

(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2017-115389

(P2017-115389A)

(43) 公開日 平成29年6月29日(2017.6.29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
E 2 1 D 9/093 (2006.01)	E 2 1 D 9/093	F 2 D 0 5 4
G 0 1 N 27/04 (2006.01)	G 0 1 N 27/04	Z 2 G 0 6 0

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2015-250951 (P2015-250951)	(71) 出願人	000201478
(22) 出願日	平成27年12月24日 (2015.12.24)		前田建設工業株式会社
			東京都千代田区富士見二丁目10番2号
		(74) 代理人	100130362
			弁理士 小川 嘉英
		(72) 発明者	水谷 和彦
			東京都千代田区富士見二丁目10番2号
			前田建設工業株式会社内
		Fターム(参考)	2D054 AA10 FA01 GA15 GA66 GA92
			2G060 AA14 AE01 AF07 AF15 AG13
			HC13

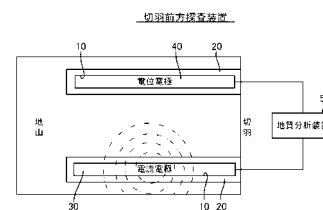
(54) 【発明の名称】 切羽前方探査装置及び切羽前方探査方法

(57) 【要約】

【課題】 孔間比抵抗トモグラフィー技術を用いて、切羽前方の地山状況を容易かつ正確に探査する。

【解決手段】 切羽前方へ向かって略水平方向に削孔した複数のボーリング孔10と、ボーリング孔10の少なくとも一つに設置する電流電極30と、電流電極30から発生した電流により生じる電位を測定する電位電極40と、電流電極30及び電位電極40を設置したボーリング孔10内に充填する充填材20と、電流電極30と電位電極40との間における比抵抗分布に基づいて切羽前方地山の地質を分析する地質分析装置50とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

トンネル切羽前方の地山状況を探査するための装置であって、
切羽前方へ向かって略水平方向に削孔した複数のボーリング孔と、
前記ボーリング孔の少なくとも一つに設置する電流電極と、
前記電流電極を設置したボーリング孔以外のボーリング孔に設置して、前記電流電極から発生した電流により生じる電位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設置したボーリング孔内に充填する充填材と、
前記電流電極と前記電位電極との間における比抵抗分布に基づいて切羽前方地山の地質を分析する地質分析装置と、
を備えたことを特徴とする切羽前方探査装置。

10

【請求項 2】

前記電位電極及び電流電極は、前記ボーリング孔の長さ方向に沿って複数設置することを特徴とする請求項 1 に記載の切羽前方探査装置。

【請求項 3】

トンネル切羽前方の地山状況を探査するための方法であって、
切羽前方へ向かって略水平方向に複数のボーリング孔を削孔し、
前記ボーリング孔の少なくとも一つに電流電極を設置し、
前記電流電極を設置したボーリング孔以外のボーリング孔に電位電極を設置し、
前記電流電極及び前記電位電極を設置したボーリング孔内に充填材を充填し、
前記電流電極から発生した電流により生じる電位を前記電位電極で測定して、前記電流電極と前記電位電極との間における比抵抗分布に基づいて切羽前方地山の地質を分析すること、
ことを特徴とする切羽前方探査方法。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、切羽前方探査装置及び切羽前方探査方法に関するものであり、詳しくは、孔間比抵抗トモグラフィー技術を用いた切羽前方探査に関する発明である。

【背景技術】

30

【0002】

トンネル掘削を行う際には、安全で適切かつ迅速な工事を行うために、予め地山の状況を把握する必要がある。このため、トンネル掘削に先立ちあるいはトンネル掘削の進行に合わせて地山の状況を把握するための技術が種々提案されている。このような従来技術として、直接的な手法ではボーリングによるもの（削孔検層法、先進ボーリング）がある。また、間接的な手法では反射法による弾性波探査（HSP法、TSP法、反射トモグラフィー）、FDEM等がある。

【0003】

地山の比抵抗値は、地山を構成している土粒子や岩石の電気的な特性に加えて、土の間隙や岩盤の亀裂に存在する地下水や空気、粘土鉱物などの電気的特性を強く反映する。そこで、比抵抗値の判別に基づいて、「地層境界」、「断層」、「地下水」、「地下空洞」、「地下埋設物」等の探査を行うことができる。この比抵抗値を用いて地盤の状況を探査する技術として、孔間比抵抗トモグラフィー探査法が知られている。

40

【0004】

孔間比抵抗トモグラフィー探査法では、電流電極から発生した電流により地盤内に 1 次磁場を発生させると、地盤内に過電流が生じ、さらにこの渦電流によって 2 次磁場が誘導される。この 2 次磁場の 1 次磁場に対するレスポンスを電位電極で測定することにより、地盤の比抵抗を求めることができる（特許文献 1 参照）。

【0005】

特許文献 1 に記載された技術は、ケーシングロッド内に、先端に電極部を有する電極口

50

ッドを延在させておき、ケーシングロッドに付与された回転推進力によってトンネル切羽前方の地盤に対して所定深さまで水平ボーリング孔を削孔する。そして、口元キャップで水平ボーリング孔の口元を閉塞して、その孔内を流入地下水で満たす。また、電極ロッドのトンネル側端を介して、トンネル坑内に設置された電気検層測定装置に結線された電極部（電流電極）を、ケーシングロッド先端からボーリング孔内に突出させる。これにより電気検層測定装置に結線された接地電極（電位電極）との間で地盤の比抵抗を測定し、電極部（電流電極）の位置における電気検層を行う。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

10

【特許文献1】特開2002-267764号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述した特許文献1に記載された技術は、水平ボーリング孔内に水を満たすことにより電流を伝播させているが、水平ボーリング孔内に水を溜めることは困難である。すなわち、水平ボーリング孔内に貯留した水は孔口から流れ出るため、口元キャップを用いて水平ボーリング孔の口元を閉塞しているが、水は粘性が低いため、岩盤亀裂からの逸水や、口元からの漏水を完全に防止することは困難である。また、水平ボーリング孔内へ貯留する水は地下水を利用しているが、十分な地下水を採取できない場合には、水平ボーリング孔内を水で満たすことができず、正確な孔間比抵抗計測を行うことができない場合がある。

20

【0008】

さらに、特許文献1に記載された技術は、ケーシングロッドを用いてボーリングを行い、削孔後もケーシングロッドを残置している。これは、水平ボーリング孔の孔壁が崩れやすいためであるが、地山と電流電極及び電位電極との間にケーシングロッドが存在すると、正確な孔間比抵抗計測に支障を来すおそれがある。

【0009】

本発明は、上述した事情に鑑み提案されたもので、孔間比抵抗トモグラフィー技術を用いて、切羽前方の地山状況（比抵抗分布）を容易かつ正確に探査することが可能な切羽前方探査装置及び切羽前方探査方法を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の切羽前方探査装置及び切羽前方探査方法は、上述した目的を達成するため、以下の特徴点を有している。すなわち、本発明の切羽前方探査装置は、トンネル切羽前方の地山状況を探査するための装置であって、切羽前方へ向かって略水平方向に削孔した複数のボーリング孔と、ボーリング孔の少なくとも一つに設置する電流電極と、電流電極を設置したボーリング孔以外のボーリング孔に設置して、電流電極から発生した電流により生じる電位を測定する電位電極と、ボーリング孔内に充填する充填材と、電流電極と電位電極との間における比抵抗分布に基づいて切羽前方地山の地質を分析する地質分析装置とを備えたことを特徴とするものである。電位電極と電流電極とは対で使用する電極であり、電流電極で発生した電流の電位を電位電極により測定する。

40

【0011】

また、上述した構成に加えて、電位電極及び電流電極は、ボーリング孔の長さ方向に沿って複数設置することが好ましい。

【0012】

本発明の切羽前方探査方法は、トンネル切羽前方の地山状況を探査するための方法であって、切羽前方へ向かって略水平方向に複数のボーリング孔を削孔し、ボーリング孔の少なくとも一つに電流電極を設置し、電流電極を設置したボーリング孔以外のボーリング孔に電位電極を設置し、ボーリング孔内に充填材を充填し、電流電極から発生した電流により生じる電位を電位電極で測定して、電流電極と電位電極との間における比抵抗分布に基

50

づいて切羽前方地山の地質を分析することを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0013】

本発明に係る切羽前方探査装置及び切羽前方探査方法では、電流電極及び電位電極を設置する水平ボーリング孔内に充填材（例えば、ゲル状の物質）を充填することにより、鉛直ボーリング孔と同様に、電流電極から発生し、電位電極で電位を測定する電流を確実に伝播させることができる。すなわち、水平ボーリング孔では、鉛直ボーリング孔と異なり、水を充填しようとしても孔口から水が漏れ出してしまい、電流を確実に伝搬させることができなかった。

【0014】

本発明に係る切羽前方探査装置及び切羽前方探査方法によれば、水平ボーリング孔内に充填する充填材（例えば、ゲル状の物質）は水と比較して粘性が高いため、適切な漏れ止めを行うことにより水平ボーリング孔の孔口から漏れ出すことがない。したがって、孔間比抵抗トモグラフィの技術を用いて、切羽前方の地山状況（比抵抗分布）を容易かつ適切に探査することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施形態に係る切羽前方探査装置の構成を示すブロック図。

【図2】本発明の実施形態に係る切羽前方探査装置の設置状態を示す模式図。

【図3】本発明の実施形態に係る切羽前方探査方法の手順を示す説明図。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、図面を参照して、本発明に係る切羽前方探査装置及び切羽前方探査方法の実施形態を説明する。図1～図3は本発明の実施形態に係る切羽前方探査装置及び切羽前方探査方法を説明するもので、図1は切羽前方探査装置の構成を示すブロック図、図2は切羽前方探査装置の設置状態を示す模式図、図3は切羽前方探査方法の手順を示す説明図である。

【0017】

< 切羽前方探査装置及び切羽前方探査方法の概要 >

本発明の実施形態に係る切羽前方探査装置及び切羽前方探査方法は、孔間比抵抗トモグラフィ技術を用いて、切羽前方の地山状況を探査するための技術であり、特に、切羽前方の地山内に水平ボーリング孔を削孔して、当該ボーリング孔を用いて孔間比抵抗トモグラフィにより地山の比抵抗分布を探査する。本発明の切羽前方探査装置は、図1及び図2に示すように、ボーリング孔10及びこれに充填する充填材20と、電流を発生する電流電極30と、電流電極30から発生した電流により生じる電位を測定する電位電極40と、電流電極30と電位電極40との間における比抵抗分布に基づいて切羽前方地山の地質を分析する地質分析装置50とを備えている。

【0018】

< ボーリング孔 >

ボーリング孔10は、切羽前方に向かって略水平に削孔する。なお、略水平とは、完全な水平状態だけではなく、若干の傾斜を許容する状態である。ボーリング孔10の削孔本数は特に限定されないが、トンネル断面の大きさ、トンネルの屈曲状態、予め分かっている地山の状況等に応じて、適宜の本数を削孔する。ボーリング孔10を形成するには、例えば、図3(a)～(c)に示すように、中空ロッド60の先端部から水を供給しながら、当該中空ロッド60を地山内に挿入すればよい。なお、ボーリング孔10を削孔する地山の状況に応じて、保孔管を用いる等の削孔方法を採用してもよい。

【0019】

< 充填材 >

充填材20は、ボーリング孔10内に充填することにより、電流電極30から発生して電位電極40で電位を測定する電流を、確実に地山に伝播することができ。また、充填

10

20

30

40

50

材 20 は、孔壁保護、電流電極 30 や電位電極 40 の挿入時における推進力及び摩擦低減にも寄与する。また、孔壁の自立が困難であり、保孔管を建て込んだ際にも、保孔管外周に併せて充填材 20 を注入することで、電流の伝播が可能となる。この充填材 20 としては、ゲル状の物質を用いることが好ましい。

【0020】

< 電流電極 >

電流電極 30 は電流を発生させるための電極であり、発生した電流は地山に流される。なお、電流電極 30 から電流を発生させるためには、電源（図示せず）が必要となる。電流電極 30 を設置するボーリング孔 10 の数は、1 つであってもよいし、2 つ以上であってもよい。

10

【0021】

< 電位電極 >

電位電極 40 は、電流電極 30 から発生した電流により生じる電位を測定するための装置である。この電位電極 40 は、例えば、図 2 及び図 3 (f) ~ (i) に示すように、塩ビ管等からなる支持ロッド 70 に所定間隔で複数配設されており、ボーリング孔 10 内に支持ロッド 70 を設置することにより、ボーリング孔 10 の長さ方向に沿って複数の電位電極 40 を設置することができる。電位電極 40 を設置するボーリング孔 10 の位置や数は特に限定されないが、トンネル断面の大きさ、トンネルの屈曲状態、予め分かっている地山の状況等に応じて、適宜のボーリング孔 10 に電位電極 40 を設置する。電位電極 40 を複数設置することにより、電流電極 30 からの電流の伝播経路を複数設定することができ、より一層正確に、切羽前方の地山の比抵抗分布を探查することができる。

20

【0022】

< 地質分析装置 >

地質分析装置 50 は、電流電極 30 と電位電極 40 との間における比抵抗分布に基づいて切羽前方地山の地質を分析するための装置であり、例えば、パーソナルコンピュータ及びこれにインストールされたアプリケーションプログラムと、パーソナルコンピュータの付属機器とにより構成することができる。パーソナルコンピュータの付属機器とは、キーボードやマウス等の入力装置、ディスプレイ装置やプリンタ等の出力装置、HDD 等の記憶装置等、パーソナルコンピュータとともに稼働する周辺機器のことである。なお、鉛直方向のボーリング孔を用いた孔間比抵抗トモグラフィー技術は、既に確立された技術であり、本実施形態の地質分析装置 50 は、この鉛直方向のボーリング孔を用いた孔間比抵抗トモグラフィー技術における解析手法を用いて切羽前方の地山の地質を分析する。

30

【0023】

< 他の探查方法との併用 >

本実施形態の切羽前方探查装置及び切羽前方探查方法では、孔間比抵抗トモグラフィー技術を地質解析の主要要素とするが、これに加えて、水平ボーリング削孔時に得られる削孔検層データ等と、本実施形態の探查によって得られた比抵抗分布とを用いることにより、同地点で 2 種類以上の情報を総合的に評価することができ、より一層、精度の高い切羽前方の地質予測が可能となる。

【0024】

< 探查方法の手順 >

次に、図 3 を参照して、本発明の切羽前方探查方法の一例について説明する。本発明の切羽前方探查方法では、トンネル掘削に際して、上述した構成からなる切羽前方探查装置を用いて、切羽前方の地山状況（地質）を探查する。

40

【0025】

本発明の切羽前方探查方法では、まず、切羽前方の地山内に略水平方向のボーリング孔 10 を削孔する。ボーリング孔 10 は、例えば、中空ロッド 60 を地山に設置するとともに、中空ロッド 60 の先端部から水を供給することにより形成する (a)。所定長までボーリング孔 10 を削孔したら、水の供給を停止する。この状態で、ボーリング孔 10 内に存在する水が岩盤亀裂や中空ロッド 60 の口元から逸水する (b)。

50

【 0 0 2 6 】

続いて、中空ロッド 6 0 の先端部から、ボーリング孔 1 0 内に充填材 2 0 を供給し (c)、充填材 2 0 の供給を継続しながら中空ロッド 6 0 を引き抜く (d)。中空ロッド 6 0 の引き抜きが完了すると、ボーリング孔 1 0 内が充填材 2 0 で充填された状態となる (e)。なお、ボーリング孔 1 0 内に電位電極 4 0 を設置した後に、充填材 2 0 を充填してもよい。

【 0 0 2 7 】

また、中空状の塩ビ管等からなる支持ロッド 7 0 の長さ方向に、所定間隔で複数の電位電極 4 0 を設置しておく。そして、複数の電位電極 4 0 を取り付けた支持ロッド 7 0 の先端部をボーリング孔 1 0 内に挿入し (f)、支持ロッド 7 0 の中空部を介して、ボーリング孔 1 0 内から充填材 2 0 を吸引しつつ、支持ロッド 7 0 をボーリング孔 1 0 内に挿入して設置する (g)。この際、充填材 2 0 を吸引することによりボーリング孔 1 0 内に負圧が生じるとともに、充填材 2 0 による摩擦低減効果により、複数の電位電極 4 0 を取り付けた支持ロッド 7 0 をボーリング孔 1 0 内に推進させることができる (h)。ボーリング孔 1 0 の奥側の所定位置まで支持ロッド 7 0 を挿入すると、複数の電位電極 4 0 の設置が完了する (i)。

【 0 0 2 8 】

同様の手順で、ボーリング孔 1 0 内に複数の電流電極 3 0 を設置する。そして、電流電極 3 0 から発生した電流を地山に流し、地山内を伝播してきた電流により発生する電位を電位電極 4 0 により測定する。そして、地質分析装置 5 0 により、電流電極 3 0 と電位電極 4 0 との間における比抵抗分布に基づいて切羽前方地山の地質を分析する (j)。

【 0 0 2 9 】

< 従来技術との比較 >

本発明の切羽前方探査装置及び切羽前方探査方法によれば、トンネル施工において重要な情報である、トンネル掘削地山およびトンネル周辺の比抵抗分布を集中的に探査できることから、より具体的な掘削工法や掘削方式の検討、トンネル支保工及び補助工法の設計が可能となる。

【 0 0 3 0 】

従来の切羽前方探査では、先受け工や鏡ボルト工、止水注入計画時には、切羽前方の地質が不確定であることから、標準的な配置に基づいて施工範囲や仕様を決定していた。これに対して、本実施形態の切羽前方探査装置及び切羽前方探査方法では、不良地山部に最適な仕様を集中的に施工できることから、効果的な対策工を経済的に計画することが可能となる。また、孔位置や孔角度を正確に記録可能としてコンピュータ制御やナビゲーション機能を保有したドリルジャンボを併用することにより、探査精度を向上させることができる。さらに、孔曲り計測を併用することにより、より一層、探査精度を向上させることができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 1 】

- 1 0 ボーリング孔
- 2 0 充填材
- 3 0 電流電極
- 4 0 電位電極
- 5 0 地質分析装置
- 6 0 中空ロッド
- 7 0 支持ロッド

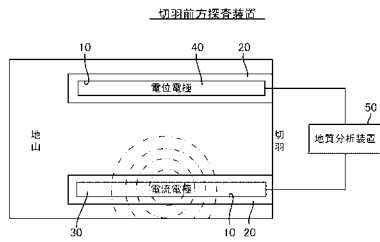
10

20

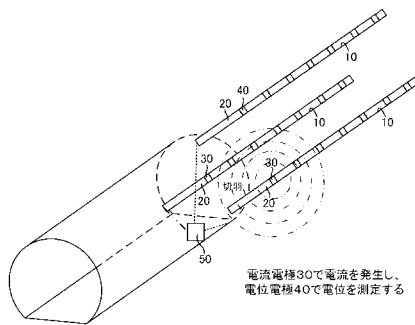
30

40

【図 1】



【図 2】



【図 3】

