧はブリッジ回路の特性により変化しない。水みちからの地下水の流れがある場合は、測定用金属線２１とリファレンス金属線２２の温度変化（電気抵抗の変化）が異なり、出力４４の電圧はブリッジ回路の特性により変化する。出力４４の電圧は、測定用金属線２１で検知された流れとリファレンス金属線２２で検知された流れの差により生じた電圧であり、水みちからの地下水の流れによる電圧となる。なお、水みちからの地下水の流れは、電圧の測定下、ケーブルで吊り下げられた検層器２を昇降機３によってボーリング孔内の水中に途中停止することなく１回下降させることにより求めることができる。４３は通電用のＤＣ電源である。

【００３１】

次に、本実施の形態に係る地下水検層装置による測定方法について説明する。図４は、地下水検層装置の動作を示す模式図である。なお、同図において、４６は地すべり移動層、４７はボーリング孔保孔管を示す。ボーリング時にはボーリング孔が崩れないように金属製のパイプであるケーシング（図示せず）を圧入しながら掘削するが、ボーリング孔が掘り上がった後、保孔管４７をケーシングの中に挿入しながらケーシングを抜くことにより、地下水位観測孔を作成する。保孔管４７にはその管壁に地下水を管内に導くためのストレーナ４８が貫通して複数個設けられている。ストレーナ４８は口径５ｍｍ程度の穴で、例えば１２０ｍｍ間隔で千鳥状に、周方向に複数個（４個）設けられている。同図において、５０は水みち、５１は水みちから流入した地下水、５２は地下水、５３は地下水面、をそれぞれ示している。

【００３２】

まず、測定の前作業として、地すべり地盤などの調査の対象地域にボーリング孔を掘削し、この掘削したボーリング孔内に、前記したようにボーリング孔の壁面を構成する土砂が崩れてくるのを防止するため、保孔管４７を挿入して、その上端が地表面から少し突出するように設置する。次に、検層器２をボーリング孔内の水面直下に設置させ、検層器２が地下水温になるまで放置する。地下水検層装置１の昇降機３を作動させて、昇降機３のプーリーを回転させ、ケーブルを巻き出し、一定速度（例えば、５ｍｍ／ｓｅｃ）で、ゆっくりと検層器２を下降させる。この下降に際し、検層器本体２０の外観形状が下端に尖ったロケット状となっているため、水中を下降させる時に水の抵抗を受け難く、検層器２が水平方向に揺れ動いたりしないので、精度よく測定することができる。また、検層器２がボーリング孔の壁面に接触しても測定用金属線２１は金属線ガード２３によりガードされるので、損傷することを防止することができる。

【００３３】

このように、ボーリング孔内の水中に検層器２を下降させ、検層器２の測定用金属線２１とリファレンス金属線２２と固定抵抗器とで構成されたブリッジ回路で測定した出力電圧を地上に設置してある測定器４（図１参照）で所定時間毎に記録していく。そして、検層器２がボーリング孔の底に達するまで測定する。このように測定するため、測定箇所（測定深度）では、１回しか測定を行わず、しかも、瞬時に測定できるので、従来の地下水検層法と比べて飛躍的に測定時間が短くて済む。

【００３４】

また、検層器２を一定速度で下降させて、所定時間毎に測定するので、測定データからその測定箇所（測定深度）が割り出せる。しかし、突発的なアクシデントで測定がストップすることもあり得るので、ケーブルに目盛を付すなどして、所定の測定時間毎にその測定深度を測定するようにすると好ましい。更に、昇降機３のケーブル送り出しメータ数を自動で記録されるようにするとより好ましい。

【００３５】

次に、これらの測定データから地下水の水みちの深度を算出する方法について説明する。説明するにあたって、地下水検層法の性能を調べるために、人工的に地下水の水みちを再現した検証用装置を作成し、その装置において、本実施の形態に係る地下水検層装置を用いて測定し、その測定データを基に地下水の水みちの深度を算出する場合で説明する。図５は、この検証用装置の概要を示す模式図であり、図６は、この検証用装置において、

本実施の形態に係る地下水検層装置で測定した各測定データの深度分布を表したグラフ、つまり、横軸を出力電圧 mV 、縦軸を測定深度 (cm) で表したグラフである。

【0036】

検証用装置は、図5に示すようにボーリング孔に相当する塩ビ管 $VP-40$ （内径 $40mm$ ）A、水みちB、水みちBに水を供給するポンプC、流量制御バルブD、流量計E、送水パイプ（ $\phi 4mm$ ）Fから構成されている。検証試験ではポンプCにより水みちBに水を供給しておき、本発明による地下水検層器2に相当する地下水検層器Gを水面H下 $5mm/sec$ で下降させることにより水みちBの深度を調べた。

【0037】

図6は、この検証実験の測定データから求めた出力電圧と対比した深度分布を表したグラフである。なお、塩ビ管 $VP-40$ Aの設置深度である深度約 $48cm$ 付近の水みちには、 $50ml/min$ の水を供給している。検層器Gからの出力電圧は水みち付近で低下した後には上昇している。これは想定通り水みちからの水の流れが検層器Gの測定用金属線に当たり発熱している金属線の温度を低下させ、金属線の電気抵抗値が低下したことによるものである。水みち以外の深度では出力電圧がほぼ一定値になっており、リファレンス金属線により水温や深度方向の流れによる出力電圧の変化が消去されていることが分かる。この出力電圧の変化から水みちの存在と、その深度が明瞭に判定できる。

【0038】

つまり、図6のグラフに変換することで、誰でも容易に地下水の水みちの存在とその地表面からの深度を判定することができる。また、前述のように、ほとんどピンポイントで深度約 $48cm$ 付近が割り出せたように、測定精度も良好である。

【0039】

次に、先行技術文献として挙げた本出願人の特許文献2に関する加熱式地下水検層法及び装置との相違を明確にするため、以下の説明を補足する。

【0040】

この加熱式地下水検層法（以下、先行特許という）は、地すべり斜面に位置するボーリング孔保孔管内に加熱式地下水検層器を一定の速度でゆっくり降下させながら、ボーリング孔内に存在する水みちの深度を調査する地下水調査法であり、水みちの存在する深度は、加熱式地下水検層器のヒータに通電し発熱させておき、そこに水みちからの地下水の流れが当たると、発熱しているヒータの温度が低下することを利用して、ヒータ及び地下水の各温度を1回測定することにより求められる。

【0041】

すなわち、この加熱式地下水検層器と本発明との相違点を具体的に説明すると、次の通りである。

（1）先行特許は、測定部材が、ヒータ、ヒータの温度を測定するヒータ温度計、ヒータより下方に位置し周囲の水温を測定する地下水温計からなっている。これに対して、本発明は、測定部材が、発熱する測定用金属線とリファレンス金属線からなっている。

（2）先行特許では、ヒータの地下水の流れによる熱損失の変化を捉えることを動作原理としている。これに対して、本発明は、発熱する測定用金属線とリファレンス金属線の各地下水の流れによる熱損失によって生じる金属線の電気抵抗変化を捉えることを動作原理としている。

（3）先行特許では、センサ出力が地下水の温度、流れ、比熱の各変化の影響を受ける。これに対して、本発明では、水みちからの地下水の流れの影響を受けないリファレンス金属線の熱損失による電気抵抗と、水みちからの地下水の流れの影響を受ける測定用金属線の熱損失による電気抵抗との差を求めることによって、センサ出力が地下水の温度、比熱の各変化の影響が消去された水みちからの地下水の流れのみの影響を受ける。

（4）先行特許では、ヒータに厚みと面積があるので、地下水に接する表面の温度変化とヒータに取り付けられた温度計の応答との間に温度勾配と時間遅れが生じ、そのため、これらがセンサとしての測定精度を低下させる。これに対して、本発明では発熱する金属線が細い線であり、地下水の流れや温度による金属線の熱損効率が非常に高く、その上金属

10

20

30

40

50

線自体がセンサであるため測定精度が高い。

【0042】

以上のように、この発明の実施の形態を説明してきたが、あくまでも一例を示すものであり、各部の構成については、実施に際して特許請求の範囲に記載した範囲内で、任意に設計変更・修正ができるものである。

【符号の説明】

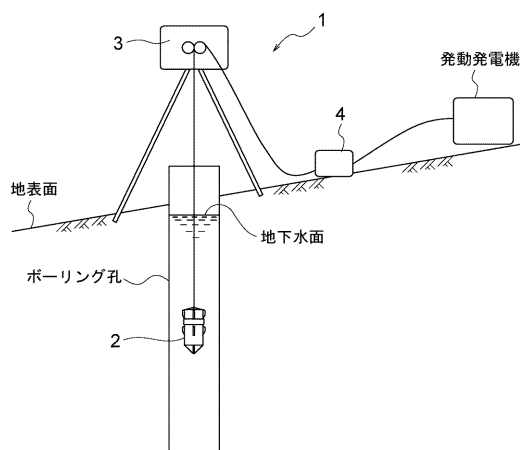
【0043】

- | | |
|--------|--------------|
| 1 | 地下水検層（測定）装置 |
| 2 | 検層器 |
| 20 | 検層器本体 |
| 21 | 測定用金属線 |
| 22 | リファレンス金属線 |
| 23 | 金属線ガード |
| 24, 25 | 整流部材 |
| 3 | 昇降機 |
| 4 | 測定器 |
| 40 | 測定回路（ブリッジ回路） |
| 41, 42 | 固定抵抗器 |
| 43 | 電源 |
| 44 | 出力 |
| 46 | 地すべり移動層 |
| 47 | ボーリング孔保孔管 |
| 48 | ストレーナ |
| 50 | 水みち |

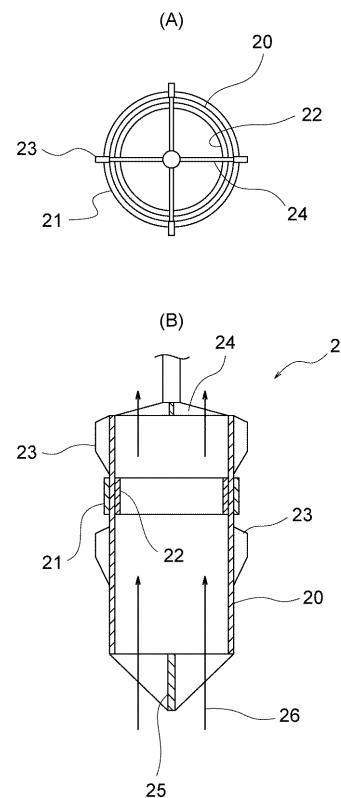
10

20

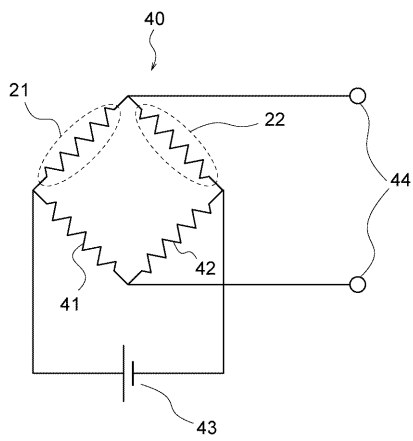
【図1】



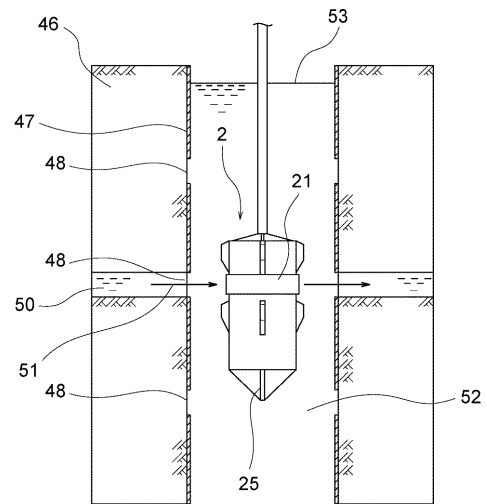
【図2】



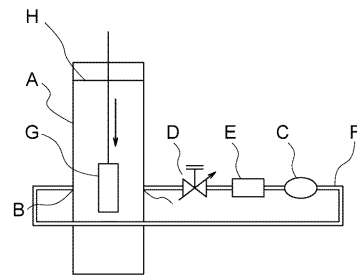
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

