

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4644810号
(P4644810)

(45) 発行日 平成23年3月9日(2011.3.9)

(24) 登録日 平成22年12月17日(2010.12.17)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 V 3/02 (2006.01) GO 1 V 3/02 B
F 4 1 H 11/12 (2011.01) F 4 1 H 11/12

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2005-300998 (P2005-300998)	(73) 特許権者	504145342
(22) 出願日	平成17年10月14日 (2005.10.14)		国立大学法人九州大学
(65) 公開番号	特開2007-108084 (P2007-108084A)		福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号
(43) 公開日	平成19年4月26日 (2007.4.26)	(74) 代理人	100095603
審査請求日	平成20年10月10日 (2008.10.10)		弁理士 榎本 一郎
		(72) 発明者	牛島 恵輔
			福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号
			国立大学法人九州大学内
		(72) 発明者	水永 秀樹
			福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号
			国立大学法人九州大学内
		(72) 発明者	田中 俊昭
			福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号
			国立大学法人九州大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 地下埋設物探査装置及び地下埋設物探査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

地盤に電流を流す電流電極と、2地点間の電位差を測定する電位電極と、前記電流電極及び前記電位電極を支持する支持体と、を備え、地下の見掛け比抵抗を測定する地下埋設物探査装置であって、

前記電流電極及び前記電位電極が、地表面に線接触する線状で円環状の接触面を有し、端部の開口部が各々の円環状の前記電流電極及び前記電位電極の中央上方に配置されたノズル又はパイプから前記円環状の前記電流電極及び前記電位電極の内側の地表面に水滴を滴下する水供給部と、前記水供給部の上流側に接続された水タンクと、を備えていることを特徴とする地下埋設物探査装置。

【請求項2】

前記電流電極及び前記電位電極を前記支持体から離間する方向に付勢する弾性部材が、前記電流電極及び前記電位電極と前記支持体との間に配設又は形成されていることを特徴とする請求項1に記載の地下埋設物探査装置。

【請求項3】

前記弾性部材が、前記電流電極及び前記電位電極と一体に形成されていることを特徴とする請求項2に記載の地下埋設物探査装置。

【請求項4】

前記電流電極及び前記電位電極が、前記支持体に等間隔の格子状又は放射状に配設されていることを特徴とする請求項1乃至3の内いずれか1に記載の地下埋設物探査装置。

【請求項 5】

前記電流電極に所定波形の電気信号を供給する信号供給部と、前記電気信号の立上がり時の前記電位電極間の電位差を測定する電位差測定部と、を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の内いずれか 1 に記載の地下埋設物探査装置。

【請求項 6】

地下埋設物が地雷であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の内いずれか 1 に記載の地下埋設物探査装置。

【請求項 7】

地盤に電流を流しながら 2 地点間の電位差を測定し、地下の見掛け比抵抗を測定する地下埋設物探査方法であって、

線状で円環状に形成された電流電極及び電位電極を前記線状で円環状の接触面で地表面に線接触させ、各々の円環状の前記電流電極及び前記電位電極の中央上方に配置されたノズル又はパイプの端部の開口部から前記円環状の前記電流電極及び前記電位電極の内側の地表面に水滴を滴下することを特徴とする地下埋設物探査方法。

【請求項 8】

前記水滴を、前記電流電極及び前記電位電極に対し同時にかつ一定量ずつ滴下することを特徴とする請求項 7 に記載の地下埋設物探査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、地下の比抵抗を測定して見掛け比抵抗分布を調べ地下の状態、埋設物の位置や形状を予測できる地下埋設物探査装置及び地下埋設物探査方法に関し、特に地下に埋設された地雷の位置や形状を高精度に予測できる地下埋設物探査装置及び地下埋設物探査方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、地下に埋設された埋設物の探査は、地盤のゆるみ調査、地下資源の探査、遺跡等の文化財調査等の分野で広く行われている。特に、地下 1 m 未満の地下浅部においては、導水管の埋設位置の調査、地雷の探査等の分野でも行われている。地雷の探査は、今のところ人手に頼らざるを得ないが、探査に時間がかかる上、探査漏れが起こる可能性が高く、探査者自身に被害が及ぶこともあって、探査精度が高く安全な地雷の探査方法が渴望されている。

このような地下埋設物の探査方法としては、地下の比抵抗を測定して比抵抗分布を調べる電気探査方法、電磁波の伝播や誘導現象を利用した電磁探査方法、磁化率の相違によって生じる磁力異常を計測する磁気探査方法等が知られている。電気探査方法は、地中に棒状の電極を複数本、所定間隔をあけて打ち込み、打ち込んだ電極を用いて地盤に電流を流しながら電極間の電位差を測定し、測定した電位差、通電電流値及び各電極の位置関係からそれぞれの深度に対応した地下の見掛け比抵抗を求め、特許文献 1 乃至 3 に記載のように、広がりのある地下の見掛け比抵抗から埋設物の位置等を探査する方法である。埋設物が導電性が絶縁性を問わず探査できるので、導電性、絶縁性のいずれの種類地雷も探査できる有効な探査方法である。

【0003】

しかしながら、地盤に電極を打ち込む際、埋設された地雷に電極が接触すると爆発させるおそれがあるため、電極が打設できないという問題を有していた。また、測定対象が岩盤の露頭やトンネル坑壁等のような硬い場合も、電極を打ち込むことが困難であり、測定対象の比抵抗の測定が困難であるという問題を有していた。

そこで、地盤に電極を打ち込まなくても比抵抗を測定できるようにするため、種々の技術が開発されている。

従来の技術としては、(特許文献 4)に「ベース部材に、4 個以上の板バネ状電極を互いに電氣的に絶縁した状態で突設し、各電極に貫通穴を形成するとともに各電極の内側面

10

20

30

40

50

に含水可能な可変形部材を配置した電極装置」が開示されている。

(特許文献5)には、「電極エレメントにシート状の導電性高分子ゲル体を接合した無分極電極を複数配置し、前記導電性高分子ゲル体が地盤に粘着するように配置する電気探査方法」が開示されている。

【特許文献1】特開昭54-87601号公報

【特許文献2】特開昭54-89901号公報

【特許文献3】特開昭61-28886号公報

【特許文献4】特開平7-151801号公報

【特許文献5】特開2001-74850号公報

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら上記従来技術においては、以下のような課題を有していた。

(1)(特許文献4)に開示の技術は、地盤に板バネ状電極を押し付けて比抵抗を測定するので、幅広の板バネ状電極と微細な凹凸がある地表面との間の接触抵抗が大きく、また繰り返し精度が低いため、測定誤差が大きくなり、埋設物の位置や形状を高精度で探査できないという課題を有していた。

(2)地表面と幅広の板バネ状電極との接触抵抗を下げ繰り返し精度を高めるためには、地表面の微細な凹凸が潰れる程度まで板バネ状電極を強く押し付ける必要があるが、この押圧力によって地雷が起爆するおそれがあるという課題を有していた。地雷は、子供の片足程度の体重がかかると起爆するように設計されているからである。

20

(3)板バネ状電極を地盤に押し付けることで可変形部材を変形させて水を滲み出させるので、硬い岩盤のようなところでは、電極と岩盤との間に水を入り込ませて接触抵抗を下げるができる。しかし、乾燥した柔らかな砂地では、板バネ状電極を押し付けても砂地が変形するだけで水を滲み出させることができず、電極と地盤との間の接触抵抗を低下させることが困難であった。また、水が滲み出る程度まで強く電極を押し付けると、地雷が埋設されている場合には、その押圧力で地雷が起爆するおそれがあるという課題を有していた。

(4)(特許文献5)に開示の技術は、導電性高分子ゲル体の表面に砂や埃が付着し易く地盤に密着させることが困難で、また導電性高分子ゲル体から水分が蒸発して乾燥すると、地盤との接触抵抗が増大し測定誤差が増大するという課題を有していた。特に、砂地に埋設された地雷を探査する場合には、導電性高分子ゲル体が砂にまみれて比抵抗の測定が困難で、マッピング測定のため電極エレメントを測定領域内を移動させる度に導電性高分子ゲル体を交換する必要があり、作業性に欠け多大な測定時間を要するという課題を有していた。

30

(5)(特許文献4)に開示された板バネ状電極や(特許文献5)に開示された導電性高分子ゲル体からなる電極は、幅広で接地面積が広いので、電極に地表面の砂粒や粘土状の粘着物等が付着し易く、測定領域内を移動させて繰り返し測定を行う場合には、移動させる度に電極に付着した砂粒や粘着物等を除去する必要があり煩雑で作業性に欠けるとともに、砂粒等の除去作業が加わるため探査時間が長時間化するという課題を有していた。

40

【0005】

本発明は上記従来課題を解決するもので、電流電極及び電位電極を地盤に打ち込まなくても、微小な凹凸のある地盤に確実に接触させることができ、地盤と電極との接触抵抗を下げ、繰り返し精度を高めることができ、埋設物の位置や形状を高精度かつ迅速に探査することができ、さらに直下に地雷が埋設されていても起爆するおそれがなく、安全に埋設物の探査を行うことができる安全性に優れた地下埋設物探査装置を提供することを目的とする。

また、本発明は、砂地等の乾燥地盤であっても電極との接触抵抗を極力小さくすることができ、簡単にかつ確実に短時間で高精度の探査を行うことができ、また短時間測定が可能なのでリアルタイム解析も可能であり、さらに測定領域内を移動させて繰り返し測定を

50

行う際の再現性にも優れる地下埋設物探査方法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】

【0006】

上記従来課題を解決するために本発明の地下埋設物探査装置及び地下埋設物探査方法は、以下の構成を有している。

本発明の請求項1に記載の地下埋設物探査装置は、地盤に電流を流す電流電極と、2地点間の電位差を測定する電位電極と、前記電流電極及び前記電位電極を支持する支持体と、を備え、地下の見掛け比抵抗を測定する地下埋設物探査装置であって、前記電流電極及び前記電位電極が、地表面に線接触する線状で円環状の接触面を有し、端部の開口部が各々の円環状の前記電流電極及び前記電位電極の中央上方に配置されたノズル又はパイプから前記円環状の前記電流電極及び前記電位電極の内側の地表面に水滴を滴下する水供給部と、前記水供給部の上流側に接続された水タンクと、を備えた構成を有している。

10

この構成により、以下のような作用が得られる。

(1) 電流電極及び電位電極が、地表面に線接触する線状で円環状の接触面を有しているので、地盤に打ち込まなくても、微小な凹凸のある地盤に確実に接触させることができ、地盤と電極との接触抵抗を下げ、繰り返し精度を高めることができ、この結果、埋設物の位置や形状を高精度で探査することができる。

(2) 電流電極及び電位電極が地表面に線接触する線状で円環状の接触面を有しているので、地盤に強く押し付けなくても、電流電極や電位電極、支持体の自重等の軽微な力で接触させることができるので、直下に地雷が埋設されていても起爆するおそれがなく、安全に埋設物の探査を行うことができる。

20

(3) 水供給部から水滴を電流電極（電位電極）の内側の地表面に滴下し、地表面を湿らせて電流電極（電位電極）と地表面との間に水分を補給し、砂漠等の乾燥した地盤であっても、地盤と電極との接触抵抗を下げ測定精度を高めることができる。

(4) 水供給部の開口部が円環状の電流電極（電位電極）の中央に配設されているので、滴下した水滴が電流電極（電位電極）の内側に溜まって地盤に浸み込み、電流電極（電位電極）の内側が湿るので、隣の電流電極（電位電極）とは絶縁が保たれ短絡するおそれが少なく信頼性に優れる。

【0007】

ここで、地下の比抵抗を測定する方法としては、ウエンナー法、シュランベルジャー法、エルトラン法、スタガード法、ポール・ポール法、ポール・ダイポール法等の種々の方法を採用することができる。

30

電流電極や電位電極の数や配置は、それらの方法に適するように適宜選択することができる。例えば、ポール・ポール法等の場合は、測定領域から離れた地表に無限遠方電流電極を設置するので、測定領域に設置される地下埋設物探査装置の電流電極は、無限遠方電流電極との間で電流を流すことのできる1個以上あれば良い。なお、電位差を測定する電位電極は2本以上配設する。ウエンナー法、シュランベルジャー法等の場合は、4個以上の電極のうち任意の2個を選択して電流電極として通電し、他の2個の電位電極間の電位差を測定して比抵抗を算出する。通電する電流電極、電位差を測定する電位電極をスイッチングして、走査することもできる。次いで、地下埋設物探査装置を、測定領域内を順次移動させ、同様に電位電極毎に電位差を測定し比抵抗を算出して、測定領域内全ての地下の状態を探査する。

40

電流電極と電位電極の合計数は、ポール・ポール法等の場合は2個以上、ポール・ダイポール法の場合は3個以上、ウエンナー法、シュランベルジャー法、ダイポール・ダイポール法等の場合は4個以上あれば、測定領域の広さに応じて、適宜選択することができる。電流電極と電位電極の合計数を多くするにつれ、地下埋設物探査装置の測定領域内の移動回数を少なくすることができ好適である。特に、4～108個好ましくは32～64個の場合、地下埋設物探査装置を小型かつ軽量にするとともに、一度に多数の地点の比抵抗を算出でき測定領域内の地下埋設物探査装置の移動回数を少なくすることができ好適である。

50

なお、地下埋設物探査装置は、測定領域外から吊り下げたりすることで、測定領域内を移動させることができ、自重で電流電極及び電位電極を地盤に接触又は刺衝させることができる。

【 0 0 0 8 】

電流電極や電位電極の材質としては、導電性を有するステンレス製、アルミ製等の金属、導電性樹脂を用いることができる。電流電極や電位電極の表面を、窒化処理等の硬化処理やめっき処理を行うこともできる。

【 0 0 0 9 】

電流電極や電位電極は、線状に形成された電極の側面が、地表面に接触するように形成されたものが好適に用いられる。電極が地盤と線接触するので接触面積を広げ、測定精度を高められるからである。

10

【 0 0 1 0 】

支持体に支持された電流電極、電位電極の間隔は、比抵抗を測定する地下の深度に応じて適宜選択することができる。例えば、浅部を測定する場合は2～5cm程度の間隔にして、深部を測定する場合はそれより広げればよい。

【 0 0 1 1 】

支持体の材質としては、木製、合成樹脂製等の平板状、棒状、格子状等に形成されたものが用いられる。また、電流電極や電位電極を絶縁させることができれば、金属製等で形成されたものも用いることもできる。

【 0 0 1 2 】

電位電極間の電位差を測定することによって、広がりのある地下構造についての見掛け比抵抗を測定することができるので、網羅的に測定することによって、見掛け比抵抗分布を演算することができる。測定領域の見掛け比抵抗分布を解析することによって、低抵抗の領域には導電性の埋設物が存在することが予測され、高抵抗の領域には絶縁性の埋設物が存在することが予測され、その領域の形状から、埋設物の形状を把握し埋設物の種類も予測することができる。比抵抗分布の解析手段としては、非線形最小二乗法による解析によって最適解を短時間で導出することができる。

20

また、見掛け比抵抗分布を演算するのではなく、電位電極周りの電界から電位電極間の電界残差を演算し電界残差分布を求め、高電界の領域や低電界の領域の位置や形状から、埋設物の位置や形状を予測することができる。

30

なお、高抵抗や低抵抗の領域、高電界や低電界の領域は、コンピュータのディスプレイ上に3次元画像状に可視化するのが好ましい。

また、埋設物の位置が予測されたときは、測定領域の地表面やコンピュータのディスプレイ上にマーキングを行うマーキング装置を備えていると好ましい。探査後は、埋設物を発掘したり、地雷の場合に地下等で爆破させたりする後処理を行うのであるが、埋設位置を容易に特定でき後処理の作業性に優れるからである。

ここで、水供給部としては、水や塩水等の水分を連続的若しくは間欠的に供給するものが用いられる。間欠的に供給する手段としては、水滴を自然落下させて滴下するもの、ノズル等から噴射乃至は落下させるもの等が用いられる。

【 0 0 1 3 】

本発明の請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の地下埋設物探査装置であって、前記電流電極及び前記電位電極を前記支持体から離間する方向に付勢する弾性部材が、前記電流電極及び前記電位電極と前記支持体との間に配設又は形成されている構成を有している。

40

この構成により、請求項1で得られる作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) 地表面が平坦でなくうねりがある場合でも、弾性部材を伸縮させることによって全ての電流電極と電位電極を地表面に接触又は刺衝させることができ、地盤の比抵抗を確実に測定して埋設物を探査でき信頼性に優れる。

【 0 0 1 4 】

ここで、弾性部材としては、板ばね、コイルばね、熱可塑性エラストマー、ゴム等を用

50

いることができる。弾性部材は、電流電極と電位電極の各々に配設又は形設され、電極毎に各々独立して弾性変形する。これにより、各々の弾性部材を伸縮させることによって全ての電流電極と電位電極を地表面に接触又は刺衝させることができる。

【0015】

本発明の請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の地下埋設物探査装置であって、前記弾性部材が、前記電流電極及び前記電位電極と一体に形成されている構成を有している。

この構成により、請求項2で得られる作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) 弾性部材が電流電極や電位電極と一体に形成されているので、小型化することができるとともに、接続箇所がないので砂漠等の過酷な環境下でも安定に電気測定でき信頼性に優れる。

10

【0016】

ここで、ステンレス製、アルミニウム製等の金属製の線材で円筒状や円錐状のコイルばねを形成して弾性部材として、その基部を支持体に支持させ、他端の先端を針状、線状、突起状に形成して、電流電極や電位電極にしたものが好適に用いられる。

【0019】

本発明の請求項4に記載の発明は、請求項1乃至3の内いずれか1に記載の地下埋設物探査装置であって、前記電流電極及び前記電位電極が、前記支持体に等間隔の格子状又は放射状に配設されている構成を有している。

この構成により、請求項1乃至3の内いずれか1で得られる作用に加え、以下のような作用が得られる。

20

(1) 電流電極及び電位電極が、支持体に等間隔の格子状又は放射状に配設されているので、格子状や放射状の座標系の中で、埋設物の位置を3次元的に網羅して探査することができ、埋設物の位置を極めて容易に漏れなくかつ正確に予測することができる。

(2) 電極が支持体に等間隔に配設されているので、測定領域の地質条件に応じて、ウェンナー法やポール・ポール法等の中から最適の方式を選択したり、複数の方式による演算結果を比較対照することができ、埋設物の埋設深度も正確に予測できる。

【0020】

本発明の請求項5に記載の発明は、請求項1乃至4の内いずれか1に記載の地下埋設物探査装置であって、前記電流電極に所定波形の電気信号を供給する信号供給部と、前記電気信号の立上がり時の前記電位電極間の電位差を測定する電位差測定部と、を備えた構成を有している。

30

この構成により、請求項1乃至4の内いずれか1で得られる作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) 電流電極に供給した所定波形の電気信号の立上がりに対応した電位電極間の電位差を測定するので、SN比を高めノイズの影響を少なくすることができるとともに、分極の影響も少なくすることができ、埋設物の位置を正確かつ迅速に予測することができる。

【0021】

ここで、所定波形としては、矩形波、ステップ信号等が用いられる。

【0022】

40

本発明の請求項6に記載の発明は、請求項1乃至5の内いずれか1に記載の地下埋設物探査装置であって、地下埋設物が地雷である構成を有している。

この構成により、請求項1乃至5の内いずれか1で得られる作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) 電流電極や電位電極を地盤に強く押し付けなくても軽微な力で刺衝又は接触させることができるので、直下に地雷が埋設されていても起爆させるおそれがなく、また遠隔操作ができるので、探査者自身に被害が及ぶことがなく、安全に地雷の位置や形状を予測することができる。

(2) 導電性や絶縁性の地雷の種類にかかわらず、地雷の位置と形状を正確かつ迅速に予測することができ探査作業性に優れる。

50

【 0 0 2 3 】

本発明の請求項 7 に記載の地下埋設物探査方法は、地盤に電流を流しながら 2 地点間の電位差を測定し、地下の見掛け比抵抗を測定する地下埋設物探査方法であって、線状で円環状に形成された電流電極及び電位電極を前記線状で円環状の接触面で地表面に線接触させ、各々の円環状の前記電流電極及び前記電位電極の中央上方に配置されたノズル又はパイプの端部の開口部から前記円環状の前記電流電極及び前記電位電極の内側の地表面に水滴を滴下する構成を有している。

この構成により、以下のような作用が得られる。

(1) 地下の見掛け比抵抗を測定する比抵抗式電気探査法の測定精度及び分解能は、他の条件を無視すれば、電極の数を多くする程向上する。そのためには、全ての電極と地表面との接触抵抗を短時間で略均一にすることが必要である。電流電極及び電位電極と地盤との接触面積は小さいが、電極が接触した範囲の地盤を湿潤させるため、砂地等の乾燥地盤であっても電極との接触抵抗を極力小さくすることができ、短時間で高精度の探査を行うことができるとともに、測定領域内を移動させて繰り返し測定を行う際の再現性にも優れる。

10

【 0 0 2 4 】

本発明の請求項 8 に記載の発明は、請求項 7 に記載の地下埋設物探査方法であって、前記水滴を、前記電流電極及び前記電位電極に対し同時にかつ一定量ずつ滴下する構成を有している。

この構成により、請求項 7 で得られる作用に加え、以下のような作用が得られる。

20

(1) 水滴を電流電極及び電位電極に対し同時にかつ一定量ずつ滴下するので、各電極に対する地盤の湿潤具合を略均質にすることができ、多点間で測定して見掛け比抵抗分布を演算する際の誤差を小さくすることができ、埋設物の位置や形状を正確に予測することができる。

【発明の効果】

【 0 0 2 5 】

以上のように、本発明の地下埋設物探査装置及び地下埋設物探査方法によれば、以下のような有利な効果が得られる。

請求項 1 に記載の発明によれば、

(1) 電流電極及び電位電極を地盤に打ち込まなくても、微小な凹凸のある地盤に確実に接触させることができ、地盤と電極との接触抵抗を下げ、繰り返し精度を高めることができ、この結果、埋設物の位置や形状を高精度かつ迅速に探査することができる地下埋設物探査装置を提供することができる。

30

(2) 地盤に強く押し付けなくても軽微な力で接触させることができるので、直下に地雷が埋設されていても起爆するおそれがなく、安全に埋設物の探査を行うことができる安全性に優れた地下埋設物探査装置を提供することができる。

(3) 砂漠等の乾燥した地盤であっても、地盤と電極との接触抵抗を下げ測定精度を高めることができる地下埋設物探査装置を提供することができる。

【 0 0 2 6 】

請求項 2 に記載の発明によれば、請求項 1 の効果に加え、

40

(1) 地表面が平坦でなくうねりがある場合でも、弾性部材を伸縮させることによって全ての電流電極と電位電極を地表面に接触又は刺衝させることができ、地盤の比抵抗を確実に測定して埋設物を探査でき信頼性に優れた地下埋設物探査装置を提供することができる。

【 0 0 2 7 】

請求項 3 に記載の発明によれば、請求項 2 の効果に加え、

(1) 弾性部材が電流電極や電位電極と一体に形成されているので、小型化することができるとともに、接続箇所がないので砂漠等の過酷な環境下でも安定に電気測定でき信頼性に優れた地下埋設物探査装置を提供することができる。

【 0 0 2 9 】

50

請求項 4 に記載の発明によれば、請求項 1 乃至 3 の内いずれか 1 の効果に加え、

(1) 格子状や放射状の座標系の中で、埋設物の位置を 3 次元的に網羅して探査することができ、埋設物の位置を極めて容易に漏れなくかつ正確に予測することができる地下埋設物探査装置を提供することができる。

(2) 電極が等間隔に配設されているので、測定領域の地質条件に応じて、ウエナー法やポール・ポール法等の中から最適の方式を選択したり、複数の方式による演算結果を比較対照することができ、埋設物の埋設深度も正確に予測できる応用性に優れた地下埋設物探査装置を提供することができる。

【0030】

請求項 5 に記載の発明によれば、請求項 1 乃至 4 の内いずれか 1 の効果に加え、

(1) SN 比を高めノイズの影響を少なくすることができるとともに、分極の影響も少なくすることができる、埋設物の位置を正確かつ迅速に予測することができる信頼性に優れた地下埋設物探査装置を提供することができる。

【0031】

請求項 6 に記載の発明によれば、請求項 1 乃至 5 の内いずれか 1 の効果に加え、

(1) 電流電極や電位電極を地盤に強く押し付けなくても軽微な力で接触させることができるので、直下に地雷が埋設されていても起爆させるおそれがなく、また遠隔操作ができるので、探査者自身に被害が及ぶことがなく、安全に地雷の位置や形状を予測することができる安全性に優れた地下埋設物探査装置を提供することができる。

(2) 導電性や絶縁性の地雷の種類にかかわらず、地雷の位置と形状を正確かつ迅速に予測することができ探査作業性に優れた地下埋設物探査装置を提供することができる。

【0032】

請求項 7 に記載の発明によれば、

(1) 砂地等の乾燥地盤であっても電極との接触抵抗を極力小さくすることができ、簡単にかつ確実に短時間で高精度の探査を行うことができ、また短時間測定が可能なのでリアルタイム解析も可能であり、さらに測定領域内を移動させて繰り返し測定を行う際の再現性にも優れた地下埋設物探査方法を提供することができる。

【0033】

請求項 8 に記載の発明によれば、請求項 7 の効果に加え、

(1) 各電極に対する地盤の湿潤具合を略均質にすることができ、多点間で測定して見掛け比抵抗分布を演算する際の誤差を小さくすることができ、埋設物の位置や形状を正確に予測することができる高精度の地下埋設物探査方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

以下、本発明を実施するための最良の形態を、図面を参照しながら説明する。

(実施の形態 1)

図 1 (a) は実施の形態 1 における地下埋設物探査装置の要部斜視図であり、図 1 (b) は電流電極若しくは電位電極の要部斜視図であり、図 2 は地下埋設物探査装置の測定状態を示す要部断面図である。

図中、1 は実施の形態 1 における地下埋設物探査装置、2 は等間隔に離間して直線状に配設された複数の脚部、3 は複数の脚部 2 を連結する連結部、4 は脚部 2 の上面に一端側を突設して配設された棒状の突設部、5 は突設部 4 の先端から下方に垂設された支持体、6 はアルミニウム製、ステンレス製等の金属製の線材で形成され上端部が支持体 5 に支持され垂下された円錐状のコイルばねからなる弾性部材、7 は弾性部材 6 の下方側に弾性部材 6 と一体に円環状に形成された線状の電流電極 (電位電極) である。電流電極 (電位電極) 7 は電流を流す場合は電流電極になり、電位差を測定する場合は電位電極となる。これは適宜に選択できる。また、弾性部材 6 は、脚部 2 を平坦な地盤に設置したとき、電流電極 (電位電極) 7 が地盤に接触するような長さ形成されており、電流電極 (電位電極) 7 が地盤に接触した際に自重で縮小できるような弾性係数のものが用いられている。

8 は一端が電流電極 (電位電極) 7 と一体に形成された弾性部材 6 の上端部に接続され

10

20

30

40

50

他端が図示しない信号供給部や電位差測定部に接続されるリード線である。本実施の形態の場合、弾性部材 6 が導電性を有する線材で電流電極（電位電極）7 と一体に形成されているため、リード線 8 を弾性部材 6 と接続したが、電流電極（電位電極）7 と接続することもできる。9 は支持体 5 の側面に配設された環状の配管固定部、10 は配管固定部 9 に固定され端部の開口部が円錐状の弾性部材 6 の中央に配置され滴下する水量を調節するバルブ等を必要に応じて備え内部を水等の水分が流れるパイプからなる水供給部である。水供給部 10 の上流側には水を貯留した図示しない水タンクが接続されている。

ここで、本実施の形態においては、直線上に配置された複数の電流電極（電位電極）7 は、2 ~ 5 cm の等間隔で配設されている。

図 2 において、E は地盤の地表面、W は水滴である。

10

【0035】

以上のように構成された本発明の実施の形態 1 における地下埋設物探査装置について、以下その使用方法を、ウエナー法の場合を例にとって説明する。

測定領域に地下埋設物探査装置 1 を測定領域の外側から吊り下げる等の方法で設置し、電流電極（電位電極）7 を測定領域内の地表面に接触させる。測定領域が砂漠等の砂地の場合、電流電極（電位電極）7 がわずかに地表面の砂に埋まることもある。

次いで、任意の 4 個の電極 7 の内、外側の電極を電流電極 7 として図示しない信号供給部から電流を流し、図示しない電位差測定部で中央の 2 個の電極間の電位差を測定し、測定した電位差、通電電流値及び各電極の位置関係から、電極隔離係数を乗じて、それぞれの深度に対応した地下の比抵抗を求め、広がりのある地下の見掛け比抵抗から埋設物の位置等を探査することができる。

20

測定領域が砂漠等の乾燥地盤の場合は、図 2 に示すように、水供給部 10 から水滴 W を電流電極（電位電極）7 の内側の地表面 E に滴下し、地表面 E を湿らせて電流電極（電位電極）7 と地表面 E との間に水分を補給し、砂漠等の乾燥した地盤であっても、地盤と電極との接触抵抗を下げ測定精度を高めることができる。また、水分を、電流電極（電位電極）7 に対し同時にかつ一定量ずつ滴下することで、各電極に対する地盤の湿潤具合を略均質にすることができ、多点間で測定して見掛け比抵抗分布を演算する際の誤差を小さくすることができ、埋設物の位置や形状を正確に予測することができ探査精度を高めることができる。

【0036】

30

以上のように、本発明の実施の形態 1 における地下埋設物探査装置は構成されているので、以下のような作用が得られる。

(1) 電流電極（電位電極）7 が、線状に形成されているので、地盤に打ち込まなくても、微小な凹凸のある地盤の地表面 E に確実に接触させることができ、地盤と電極との接触抵抗を下げ、繰り返し精度を高めることができ、埋設物の位置や形状を高精度で探査することができる。

(2) 電流電極（電位電極）7 が線状に形成されているので、強く押し付けなくても軽微な力で地表面 E に接触させることができるので、直下に地雷が埋設されていても起爆するおそれがなく、安全に埋設物の探査を行うことができる。

(3) 地表面 E が平坦でなくうねりがある場合でも、弾性部材 6 を伸縮させることによって全ての電流電極（電位電極）7 を地表面 E に接触させることができ、地盤の比抵抗を確実に測定して埋設物を探査でき信頼性に優れる。

40

(4) 弾性部材 6 が電流電極（電位電極）7 と一体に形成されているので、小型化することができるとともに、電流電極（電位電極）7 との電気的な接続箇所がないので、砂漠等の過酷な環境下でも安定に電気測定でき信頼性に優れる。

(5) 水供給部 10 が支持体 5 に配設されているので、地盤と電極との間に水分を供給することができる、砂漠等の乾燥した地盤であっても、地盤と電極との接触抵抗を下げ測定精度を高めることができる。

(6) 水供給部 10 の開口部が円環状の電流電極（電位電極）7 の中央に配設されているので、滴下した水滴 W が電流電極（電位電極）7 の内側に溜まって地盤に浸み込み、図 2

50

に示すように、電流電極（電位電極）7の内側が湿るので、隣の電流電極（電位電極）とは絶縁が保たれ短絡するおそれが少なく信頼性に優れる。

（7）信号供給部が電流電極に矩形波等の所定波形の電気信号を供給し、供給された電気信号の立上がりに対応した電位電極間の電位差を電位差測定部が測定すると、S/N比を高めノイズの影響を少なくすることができるとともに、分極の影響も少なくすることができる。

（8）電流電極（電位電極）7が等間隔に配設されているので、測定領域の地質条件に応じて、ウエナー法やシュランベルジャー法等の中から最適の方式を選択したり、複数の方式による演算結果を比較対照することができ、埋設物の埋設深度も正確に予測できる。

【0037】

ここで、本実施の形態においては、弾性部材6を、導電性を有する金属製の線材で形成し、電流電極（電位電極）7をその下方側に一体に形成した場合について説明したが、別個の弾性部材を配設し、電流電極（電位電極）7が地表面の高低差に応じて伸縮できるようにする場合もある。絶縁性の材質で弾性部材が形成されている場合は、弾性部材の下部に電流電極（電位電極）7を固着し、リード線8は電流電極（電位電極）7に直接接続すればよい。

また、電流電極（電位電極）7が、直線上を等間隔に配設された場合について説明したが、格子状又は放射状に配設させる場合もある。この場合は、格子状や放射状の座標系の中で、埋設物の位置を3次的に網羅して探査することができ、埋設物の位置を極めて容易に漏れなくかつ正確に予測することができるという作用が得られる。

【0038】

（参考例1）

図3は参考例1における地下埋設物探査装置の要部斜視図であり、図4は変形例の電流電極若しくは電位電極の縦断面図であり、図5（a）は他の変形例の電流電極若しくは電位電極の正面図であり、図5（b）は電流電極若しくは電位電極の側面図である。

図3において、11は参考例1における地下埋設物探査装置、12は合成樹脂製等の絶縁物で形成された長尺の平板状の支持体、13は支持体12の一面側に直線上を等間隔に複数突設させた針状の電流電極（電位電極）である。

図4において、13aは先端が複数の三角錐の突起状に形成された電流電極（電位電極）であり、13bは先端の中央部が突起状に形成された電流電極（電位電極）であり、13cは先端の周部が線状の突起状に形成された電流電極（電位電極）である。

図5において、13dは板状部材の先端が突起状に形成された電流電極（電位電極）である。

【0039】

以上のように構成された参考例1における地下埋設物探査装置の使用方法は、実施の形態1で説明したものと同様なので、説明を省略する。

以上のように構成された参考例1における地下埋設物探査装置は、以下のような作用が得られる。

（1）電流電極（電位電極）が針状や突起状に形成されているので、地盤に打ち込まなくても、微小な凹凸のある地盤に確実に刺衝させることができ、地盤と電極との接触抵抗を下げ、繰り返し精度を高めることができ、埋設物の位置や形状を高精度で探査することができる。

（2）電流電極（電位電極）が針状や突起状に形成されているので、強く押し付けなくても軽微な力で地表面に刺衝させることができるので、直下に地雷が埋設されていても起爆するおそれがなく、安全に埋設物の探査を行うことができる。

【0040】

ここで、本参考例においては、支持体12と電流電極（電位電極）との間に弾性部材が配設されていない場合について説明したが、支持体12と電流電極（電位電極）との間に板ばね、コイルばね等の弾性部材を配設し、電流電極（電位電極）を支持体から離間する方向へ付勢する場合もある。これにより、地表面が平坦でなくうねりがある場合でも、弾

10

20

30

40

50

性部材を伸縮させることによって全ての電流電極（電位電極）を地表面に接触させることができるため好ましい。

【実施例】

【0041】

以下、本発明を実施例により具体的に説明する。なお、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

（実施例1）

実施の形態1で説明した地下埋設物探査装置を用い、砂漠の地表面から深さ10cmのところ埋設した対人地雷（Pomz-2/M-48）（直径約5cm、長さ約8cm）を探査できるかどうかを確認した。地表面の土壌の含水率は3%であった。

実験に用いた地下埋設物探査装置は電極配置をウエナー式（電極間隔5cm）にして、水供給部から水を滴下しながら直線上の電位差を測定した後、測定領域内を平行に10cmずつ90cmまで移動させてマッピング調査を実施した。その結果、地下埋設物探査装置を測定開始地点から40cm移動させた地点の深さ10cmの位置に、見掛け比抵抗分布に異常があるのを検知することができた。この地点を注意深く掘っていくと、深さ約10cmのところに対人地雷が発見された。金属地雷であってもプラスチック地雷であっても同様に探知することができた。

以上のように、本実施例によれば、電流電極及び電位電極を地盤に打ち込まなくても、微小な凹凸のある地盤に確実に刺衝又は接触させることができ、地盤と電極との接触抵抗を下げ、繰り返し精度を高めることができ、埋設物の位置や形状を高精度で探査することができることが明らかになった。さらに、砂漠のような著しく乾燥した地盤の地下埋設物も探査できたことから、本発明の地下埋設物探査装置は、世界のほとんどの地域で適用できることも明らかになった。

【産業上の利用可能性】

【0042】

本発明は、地下の比抵抗を測定して比抵抗分布を調べ地下の状態、埋設物の位置や形状を予測できる地下埋設物探査装置及び地下埋設物探査方法に関し、特に地下に埋設された地雷の位置や形状を高精度に予測できる地下埋設物探査装置及び地下埋設物探査方法に関し、電流電極及び電位電極を地盤に打ち込まなくても、微小な凹凸のある地盤に確実に接触させることができ、地盤と電極との接触抵抗を下げ、繰り返し精度を高めることができ、埋設物の位置や形状を高精度かつ迅速に探査することができ、さらに直下に地雷が埋設されていても起爆するおそれがなく、安全に埋設物の探査を行うことができる安全性に優れた地下埋設物探査装置を提供することができ、また、砂地等の乾燥地盤であっても電極との接触抵抗を極力小さくすることができ、簡単にかつ確実に短時間で高精度の探査を行うことができ、また短時間測定が可能なのでリアルタイム解析も可能であり、さらに測定領域内を移動させて繰り返し測定を行う際の再現性にも優れる地下埋設物探査方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】（a）実施の形態1における地下埋設物探査装置の要部斜視図（b）電流電極若しくは電位電極の要部斜視図

【図2】地下埋設物探査装置の測定状態を示す要部断面図

【図3】参考例1における地下埋設物探査装置の要部斜視図

【図4】変形例の電流電極若しくは電位電極の縦断面図

【図5】（a）他の変形例の電流電極若しくは電位電極の正面図（b）電流電極若しくは電位電極の側面図

【符号の説明】

【0044】

- 1 地下埋設物探査装置
- 2 脚部

10

20

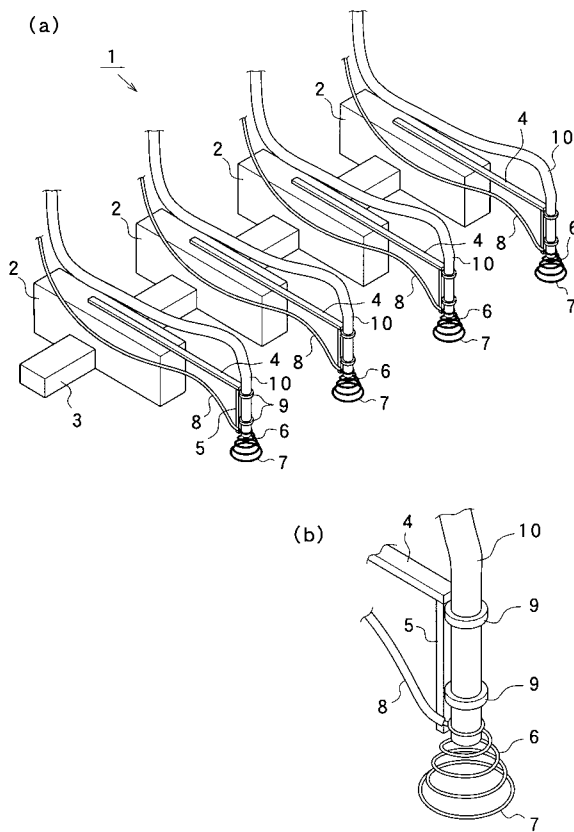
30

40

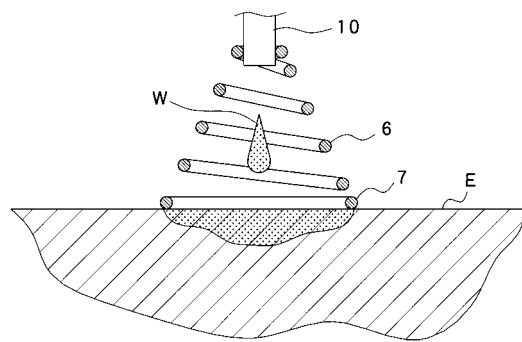
50

- 3 連結部
- 4 突設部
- 5 支持体
- 6 弾性部材
- 7 電流電極 (電位電極)
- 8 リード線
- 9 配管固定部
- 10 水供給部
- 11 地下埋設物探査装置
- 12 支持体
- 13, 13a, 13b, 13c, 13d 電流電極 (電位電極)

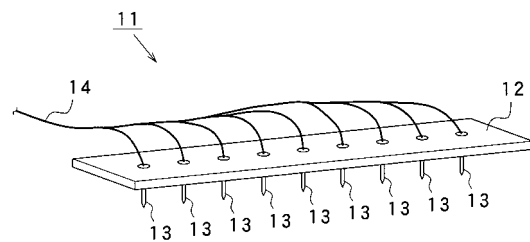
【図1】



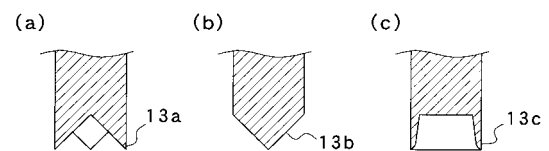
【図2】



【図3】

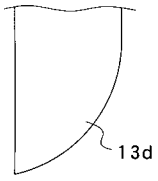


【図4】

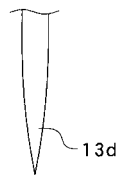


【 5 】

(a)



(b)



フロントページの続き

審査官 田中 秀直

- (56)参考文献 実開平01-010538(JP,U)
特開平07-151801(JP,A)
特開2002-156460(JP,A)
松本友一、他、比抵抗法による地雷探査,第113回(平成17年度秋季)学術講演会講演論文集,社団法人物理探査学会,2005年10月11日,P.336,337

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
G01V 3/00-3/12
F41H 11/12
JSTPlus(JDreamII)