

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4756213号
(P4756213)

(45) 発行日 平成23年8月24日(2011.8.24)

(24) 登録日 平成23年6月10日(2011.6.10)

(51) Int. Cl.		F I			
GO 1 M	3/26	(2006.01)	GO 1 M	3/26	M
GO 1 N	15/08	(2006.01)	GO 1 N	15/08	C
EO 2 D	1/02	(2006.01)	GO 1 M	3/26	T
			EO 2 D	1/02	

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2006-87479 (P2006-87479)	(73) 特許権者	505374783 独立行政法人 日本原子力研究開発機構 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
(22) 出願日	平成18年3月28日(2006.3.28)	(73) 特許権者	506104769 帝石削井工業株式会社 東京都新宿区大久保2丁目5番地22号
(65) 公開番号	特開2007-263658 (P2007-263658A)	(73) 特許権者	591138153 地熱技術開発株式会社 東京都中央区新川1丁目22番4号
(43) 公開日	平成19年10月11日(2007.10.11)	(74) 代理人	100090044 弁理士 大滝 均
審査請求日	平成20年2月1日(2008.2.1)	(72) 発明者	池田 幸喜 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31 独立行政法人 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法、ボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システム、ボーリング孔閉塞材頂部の透水係数解析方法、ボーリング孔閉塞材頂部の強度解

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ボーリング孔を閉塞する閉塞材頂部に測定プローブを降下させ前記測定プローブによりボーリング孔を前記測定プローブの上下を遮蔽する工程と、

前記工程でボーリング孔を前記測定プローブの上下を遮蔽した後、前記測定プローブの下側の閉塞材頂部に所定の測定パターンをもって注水し、所定の測定パターンによって圧力、温度を測定して透水係数を求める工程と、

前記工程の終了後に、さらに再度注水してブレイク圧力を取得して閉塞材の強度を求める工程と、

前記閉塞材の強度を求める工程の終了後に前記遮蔽を解除し、前記測定プローブをボーリング孔から取り出す工程と

を備えたことを特徴とするボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法。

【請求項2】

ガス圧または水圧によって拡張してボーリング孔壁面に密着する方式の膨張式パッカーと、

前記膨張式パッカーの下端部に設けられた測定基部容器と、

前記測定基部容器に設けられ、微小流量での送水が可能で、かつ、圧力計測用導入口を兼ねる注水用導出口と、

前記測定基部容器に設けられた前記注水用導出口から水平方向に所定距離離れた位置に設けられた1又は2以上の圧力計測用導入口と、

10

20

前記各圧力計測用導入口にそれぞれ取り付けられた圧力・温度計測センサーと、
前記膨張式パッカーがボーリング孔内に設置されるときに前記膨張式パッカーの上部と
なる部分に設けた注水部容器と、

前記注水部容器の内部に收容され、前記注水用導出口に閉塞材が変形しない程度の圧力
で定量または定圧で注水制御可能に注水する注水手段とを備え、ボーリング孔の内部に挿
通可能な形状に形成してなる測定プローブと、

前記測定プローブの測定基部をボーリング孔の閉塞材上部に載置した後に、測定時に前
記膨張式パッカーに所定圧力のガス圧または水圧を供給して前記測定基部容器の底面を閉
塞材に強固に押しつけた状態にすることを可能とし、かつ測定終了時に前記ガス圧または
水圧を減圧するパッカー制御装置と、

10

前記測定プローブの注水手段の注水を、閉塞材が変形しない程度の圧力で定流量または
定圧で一定時間注水した後、注水を停止して注水停止区間を設け、注水停止区間経過後、
再度注水してブレイク圧力を取得できるように制御する測定パターンにより制御するととも
に、測定パターンに従って前記圧力・温度計測センサーからの測定データを取込み、取り
込んだ測定データから閉塞材原位置の透水係数、あるいは、閉塞材原位置の強度を算出す
る計測・制御装置とを具備したことを特徴とするボーリング孔の閉塞材原位置における遮
水試験システム。

【請求項 3】

前記注水手段は、微小流量定量ポンプと、微小流量定量ポンプの吐出口と毛細管との間
に設けられ孔内圧力がポンプ圧力より高い場合の逆流を防止する電磁弁と、微小流量定量
ポンプの吸込口に水を供給する貯水容器とを備え、微小流量定量ポンプの吐出口、電磁弁
、毛細管を介して前記測定基部容器に設けられた注水用導出口に送水できるようになって
いることを特徴とする請求項 2 記載のボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験シス
テム。

20

【請求項 4】

前記微小流量定量ポンプは、電動式カムとシャフトとでシリンダー内のピストンを駆動
して、一定量を送水を行うことを可能にしたプランジャー式ポンプからなることを特徴と
する請求項 3 記載のボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システム。

【請求項 5】

ボーリング孔を閉塞する閉塞材頂部に測定プローブ先端を押し前記測定プローブにより
ボーリング孔を前記測定プローブの上下を遮蔽する工程と、

30

閉塞材が変形しない程度の圧力で定流量または定圧で一定時間注水した後、注水を停止
する工程と、

注水停止後の注水停止区間において圧力測定データを得る工程と、

前記工程で得た圧力測定データを、解析して当該注水停止区間の透水係数を求める工程
とからなることを特徴とするボーリング孔閉塞材頂部の透水係数解析方法。

【請求項 6】

ボーリング孔を閉塞する閉塞材頂部に測定プローブを降下させ前記測定プローブにより
ボーリング孔を前記測定プローブの上下を遮蔽する工程と、

40

前記工程でボーリング孔を前記測定プローブの上下を遮蔽した後、前記測定プローブの
下側の閉塞材頂部に所定の測定パターンをもって注水し、所定の測定パターンによって圧
力、温度を取得する工程と、

前記工程の終了後に、さらに再度注水してブレイク圧力を取得する工程と、

室内透水試験に供した閉塞材の物性試験で求めた当該閉塞材の強度と前記工程で取得し
たブレイク圧力との関係とを基にボーリング孔内に打設された閉塞材の強度を求める工程
と、

を備えたことを特徴とするボーリング孔閉塞材頂部の強度解析方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、高レベル放射性廃棄物の地層処分・低レベル放射性廃棄物の地層処分・地下水・石油・天然ガス・地熱・温泉・金属・土木・科学調査その他のボーリング孔掘削工事を伴う全ての技術分野において用いられる測定方法、測定システム、解析方法、および、その室内実験装置に関するものである。

さらに詳細には、本発明は、ボーリング孔に打設した閉塞材の遮水性能や透水係数や強度を試験する測定方法、これに使用される測定システム、その測定に用いる解析方法と、これらの試験を室内にて模擬的に行う室内試験装置に関するものである。

具体的には、本発明は、ボーリング孔の閉塞材原位置において遮水性能を試験できるボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法、ボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験を行うことができるボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システム、ボーリング孔閉塞材頂部の透水係数解析方法、ボーリング孔閉塞材頂部の強度解析方法、および、ボーリング孔閉塞材の遮水室内実験装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、上記の技術分野でボーリング孔を閉塞するために、閉塞材としてベントナイト・セメント・砂・骨材・パッカー等の様々な物質が用いられているが、閉塞後の遮水性を評価する方法はほとんど考慮されることがなく、僅かに、各閉塞材に関して室内試験や野外試験等で得られた物性値を以って遮水性能と見做しているのが現状である。

しかしながら、例えば高レベル放射性廃棄物地層処分の分野では、閉塞材による遮水が不十分な場合、ボーリング孔自体が、隔離の対象となる地質環境と地上との間をつなぐ通路となる可能性があり、地層処分の前提となる天然バリアによる安全確保に大きく影響する。このような可能性のあるボーリング孔に対しては、長期的で安全確実な閉塞工事が要求され、このような閉塞作業においては長期的な安定性の面からベントナイトを主体とした閉塞材が適している。

閉塞材の打設後においても厳密な遮水性能の評価が要求されなければならないが、現状の技術ではボーリング孔内に打設された閉塞材の遮水性を閉塞材原位置で測定、評価する方法は全くない。

【0003】

例えば、平成15年度「試錐孔閉塞技術の開発」で実施した文献調査ならびに海外ヒアリングをした結果、高レベル放射性廃棄物地層処分研究の先進研究機関がある米国・スイス・スウェーデンなどの地下研究施設でも未だ類似の手法開発は実現されておらず、室内試験ないし野外試験等で得られた性能値に基づき実際の閉塞の状態を推定するしかないのが現状である。

なお、試験ボーリング孔にパッカーを有するプローブを挿入し、試験ボーリング孔の試験区間をプローブのパッカーで区切り、試験区間内の圧力をセンサーで検出して透水性を試験をする試験方法が提供されている（特許文献1）。

【特許文献1】特開平6-146251号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述した前半の従来技術のように、未だ室内試験ないし野外試験等で得られた性能値に基づき実際の閉塞の状態を推定するしかないのが現状である。

また、上記引用文件1に記載の従来技術のように、通常の地層における原位置での透水性試験はできるものの、恒久的な閉塞を要求されるため高レベル放射性廃棄物地層処分等のボーリング孔閉塞における透水性試験はできないというのが現状であった。

本試験装置は、高レベル放射性廃棄物の地層処分・低レベル放射性廃棄物の地層処分・地下水・石油・天然ガス・地熱・温泉・金属・土木・科学調査その他のボーリング孔掘削工事を伴う全ての技術分野において、ある特定の深度の地層からその上下に位置する地層へ向かう地下水等の地下流体の移流を妨げる目的で行われるボーリング孔閉塞工事の際に、孔内に打設された閉塞材の遮水性能を原位置で測定して閉塞効果および安全性を証明す

10

20

30

40

50

ることができる新規な技術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】

【0005】

上記目的を達成するために、請求項1記載の発明に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法は、ボーリング孔を閉塞する閉塞材頂部に測定プローブを降下させ前記測定プローブによりボーリング孔を前記測定プローブの上下を遮蔽する工程と、前記工程でボーリング孔を前記測定プローブの上下を遮蔽した後、前記測定プローブの下側の閉塞材頂部に所定の測定パターンをもって注水し、所定の測定パターンによって圧力、温度を測定して透水係数を求める工程と、前記工程の終了後に、さらに再度注水してブレイク圧力を取得して閉塞材の強度を求める工程と、前記閉塞材の強度を求める工程の終了後に前記遮蔽を解除し、前記測定プローブをボーリング孔から取り出す工程とを備えたことを特徴とするものである。

10

上記目的を達成するために、請求項2記載の発明に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムは、ガス圧または水圧によって拡張してボーリング孔壁面に密着する方式の膨張式パッカーと、前記膨張式パッカーの下端部に設けられた測定基部容器と、前記測定基部容器に設けられ、微小流量での送水が可能で、かつ、圧力計測用導入口を兼ねる注水用導出口と、前記測定基部容器に設けられた前記注水用導出口から水平方向に所定距離離れた位置に設けられた1又は2以上の圧力計測用導入口と、前記各圧力計測用導入口にそれぞれ取り付けられた圧力・温度計測センサーと、前記膨張式パッカーがボーリング孔内に設置されるときに前記膨張式パッカーの上部となる部分に設けた注水部容器と、前記注水部容器の内部に收容され、前記注水用導出口に閉塞材が変形しない程度の圧力で定量または定圧で注水制御可能に注水する注水手段とを備え、ボーリング孔の内部に挿通可能な形状に形成してなる測定プローブと、前記測定プローブの測定基部をボーリング孔の閉塞材上部に載置した後に、測定時に前記膨張式パッカーに所定圧力のガス圧または水圧を供給して前記測定基部容器の底面を閉塞材に強固に押しつけた状態にすることを可能とし、かつ測定終了時に前記ガス圧または水圧を減圧するパッカー制御装置と、前記測定プローブの注水手段の注水を、閉塞材が変形しない程度の圧力で定流量または定圧で一定時間注水した後、注水を停止して注水停止区間を設け、注水停止区間経過後、再度注水してブレイク圧力を取得できるように制御する測定パターンにより制御するとともに、測定パターンに従って前記圧力・温度計測センサーからの測定データを取込み、取り込んだ測定データから閉塞材原位置の透水係数、あるいは、閉塞材原位置の強度を算出する計測・制御装置とを具備したことを特徴とするものである。

20

30

請求項3記載の発明に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムは、請求項2記載において、前記注水手段は、微小流量定量ポンプと、微小流量定量ポンプの吐出口と毛細管との間に設けられ孔内圧力がポンプ圧力より高い場合の逆流を防止する電磁弁と、微小流量定量ポンプの吸込口に水を供給する貯水容器とを備え、微小流量定量ポンプの吐出口、電磁弁、毛細管を介して前記測定基部容器に設けられた注水用導出口に送水できるようになっていることを特徴とするものである。

請求項4記載の発明に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムは、請求項3記載において、前記微小流量定量ポンプは、電動式カムとシャフトとでシリンダー内のピストンを駆動して、一定量を送水を行うことを可能にしたプランジャー式ポンプからなることを特徴とするものである。

40

上記目的を達成するために、請求項5記載の発明に係るボーリング孔閉塞材頂部の透水係数解析方法は、ボーリング孔を閉塞する閉塞材頂部に測定プローブ先端を押し前記測定プローブによりボーリング孔を前記測定プローブの上下を遮蔽する工程と、閉塞材が変形しない程度の圧力で定流量または定圧で一定時間注水した後、注水を停止する工程と、注水停止後の注水停止区間において圧力測定データを得る工程と、前記工程で得た圧力測定データを、解析して当該注水停止区間の透水係数を求める工程とからなることを特徴とするものである。

上記目的を達成するために、請求項6記載の発明に係るボーリング孔閉塞材頂部の強度

50

解析方法は、ボーリング孔を閉塞する閉塞材頂部に測定プローブを降下させ前記測定プローブによりボーリング孔を前記測定プローブの上下を遮蔽する工程と、前記工程でボーリング孔を前記測定プローブの上下を遮蔽した後、前記測定プローブの下側の閉塞材頂部に所定の測定パターンをもって注水し、所定の測定パターンによって圧力、温度を取得する工程と、前記工程の終了後に、さらに再度注水してブレイク圧力を取得する工程と、室内透水試験に供した閉塞材の物性試験で求めた当該閉塞材の強度と前記工程で取得したブレイク圧力との関係とを基にボーリング孔内に打設された閉塞材の強度を求める工程と、を備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

10

【0006】

本発明によれば、高レベル放射性廃棄物地層処分・低レベル放射性廃棄物地層処分の処分場選定の際に実施される調査ボーリング孔を閉塞する時点での閉塞作業の安全基準を設定する上での評価手法を確立することができる。これによって、処分場において、調査ボーリング実施に伴う調査終了後の閉塞作業の不確実性に対する不安を払拭することで、調査ボーリング地点の選定の自由度を増やすことができる。また、調査ボーリング地点を増加させて調査の精度を向上させて、処分場選定における不確実性を低減させる効果がある。

さらに、放射性廃棄物地層処分分野以外でも、地下水汚染分野において、汚染源の地下水への移行をどのように防止するかは大きな課題である。特に、汚染源が井戸を通じて汚染されていない地下水層と連結することは深刻な問題を生じる。本試験手法ならびに装置を用いることで、これらの閉塞作業においてもひとつの検査基準を与えることで、国・自治体等が実施する地下水汚染対策に対する信頼性を向上させる効果がある。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

以下、本発明を実施するための最良の形態について図面を参照して説明する。

<ボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムの説明>

図1ないし図5は、本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムを説明するための図である。

図1は、本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムを示す構成図である。図2は、本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムで使用する測定プローブの詳細構成を示す断面図である。図3は、本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムで使用する測定プローブの測定基部容器の底面を示す図である。

30

【0008】

この図1において、本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システム1は、大別して、ボーリング孔2の内部に挿通可能な円筒形状に形成してなる測定プローブ3と、前記測定プローブ3の一部構成物である膨張式パッカー30を膨張・収縮させることができるパッカー駆動制御装置5と、前記測定プローブ3への測定パターンに基づく測定加圧制御および測定パターンに基づく計測を行って得た情報より透水係数あるいは閉塞材原位置の強度を求めることができる計測・制御装置7と、その他測定プローブ3をボーリング孔2に挿入したり、ボーリング孔2から取り出したりする測定補助機構9とから構成されたものである。

40

【0009】

前記測定プローブ3は、図1および図2に示すように、膨張式パッカー30と、膨張式パッカー30の図示下部に設けた測定基部容器31と、前記膨張式パッカー30の図示上部に設けた注水部容器32と、前記注水部容器32の図示上部に設けた堀管33と、前記堀管33の図示上端部に被せたケーブルヘッド34とが同心状に円筒形状に形成された構造をしている。

前記測定プローブ3は、ケーブルヘッド34から延長された検層ケーブル11を測定補

50

助機構 9 が下降させたり、上昇させたりすることにより、ボーリング孔 2 の内部に挿入されたり、取り出されたりするようになっている。

【 0 0 1 0 】

さらに詳細に説明すると、前記測定プローブ 3 は次のような構成を備えている。すなわち、膨張式パッカー 3 0 は、孔内用高圧チューブ 1 3 を介してパッカー駆動制御装置 5 に連通されており、前記パッカー駆動制御装置 5 から孔内用高圧チューブ 1 3 を介して供給されるガス圧または水圧によって拡張してボーリング孔 2 の壁面に密着する方式のパッカーである。

前記測定基部容器 3 1 の底面 3 1 a には、図 3 に示すように、微小流量での送水が可能で、かつ、圧力計測用導入口 3 5 a を兼ねる注水用導出口 3 5 と、前記測定基部容器 3 1 の底面 3 1 a に設けられていて、圧力計測用導入口 3 5 a を兼ねる注水用導出口 3 5 から水平方向に離れた所定位置に 1 又は 2 以上の圧力計測用導入口 3 6 とが設けられている。

10

【 0 0 1 1 】

前記測定基部容器 3 1 の内部には、計測センサー 3 7 , 3 8 が收容されている。圧力・温度計測センサー 3 7 は、前記圧力計測用導入口 3 5 a に連通・取り付けられている。圧力計測センサー 3 8 は、前記圧力計測用導入口 3 6 に連通・取り付けされている。

前記注水部容器 3 2 の内部には、注水手段 3 9 が收容されている。この注水手段 3 9 は、毛細管 3 9 0 を介して前記注水用導出口 3 5 に定量または定圧で注水制御可能に注水できるようになっている。

前記測定プローブ 3 の注水手段 3 9 は、微小流量定量ポンプ 3 9 1 と、微小流量定量ポンプ 3 9 1 の吐出口と毛細管 3 9 0 の間に設けられ孔内圧力がポンプ圧力より高い場合の逆流を防止する電磁弁 3 9 2 と、微小流量定量ポンプ 3 9 1 の吸込口に水を供給する貯水容器 3 9 3 とから構成されており、微小流量定量ポンプ 3 9 1 の吐出口、電磁弁 3 9 2 、毛細管 3 9 0 を介して注水用導出口 3 5 に送水できるようになっている。

20

【 0 0 1 2 】

さらに詳細に説明すると、前記測定プローブ 3 の測定基部容器 3 1 の内部に設けられた圧力・温度計測センサー 3 7 は、第 1 の信号ケーブル 3 7 1 を介してケーブルコネクタ 1 5 に接続されている。前記測定プローブ 3 の測定基部容器 3 1 の内部に設けられた圧力計測センサー 3 8 は、第 2 の信号ケーブル 3 8 1 を介してケーブルコネクタ 1 5 に接続されている。

30

前記ケーブルコネクタ 1 5 には、第 1 の電力ケーブル 3 9 1 a を介して微小流量定量ポンプ 3 9 1 が接続されており、当該第 1 の電力ケーブル 3 9 1 a を介して微小流量定量ポンプ 3 9 1 を駆動するための電力が微小流量定量ポンプ 3 9 1 に供給できるようになっている。同様に、前記ケーブルコネクタ 1 5 には、第 2 の電力ケーブル 3 9 2 a を介して電磁弁 3 9 2 が接続されており、当該第 2 の電力ケーブル 3 9 2 a を介して電磁弁 3 9 2 をオン・オフ駆動制御する電力が電磁弁 3 9 2 に供給できるようになっている。

【 0 0 1 3 】

前記ケーブルコネクタ 1 5 には、集合ケーブル 1 7 、コネクタ 1 9 、検層ケーブル 1 1 を介して地上に設置した計測・制御装置 7 に接続されている。前記検層ケーブル 1 1 は孔内用多芯ケーブルで構成されており、前記第 1 の信号ケーブル 3 7 1 、第 2 の信号ケーブル 3 8 1 、第 1 の電力ケーブル 3 9 1 a 、および第 2 の電力ケーブル 3 9 2 a の線数を十分に満たすだけの本数の線を有している。

40

前記測定補助機構 9 は、検層ケーブル 1 1 を巻き取るドラムを有するウィンチ 9 1 と、地上に固定した滑車 9 2 と、ボーリング孔 2 に測定プローブ 3 を挿入・取り出しするための滑車 9 3 とからなる。測定プローブ 3 を吊り下げる検層ケーブル 1 1 は、滑車 9 3 、滑車 9 2 を介してウィンチ 9 1 のドラムに巻き取られたり、その逆に巻き出されたりするようになっている。

【 0 0 1 4 】

ここで、上記注水手段 3 9 の微小流量定量ポンプ 3 9 1 について説明をしておく。図 4 は、本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムで使

50

用する測定プローブの内部に設けられた注水手段を構成する微小流量定量ポンプの原理的構成を示す図である。

この図4において、前記微小流量定量ポンプ391は、電動式のカム3911, シャフト3912でシリンダー3913の内部のピストン3914を駆動して、一定流量の送水を行うプランジャー式ポンプである。この微小流量定量ポンプ391の給水口3915、注水口3916は電磁作動弁392に繋がっており、貯水容器393に繋がった給水管3921を通じて給水を行い、注水用導出口35に繋がった毛細管390を通じて注水を行う。電磁作動弁は二系統あり、給水管3921 - 給水口3915ではシリンダー3913へ入る方向へ、注水口3916 - 配管3922ではシリンダー3913から出る方向のみに作動して逆流を防止する逆止弁となっている。このように微小流量定量ポンプ391は、電動カム3911, シャフト3912でシリンダー3913の内部のピストン3914を駆動して、一定量を送水を行うことを可能にしたプランジャー式ポンプで構成したものである。

10

【0015】

図5は、本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムを示すダイアグラムである。

この図5では、本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムをダイアグラムで示したものであり、図1ないし図4に示す構成要素と同一の構成要素には同一の符号を付して説明をする。

【0016】

20

この図5において、計測・制御装置7は、孔内用多芯ケーブルからなる検層ケーブル11を介して測定プローブ3の内部のデータロガー8を介して圧力・温度計測センサー37および圧力計測センサー38に接続されている。同様、計測・制御装置7は、孔内用多芯ケーブルからなる検層ケーブル11を介して測定プローブ3の内部のポンプ制御用電子装置10を介して微小流量定量ポンプ391に接続されるとともに、図示しない電磁弁392にも接続されている。

パッカー駆動制御装置5は、パッカー制御装置51と、前記パッカー制御装置51により運転制御される高圧ポンプ52とから構成されている。前記高圧ポンプ52の吐出口は、孔内用高圧チューブ13を介して測定プローブ3の膨張式パッカー30に接続されている。

30

【0017】

<ボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法の説明>

このように構成されたボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムについて図1ないし図5を基に、図6を参照して全体的測定の流れを説明する。ここに、図6は、本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムを使用して実現されるボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法を説明するためのフローチャートである。また、図7は、本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムを使用して実現されるボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法において、試験パターンを示す図である。なお、図7(a)は試験パターンに従って微小流量定量ポンプを注水運転・停止するパターンを示し、横軸に時間を、縦軸にポンプ注水量をそれぞれとったものである。図7(b)は試験パターンによって圧力計測センサーが計測した圧力を示し、横軸に時間を、縦軸に計測圧力をそれぞれとったものである。図7(c)は透水係数を求めるためのグラフである。

40

【0018】

まず、ボーリング孔2が開けられて必要な処理がなされた後、前記ボーリング孔2の一定区間の閉塞材の打設が完了したものとす。

ここで、試験が開始される。まず、検層ケーブル11を滑車93、滑車92を介してウィンチ91のドラムに巻き付けて堀管33を揚管する(S101)。所定の位置に揚管された堀管33の先端に測定プローブ3をセットする(S102)。ついで、測定プローブ3は、装置上部で、ウィンチ91のドラムに巻かれた検層ケーブル11がウィンチ91の

50

動力により、滑車 9 2、滑車 9 3 を介して、ボーリング孔 2 の内部に吊り下げられた状態でボーリング孔 2 の内部を降下させる (S 1 0 3)。

【 0 0 1 9 】

前記測定プローブ 3 がボーリング孔 2 の内部の閉塞材 4 の上部に載置されると、パッカー駆動制御装置 5 のパッカー制御装置 5 1 からの駆動制御指令により高圧ポンプ 5 2 が運転されて、例えば高圧ガス (高圧空気) が高圧ポンプ 5 2 から孔内用高圧チューブ 1 3 を介して測定プローブ 3 の膨張式パッカー 3 0 に供給される。これにより、測定プローブ 3 の膨張式パッカー 3 0 は、拡張してボーリング孔 2 の内壁に密着し、測定プローブ 3 の膨張式パッカー 3 0 の図示上下に空間を遮断する (S 1 0 4)。この状態で、測定プローブ 3 の測定基部容器 3 1 の底面 3 1 a は、閉塞材 4 の上に強固に押しつけられた状態になる。

10

【 0 0 2 0 】

次に、測定プローブ 3 の内部の圧力・温度計測センサー 3 7、および、圧力計測センサー 3 8 からの測定データは計測・制御装置 7 に取り込まれて、前記計測・制御装置 7 によりバックグラウンド圧力・温度を測定し (S 1 0 5)、計測・制御装置 7 はバックグラウンド圧力・温度が安定していないと判定 (例えば、一定時間前の測定値と現時点の測定値との差を取り、その差が所定の基準値を超えていると判定) すると (S 1 0 6 ; N O)、計測・制御装置 7 は、再び、バックグラウンド圧力・温度の測定処理を実行する (S 1 0 5)。これらステップ 1 0 5 , 1 0 6 は、バックグラウンド圧力・温度が安定するまで (時刻 $t_0 \sim t_1$ の期間)、計測・制御装置 7 において実行されることになる。

20

【 0 0 2 1 】

この図 7 (b) の時刻 t_1 の近くなると、バックグラウンド圧力・温度が現実安定するので、計測・制御装置 7 は、圧力・温度計測センサー 3 7 や圧力計測センサー 3 8 からの測定値を基にバックグラウンド圧力や温度が安定していると判定すると (S 1 0 6 ; Y E S)、計測・制御装置 7 は注水手段 3 9 の微少流量定量ポンプ 3 9 1 を運転するとともに必要に応じて電磁弁 3 9 2 を運転して注水を開始する (時刻 t_1 ; S 1 0 7)。この微少流量定量ポンプ 3 9 1 からの注水は、毛細管 3 9 0 を介して注水用導出口 3 5 から閉塞材 4 の上部へ注入される。

前記計測・制御装置 7 は、前記圧力・温度計測センサー 3 7・圧力計測センサー 3 8 からの測定データを監視しつつ (S 1 0 8)、圧力・温度計測センサー 3 7 からの圧力に関する測定データが図 7 (b) の P 1 に達した時点 (時刻 t_2) で、注水手段 3 9 の微少流量定量ポンプ 3 9 1 の運転を停止し注水を停止する (S 1 0 9)。

30

【 0 0 2 2 】

そして、計測・制御装置 7 は、前記時刻 t_2 の終了後から所定区間 (時刻 $t_2 \sim$ 時刻 t_3) の間、圧力・温度計測センサー 3 7・圧力計測センサー 3 8 で検出した測定データを収集し (S 1 1 0)、十分なフォールオフデータを取得したところで (S 1 1 1)、透水係数の算出処理を行う (S 1 1 2)。この透水係数の算出処理の詳細については、後述する。

【 0 0 2 3 】

次に、透水係数の算出処理 (S 1 1 2) の終了後に、計測・制御装置 7 は、再び、図 7 (a) , (b) の時刻 t_3 時点で、時刻注水手段 3 9 の微少流量定量ポンプ 3 9 1 を運転を開始するとともに、必要に応じて電磁弁 3 9 2 を運転することにより (S 1 1 3)、毛細管 3 9 0 を介して注水用導出口 3 5 から閉塞材 4 の上部に注水を開始する。そして、計測・制御装置 7 は、前記圧力・温度計測センサー 3 7、圧力計測センサー 3 8 からの検出測定データを取り込みつつ (S 1 1 4)、それら測定データを検出してゆく。

40

【 0 0 2 4 】

前記計測・制御装置 7 は、圧力・温度計測センサー 3 7、圧力計測センサー 3 8 から供給される刻々と変化する測定データを監視し続ける (S 1 1 4 - S 1 1 5 ; N O)。ここで、計測・制御装置 7 は、圧力・温度計測センサー 3 7、圧力計測センサー 3 8 からの圧力測定データが、図 7 (b) に示すように、圧力 P 2 から急激に圧力 P 3 に低下する圧力

50

P 2を検出すると(S 1 1 5 ; Y E S)、計測・制御装置 7は当該圧力P 2をブレーク圧力として記憶し、かつ、注水手段 3 9の微小流量定量ポンプ 3 9 1の運転を停止する(S 1 1 6)。そして、計測・制御装置 7は、前記ブレーク圧力を基に閉塞材 4の強度を算出処理する(S 1 1 7)。なお、この閉塞材 4の強度を算出処理については、後述する。

【 0 0 2 5 】

ボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法は、上述した一連の流れで提供できる。このボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法は、まとめると、ボーリング孔 2を閉塞する閉塞材 4の頂部に測定プローブ 3を降下させ前記測定プローブ 3によりボーリング孔 2を前記測定プローブ 3の膨張式パッカー 3 0を膨張させることで測定プローブ 3の膨張式パッカー 3 0の上下で遮蔽する工程(S 1 0 1 ~ S 1 0 6)と、前記工程でボーリング孔 2を前記測定プローブ 3の膨張式パッカー 3 0の上下を遮蔽した後、前記測定プローブ 3の下側の閉塞材 4の頂部に所定の測定パターン(図 7 (a))をもって注水し、所定の測定パターンによって圧力、温度を圧力・温度計測センサー 3 7、圧力計測センサー 3 8からの測定データを基に透水係数を求める工程と(S 1 0 7 ~ S 1 1 2)、前記工程の終了後に、さらに再度注水してブレーク圧力を取得して閉塞材の強度を求める工程(S 1 1 3 ~ S 1 1 7)と、前記閉塞材の強度を求める工程の終了後に前記遮蔽を解除し、前記測定プローブをボーリング孔から取り出す工程とを備えたものである。

【 0 0 2 6 】

これにより、一連の処理が終了したので、一つのボーリング孔 2の閉塞材 4の評価が終了したことになる。したがって、次のボーリング孔 2の閉塞材 4の評価に移行することになる。

このようなボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法によれば、ボーリング孔 2を閉塞した閉塞材 4の原位置での透水係数、強度が算出でき、確実なる評価が可能になる。

【 0 0 2 7 】

< ボーリング孔閉塞材頂部の透水係数解析方法 >

本発明の実施の形態に係るボーリング孔閉塞材頂部の透水係数解析方法について、上記図 1ないし図 7を参照して説明する。本発明の実施の形態に係るボーリング孔閉塞材頂部の透水係数解析方法は、ボーリング孔 2を閉塞する閉塞材 4の頂部に測定プローブ 3を降下させ前記測定プローブ 3の膨張式パッカー 3 0によりボーリング孔 2を前記測定プローブ 3の膨張式パッカー 3 0の上下を遮蔽する工程(図 6の S 1 0 1 ~ S 1 0 6)と、前記計測・制御装置 7からの指令により測定プローブ 3の注水手段 3 9の微小流量定量ポンプ 3 9 1を運転して閉塞材 4が変形しない程度の圧力(図 7 (a))の圧力 P 1)で定流量または定圧で一定時間注水した後、注水を停止する工程(図 6の S 1 0 7 ~ S 1 0 9)と、注水停止後の圧力低下区間(図 7 (b))の時刻 t 2 ~ 時刻 t 3)において圧力測定データを得る工程(図 6の S 1 1 0、S 1 1 1)と、前記工程で得た圧力測定データを、Horner Plot法(図 7 (c))を用いる)に基づいて解析して当該圧力低下区間の透水係数を求める工程とからなるものである。

【 0 0 2 8 】

ここで、Horner Plot法とは、水井戸、石油井などの透水係数を求めるために使用される方法で、一定流量で一定時間の注水あるいは揚水を行い、注水あるいは揚水を停止した後の経過時間における圧力遷移区間において、横軸にHorner 時間と呼ばれる〔(注水あるいは揚水を行った時間) + (注水あるいは揚水を停止した後の経過時間)〕 ÷ (注水あるいは揚水を停止した後の経過時間)の対数を、その縦軸にその時に観測された圧力値を取ると、その片対数グラフの途中に現れる直線部分の傾きは、井戸周辺の地層が欽一な多孔質の物体であると仮定した場合の透水係数と比例する原理によって、井戸の透水係数を求めるものである。

なお、ここで、透水係数を k 、流量を Q [m^3 / s]、有効層厚を h [m]、水の粘性係数を μ 、透水量係数を kh / μ [$m^3 / Pa \cdot s$]、Horner Plot法によって得た傾きを m とすると、

10

20

30

40

50

$$k h / \mu = Q / (\log (e) 4 m) \quad \cdot \cdot \cdot [\text{数式 1}]$$

となる。

【 0 0 2 9 】

さらにこの数式 1 について説明すると、この数式 1 は井戸における水理試験の理論的解析式を示したものである。まず、井戸の周辺の地層の透水係数 k は、地層の有効層厚 h 、水の粘性係数 μ 、井戸に注水した注水流量 Q と注水時間 t 、注水停止後の時間 t 、および、その時の圧力値 P との関係で、横軸に $t (t + t)$ の対数を、縦軸に圧力 P をそれぞれ取ったグラフ (図 7 (c) 参照) の上の直線部分の傾き m を求めた場合には、この数式 1 から透水係数 k を求めることができる。

【 0 0 3 0 】

< ボーリング孔閉塞材頂部の強度解析方法の説明 >

本発明の実施の形態に係るボーリング孔閉塞材頂部の強度解析方法について、図 1 ないし図 7 を参照して説明する。

このボーリング孔閉塞材頂部の強度解析方法は、ボーリング孔 2 を閉塞する閉塞材 4 の頂部に測定プローブ 3 を降下させ前記測定プローブ 3 の膨張式パッカー 3 0 によりボーリング孔 2 を前記測定プローブ 3 の膨張式パッカー 3 0 の上下を遮蔽する工程 (S 1 0 1 ~ S 1 0 6) と、前記工程でボーリング孔 2 を前記測定プローブ 3 の膨張式パッカー 3 0 の上下を遮蔽した後、前記測定プローブ 3 の下側の閉塞材 4 の頂部に所定の測定パターン (図 7 (a) の時刻 $t_1 \sim t_2$) をもって注水し、所定の測定パターンによって圧力、温度を取得する工程 (S 1 0 7 ~ S 1 1 2) と、前記工程の終了後に、さらに図 7 (a) に示す注水量で再度注水してブレイク圧力 (図 7 (b) の圧力 P_2) を取得する工程 (S 1 1 3 ~ S 1 1 6) と、室内で求めた当該閉塞材 4 の強度と前記工程 (S 1 1 3 ~ S 1 1 6) で取得したブレイク圧力 (P_2) との関係とを基にボーリング孔 2 の内部に打設された閉塞材 4 の強度を求める工程 (S 1 1 7) とを備えたものである。

このようなボーリング孔閉塞材頂部の強度解析方法によって、閉塞材 4 の現実の強度を求めることができる。

【 0 0 3 1 】

以上は、ボーリング孔の閉塞材源一での遮水試験等に慣例した内容を記載したが、この場合の測定プローブに共通した特徴は、測定プローブに、閉塞材頂部に圧力をかけるための注水部容器 3 2 (注水手段 3 9)、いわゆる微小流量定量ポンプ 3 9 1、電磁弁 3 9 2 ならびに貯水容器 3 9 3 を内蔵している点である。この構造を構成することによって、従来例では、地上からボーリング孔を貫通した圧力水供給パイプ等によってボーリング孔底部に圧力水を供給していたものを、圧力水供給パイプ等の手段が不要で、全体としてコンパクトで、安価なボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法等を実現することができる。

【 0 0 3 2 】

< ボーリング孔閉塞材の遮水室内実験装置の説明 >

図 8 は、本発明に係るボーリング孔閉塞材の遮水室内実験装置を示すブロック図である。この図 8 において、本発明に係るボーリング孔閉塞材の遮水室内実験装置は、測定プローブ 3 での測定を模擬するための試験装置であって、測定プローブ 3 の各機能の検証および取得データを用いた解析技術の検証を行うことを目的とする。

【 0 0 3 3 】

本発明に係るボーリング孔閉塞材の遮水室内実験装置 4 0 は、図 8 に示すように、ボーリング孔等の閉塞材 4 を収容可能とする圧力容器 4 1 と、前記圧力容器 4 1 に閉塞材 4 を収容したときに、閉塞材 4 の上部の任意の場所に差し込み可能とともに閉塞材 4 の上部に注水できる注水用導出口 4 2 と、注水用導出口 4 2 から所定の距離だけ離して設け、前記閉塞材 4 の上部の任意の場所に差し込み可能な測定用導入口 4 3 と、前記圧力容器 4 1 の上部および下部の圧力を目視可能な圧力計 4 4、4 5 と、前記注水用導出口 4 2 の圧力・温度と測定用導入口 4 3 の圧力を測定できる温度・圧力測定センサー 4 6 と、前記注水用導出口 4 2 に注水を可能とする注水手段 4 7 と、前記温度・圧力測定センサー 4 6 からの

10

20

30

40

50

測定データを取込み解析する測定データ解析手段（パーソナルコンピュータ）４８とを備えたものである。

【００３４】

このような構成のボーリング孔閉塞材の遮水室内実験装置についてさらに説明する。圧力容器４１に封入された閉塞材４の上部から注水用導出口４２および測定用導入口４３が差し込まれる。注水用導出口４２および測定用導入口４３は、自由に位置を変えることができ、様々な条件で設計する測定プローブ３の検証を行うことができる構造となっている。

圧力容器４１には、下部にバルブ付き排水口５１および圧力容器４１の下面圧力を観測するための圧力計４４があり、上部より加圧して閉塞材４の中に含まれる余分な水分を排出することができる。また、上面には圧力容器４１の上面圧力計測を観測するための圧力計４５がついている。注水用導出口４２には、開閉可能なバルブ５２を介して、圧力を大気に開放可能な三方バルブ５３が毛細管で繋がっており、さらに毛細管で微量流量定量ポンプ４７に繋がっている。

【００３５】

一方、測定用導入口４３には、開閉可能なバルブ５４を介して毛細管で圧力・温度計４６が繋がっており、連続的に圧力・温度を観測することが可能である。圧力・温度計４６は、コンピュータ４８においてデータをデジタル値で連続的に記録することが可能である。

本装置は、測定装置の設計段階で、設計値を室内において模擬的に検証して、適切な測定プローブ３の性能値を得るための検証実験を行うことができる。また、得たデータを解析法の検証に用いることで、解析法が適正であるかの性能判定を行うことができる。

【００３６】

<その他>

本発明に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法、ボーリング孔閉塞材頂部の透水係数解析方法、および、ボーリング孔閉塞材頂部の強度解析方法、ならびにボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システム・ボーリング孔閉塞材の遮水室内実験装置を用いることで、高レベル放射性廃棄物地層処分・低レベル放射性廃棄物地層処分の処分場選定の際に実施される調査ボーリング孔を閉塞する時点での閉塞作業の安全基準を設定する上での評価手法を確立することができる。これによって、処分場において、調査ボーリング実施に伴う調査終了後の閉塞作業の不確実性に対する不安を払拭することで、調査ボーリング地点の選定の自由度を増やすことができる。また、調査ボーリング地点を増加させて調査の精度を向上させて、処分場選定における不確実性を低減させる効果がある。

【００３７】

さらに、放射性廃棄物地層処分分野以外でも、地下水汚染分野において、汚染源の地下水への移行をどのように防止するかは大きな課題である。特に、汚染源が井戸を通じて汚染されていない地下水層と連結することは深刻な問題を生じる。本試験手法ならびに装置を用いることで、これらの閉塞作業においてもひとつの検査基準を与えることで、国・自治体等が実施する地下水汚染対策に対する信頼性を向上させる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【００３８】

【図１】本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムを示す構成図である。

【図２】本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムで使用する測定プローブの詳細構成を示す断面図である。

【図３】本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムで使用する測定プローブの測定基部容器の底面を示す図である。

【図４】本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムで使用する測定プローブの内部に設けた注水手段を構成する微量流量定量ポンプの原理的

10

20

30

40

50

構成を示す図である。

【図5】本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムを示すダイアグラムである。

【図6】本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムを使用して実現されるボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法を説明するためのフローチャートである。

【図7】本発明を実施形態に係るボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システムを使用して実現されるボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法において、試験パターンを示す図である。

【図8】本発明に係るボーリング孔閉塞材の遮水室内実験装置を示すブロック図である。

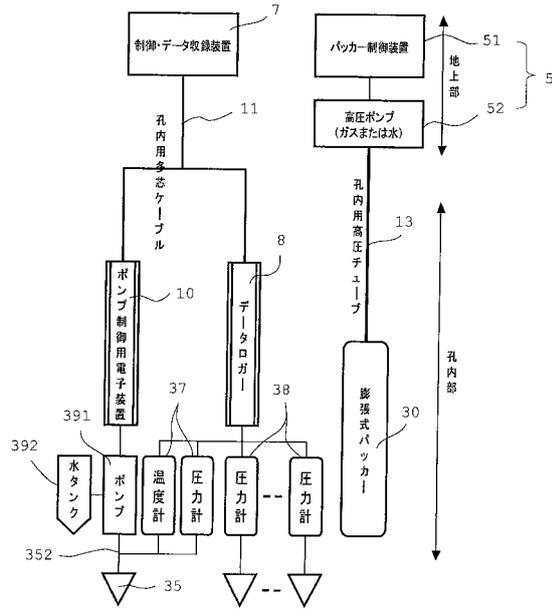
10

【符号の説明】

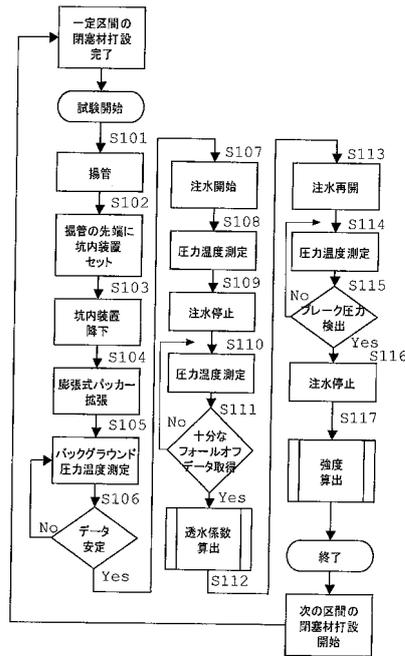
【0039】

- | | | |
|--------|---------------------------|----|
| 1 | ボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システム | |
| 2 | ボーリング孔 | |
| 3 | 測定プローブ | |
| 4 | 閉塞材 | |
| 5 | パッカー駆動制御装置 | |
| 7 | 計測・制御装置 | |
| 9 | 測定補助機構 | |
| 11 | 検層ケーブル | 20 |
| 13 | 孔内用高圧チューブ | |
| 30 | 膨張式パッカー | |
| 31 | 測定基部容器 | |
| 32 | 注水部容器 | |
| 33 | 堀管 | |
| 34 | ケーブルヘッド | |
| 35 | 注水用導出口 | |
| 36 | 圧力計測用導入口 | |
| 37 | 圧力・温度計測センサー | |
| 38 | 圧力計測センサー | 30 |
| 39 | 注水手段 | |
| 40 | ボーリング孔閉塞材の遮水室内実験装置 | |
| 41 | 圧力容器 | |
| 42 | 注水用導出口 | |
| 43 | 測定用導入口 | |
| 44, 45 | 圧力計 | |
| 46 | 温度・圧力測定センサー | |
| 47 | 注水手段 | |
| 48 | 測定データ解析手段(パーソナルコンピュータ) | |
| 391 | 微小流量定量ポンプ | 40 |
| 392 | 電磁弁 | |
| 393 | 貯水容器 | |
| 3911 | カム | |
| 3912 | シャフト | |
| 3913 | シリンダー | |
| 3914 | ピストン | |

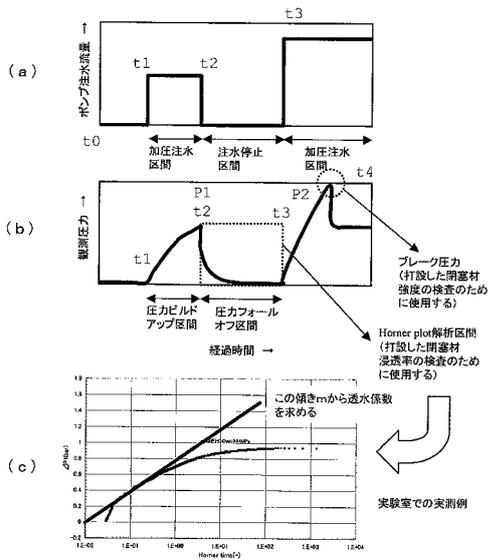
【図5】



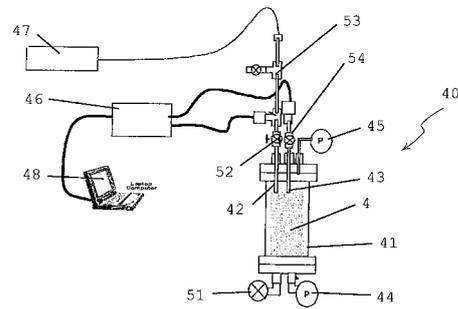
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (72)発明者 堀本 誠記
岐阜県土岐市泉町定林寺959-31 独立行政法人 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター内
- (72)発明者 島田 邦明
東京都新宿区大久保2丁目5番地22号 帝石削井工業株式会社社内
- (72)発明者 棚田 益彰
東京都新宿区大久保2丁目5番地22号 帝石削井工業株式会社社内
- (72)発明者 中田 晴弥
東京都中央区新川1丁目22番4号 地熱技術開発株式会社社内
- (72)発明者 大里 和己
東京都中央区新川1丁目22番4号 地熱技術開発株式会社社内

審査官 田中 秀直

- (56)参考文献 登録実用新案第3085406(JP,U)
特開平05-239818(JP,A)
特開2000-234326(JP,A)
特開平10-220160(JP,A)
特開平09-210989(JP,A)
特開2002-202232(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 3/26
E02D 1/02
G01N 15/08
G01V 1/00-13/00
G21F 1/00-9/36
JSTPlus(JDreamII)

- (54)【発明の名称】ボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験方法、ボーリング孔の閉塞材原位置における遮水試験システム、ボーリング孔閉塞材頂部の透水係数解析方法、ボーリング孔閉塞材頂部の強度解析方法、および、ボーリング孔閉塞材の遮水室内実験装置