

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3699708号
(P3699708)

(45) 発行日 平成17年9月28日(2005.9.28)

(24) 登録日 平成17年7月15日(2005.7.15)

(51) Int.Cl.⁷

F I

GO 1 M 3/16

GO 1 M 3/16

J

GO 1 M 3/04

GO 1 M 3/04

F

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-31243 (P2003-31243)	(73) 特許権者	301031392
(22) 出願日	平成15年2月7日(2003.2.7)		独立行政法人土木研究所
(65) 公開番号	特開2004-239839 (P2004-239839A)		茨城県つくば市南原 1 番地 6
(43) 公開日	平成16年8月26日(2004.8.26)	(73) 特許権者	390027177
審査請求日	平成15年2月7日(2003.2.7)		坂田電機株式会社
			東京都杉並区荻窪 4 丁目 8 番 1 3 号
		(74) 代理人	100077838
			弁理士 池田 憲保
		(72) 発明者	山口 嘉一
			茨城県つくば市南原 1 番地 6 独立行政法
			人土木研究所内
		(72) 発明者	市原 裕之
			茨城県つくば市南原 1 番地 6 独立行政法
			人土木研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 漏水発生位置検出方式

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

遮水構造物内に埋設された透水性被覆を有する少なくとも 1 組の多芯電線と、該多芯電線に対して電気パルスを出力するパルス発生回路と、前記多芯電線からの前記電気パルスの反射波を受ける反射波測定回路とを含み、前記パルス発生回路から前記多芯電線へ入射した入射波と当該多芯電線内部で生じる反射波を前記反射波測定回路により計測し、入射波に対する反射波の発生までの時間を測定することから前記遮水構造物内部の漏水発生位置を検出する漏水発生位置検出方式であって、
前記多芯電線は、前記透水性被覆が前記多芯電線の長さ方向に間隔をおいて設けられた遮水性被覆により前記間隔毎に隔離されていることを特徴とする漏水発生位置検出方式。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の漏水発生位置検出方式において、
前記多芯電線はツイスト線またはレッヘル線であることを特徴とする漏水発生位置検出方式。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の漏水発生位置検出方式において、前記多芯電線は、前記遮水構造物の天端部と底部との間にわたる線が前記遮水構造物の幅方向に関して所定距離隔てて平行に存在するような略四角形状を描くように埋設され、
前記多芯電線に接続される前記入射波及び反射波の伝送経路に切替器を接続し、
該切替器は、前記多芯電線の 2 つの端部に対していずれか一方を前記パルス発生回路及び

20

反射波測定回路に接続する切替え接続を交互に行うことにより、前記多芯電線の前記2つの端部からの漏水発生位置検出を行うことを特徴とする漏水発生位置検出方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、遮水構造物、例えばコンクリートまたはアスファルト等を遮水フェーシング材料としてダム堤体表面に敷設して造成されたダムフェーシングにおける漏水発生位置検出方式に関する。本発明は特に、ロックフィルダムの堤体表面に造成されたコンクリート遮水壁における漏水発生位置検出に適している。

【0002】

10

【従来の技術】

従来、ロックフィルダムでは堤体中心部に幅方向にわたるように遮水層を形成する工事手法が用いられていたが、近年では遮水層を堤体の上流側表面にダムフェーシングとして施工する方式が用いられる傾向にある。その理由としては、遮水層を堤体の上流側表面に施工する方式は、遮水層を堤体中心部に設ける方式に比べて施工費用の低減が可能となることが挙げられる。

【0003】

堤体表面に施工される遮水層の材料にはコンクリートやアスファルト等が用いられているが、遮水層に僅かでも亀裂が発生するとそこから漏水が発生し、最悪の場合には堤体自体が損傷を受けることが想定される。そこで、遮水層を堤体表面に施工する場合、遮水層の健全性を常に監視することが必要となる。万一、遮水層に漏水が検出された場合には貯留水位を下げて遮水層の補修を行うことが必要となる。

20

【0004】

この監視技術として、透水性被覆を有するツイスト線を遮水層内に埋設し、このツイスト線に電気パルスを入射させ、その反射波を観測することで漏水発生位置を検出する方式が提案されている（例えば、特許文献1）。

【0005】

簡単に説明すると、この漏水発生位置検出方式では、ツイスト線の透水性被覆のいずれかの箇所に漏水による浸潤箇所があると、電気パルスを入射した場合にそこからの反射波が発生する。そこで、入射波と反射波との間の時間関係を計測することで漏水発生位置を検出することができる。

30

【0006】

【特許文献1】

特願2002-244525号公報（第4頁、第5頁、図4）

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記提案による漏水発生位置検出方式では、漏水発生位置から浸水した水分が時間と共に透水性被覆内の広範囲に拡散し、漏水発生位置の検出精度が低下するという問題点がある。

【0008】

40

そこで、本発明の課題は、上記の漏水発生位置検出方式の多芯電線における透水性被覆に浸潤する水分の拡散を抑制できるようにして漏水発生位置の検出精度を向上させることのできる漏水発生位置検出方式を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、遮水構造物内に埋設された透水性被覆を有する少なくとも1組の多芯電線と、該多芯電線に対して電気パルスを出力するパルス発生回路と、前記多芯電線からの前記電気パルスの反射波を受ける反射波測定回路とを含み、前記パルス発生回路から前記多芯電線へ入射した入射波と当該多芯電線内部で生じる反射波を前記反射波測定回路により計測し、入射波に対する反射波の発生までの時間を測定することから前記遮水構造物内

50

部の漏水発生位置を検出する漏水発生位置検出方式であって、前記多芯電線は、前記透水性被覆が前記多芯電線の長さ方向に間隔をおいて設けられた遮水性被覆により前記間隔毎に隔離されていることを特徴とする漏水発生位置検出方式が提供される。

【0010】

本漏水発生位置検出方式においては、前記多芯電線としてツイスト線またはレッヘル線が用いられる。

【0011】

本漏水発生位置検出方式においてはまた、前記多芯電線は、前記遮水構造物の天端部と底部との間にわたる線が前記遮水構造物の幅方向に関して所定距離隔てて平行に存在するような略四角形状を描くように埋設され、前記多芯電線に接続される前記入射波及び反射波の伝送経路に切替器を接続し、該切替器は、前記多芯電線の2つの端部に対していずれか一方を前記パルス発生回路及び反射波測定回路に接続する切替え接続を交互に行うことにより、前記多芯電線の前記2つの端部からの漏水発生位置検出を行うことが望ましい。

10

【0012】

【作用】

上記の漏水発生位置検出方式においては、遮水構造物に亀裂などが生じた場合、多芯電線の透水性被覆内部に水が侵入することから、その位置において多芯電線の特異インピーダンスに変化が生じるため、入射波とは極性の異なる反射波が生じる。これにより、入射波と反射波とを観測してこれらの間の時間間隔を測定することで多芯電線に沿った漏水発生位置を特定することが可能となる。

20

【0013】

特に、多芯電線における透水性被覆を、間隔をおいて遮水性被覆として透水性被覆に浸潤する水分の拡散を抑制することで漏水発生位置の検出精度を向上させることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】

図1～図5を参照して、上記提案に基づく漏水発生位置検出方式の原理について説明する。図1はコンクリート表面遮水型ロックフィルダムにおけるダム堤体及びコンクリートによる遮水層の断面を示す図である。ダム堤体10の上流側表面には遮水層20が施工される。その際、遮水層20内部には面と平行な方向、つまり上部から底部に金属線によるツイスト線30が埋設される。ツイスト線30は、ダム堤体10の幅方向に間隔をおいて複数本互いに平行に設置される。設置間隔は数m～数十m程度とされる。複数のツイスト線30にそれぞれ、ダム堤体10の天端側においてパルス発生回路31と反射波測定手段としてのオシロスコープ32が接続されるが、切替器を備えることで複数のツイスト線30に共通に1組のパルス発生回路31とオシロスコープ32とを接続するようにしても良い。また、オシロスコープ32には観測波形を記憶するための記憶装置を接続することが望ましい。

30

【0015】

漏水発生位置検出に際しては、パルス発生回路31からツイスト線30に対して10ns程度の幅のパルスを10μs程度の間隔で連続的に出力し、ツイスト線30からの反射波形をオシロスコープ32で観測する。

40

【0016】

図2はツイスト線30の周囲に生じる電界の状況を示す図であり、ツイスト線30における二本の金属線（芯線）の間に電気力線が集中している。そのため、この領域において水分等により誘電率に変動が生じれば特性インピーダンスの変化が生じ、ツイスト線30の一端からパルスを入射した場合にはそこから反射波が生じることから水の浸入を検出することが可能となる。

【0017】

図3は本発明において使用されるツイスト線30の構造を示す断面図である。ツイスト線30の二本の金属線30-1は絶縁体30-2で絶縁処理されて所定の間隔を保って連続しており、特性インピーダンスは一樣となっている。さらにツイスト線30をケーブル化

50

するために外周被覆が施され、この外周被覆として透水性テープによる透水性被覆 30-3 が巻き付けられている。

【0018】

透水性被覆 30-3 の素材としてはポリエステルテープ、綿テープ等の素材が適している。一方、絶縁体 30-2 の素材としてはポリエチレンの他、紙テープ等を用いることが可能である。

【0019】

なお、図 3 に示したのはツイスト線 30 の断面構造であり、以降で説明される本発明の実施の形態において使用されるツイスト線 30 はその長さ方向に関して改良が加えられているが、これについては後述する。

10

【0020】

図 4 は図 1 の構成による漏水発生位置検出方式においてパルス入射による反射波発生状況をオシロスコープ 32 を用いて観測した例を示す図である。また、図 5 は遮水層 20 の一部に亀裂が生じてツイスト線 30 の埋設された領域まで浸水した状況を拡大して示している。ツイスト線 30 における特性インピーダンス Z_0 の線路の一部が浸水により特性インピーダンス Z_1 に変化した場合、その点における反射率 R は、以下の式で表される。

【0021】

$$R = (Z_1 - Z_0) / (Z_1 + Z_0)$$

上記式において、ツイスト線 30 の周囲の透水性被覆 30-3 に水が染み込んでいるような場合には $Z_1 < Z_0$ となることから、反射率 R は $R < 0$ となり、特性インピーダンスの変化点における反射波は、入射波とは逆極性となる。透水性被覆 30-3 の水が染み込んでいる領域から水が染み込んでいない領域に変化する所では反射率 R は $R > 0$ となることから反射波の極性は入射波と同じ極性となる。また、ツイスト線 30 の終端（開放端）でも入射波と同極性の反射波となる。これにより、特性インピーダンスの変化点における反射波と終端における反射波とを容易に識別できる。

20

【0022】

ツイスト線 30 を伝搬する電気パルスの伝搬速度をおよそ 20 万 km/s とすると、例えば入射波の立上がりから反射波の立上がりまでが $1 \mu\text{s}$ であれば、パルス発生回路 31 と同じ場所にあるオシロスコープ 32 から漏水発生位置までの距離は 100 m ($20 \times 10^7 \times 10^{-6} / 2 = 100$) となる。従って、入射波-反射波間の時間を測定して計算された距離から、オシロスコープ 32 からダム堤体の天端、つまりツイスト線 30 の端部までの距離を考慮（減算）することで漏水発生位置を特定することができる。なお、前述したように、オシロスコープ 32 を 1 個で共用する場合であって、複数のツイスト線毎にオシロスコープ 32 から各ツイスト線の端部までの距離が異なる場合には、ツイスト線毎に考慮すべき値をあらかじめ用意しておけば良い。

30

【0023】

図 6 は、本発明による漏水発生位置検出方式の実施の形態を説明するための図である。図 6 は、遮水層 20 をダムの上流側から見た図であり、ツイスト線 1 本について示している。図 6 において、コンクリートによる遮水層 20 の内部には表面と平行な方向に、前述したような透水性被覆を有したツイスト線 30 が数 m ～数十 m の間隔をおいて埋設されている。つまり、1 本のツイスト線 30 は略四角形状となるように埋設され、ダム堤体の幅方向において対向する平行の線の間隔が数 m ～数十 m となるようにされている。図示していないが、ダム堤体の幅方向の長さに応じて、このツイスト線 30 の図中、左右両側にも同程度の間隔をおいて同様な形状のツイスト線が埋設されることは言うまでも無い。

40

【0024】

なお、図 6 に示された切替器 33 は、前に述べた複数のツイスト線 30 の切替えを行うための切替器とは別であるが、前に述べた切替器の機能と図 6 に示された切替器の機能とを 1 つの切替器で実現しても良い。切替器 33 の機能については後述する。

【0025】

ツイスト線 30 の両端部はダム堤体の天端側に設置した切替器 33 に接続されている。更

50

に、ダム堤体の天端側においてパルス発生回路 3 1 とオシロスコープ 3 2 が切替器 3 3 を介してツイスト線 3 0 に接続される。切替器 3 3 はコンピュータ 3 4 から出力される制御信号でツイスト線 3 0 の 2 つの端部のいずれか一方にパルス発生回路 3 1 及びオシロスコープ 3 2 を接続する動作を交互に行う。この場合、接続されない方のツイスト線 3 0 の終端部は開放状態、短絡状態のいずれでも良い。これは以下の理由による。つまり、終端部を開放とした場合には前述したように終端部からの反射波は入射波と同極性となり、漏水発生位置からの反射波との区別がし易い。一方、終端部を短絡した場合にはそこからの反射波は入射波と逆極性、つまり漏水発生位置からの反射波と同極性となるが、終端部までの距離はあらかじめ知られているので漏水発生位置からの反射波との区別が困難となることは無い。

10

【0026】

パルス発生回路 3 1 からツイスト線 3 0 に入射したパルス波はツイスト線 3 0 上の漏水発生位置またはパルス発生回路 3 1 に接続されていない方の端部で反射し、その反射波はオシロスコープ 3 2 で観測される。この観測データはコンピュータ 3 4 を介して付属の記憶装置に収録される。特に、コンピュータ 3 4 はあらかじめ定められた手順で切替器 3 3 を制御してツイスト線 3 0 の両端から交互にパルス波を入射させ、それぞれの反射波を記憶装置に収録する。例えば、はじめに図 6 に示されたツイスト線 3 0 の左側の端部からパルス波を入射させてその反射波を記憶装置に収録し、次に図 6 に示されたツイスト線 3 0 の右側の端部からパルス波を入射させてその反射波を記憶装置に収録する。

【0027】

その結果、漏水発生箇所がある場合には、はじめにツイスト線 3 0 において図 6 中、反時計回りの経路による漏水発生位置の測定、検出が行われ、続いて時計回りの経路による漏水発生位置の測定、検出が行われる。このようにツイスト線 3 0 の両端から漏水発生位置の測定、検出をそれぞれ少なくとも 1 回行うことで測定精度の向上を図ることができる。

20

【0028】

なお、多数の位置の漏水によりツイスト線 3 0 の複数箇所が浸潤して反射波の減衰が顕著となり、反射波の検出が困難となる場合がある。このような場合においては、漏水位置により近いツイスト線の端部側から測定することで反射波の減衰による検出能力低下を最小限に抑えることができる。漏水位置により近いツイスト線の端部は、パルス入射波と反射波との間隔が短い方の端部側として知ることができる。

30

【0029】

図 7 は、本発明の実施の形態において用いられる、改良されたツイスト線の一例を示す。この例では、ツイスト線 3 0 に、1 m 間隔で透水性被覆 3 0-3 に代えて約 3 cm の長さの遮水性被覆 3 0-5 を設けて水分がツイスト線 3 0 内を拡散する範囲を制限している。遮水性被覆 3 0-5 はアクリル系樹脂やピッチなどの樹脂をモールド等の方法で設けることで実現されるが、シリコンなどの止水効果を有するその他の材料でも同様の効果が得られる。

【0030】

なお、図 7 では遮水性被覆 3 0-5 の太さが透水性被覆 3 0-3 の太さと同じとなっているが、遮水性被覆 3 0-5 と透水性被覆 3 0-3 の太さが異なっても同様の効果が得られる。また、遮水性被覆 3 0-5 の設置間隔や長さがこの例と異なっても同様の効果が得られる。

40

【0031】

図 8 は上述したような遮水性被覆を持たないツイスト線を用いて、計測器側から 40 m の地点に模擬クラックを想定して注水した時に計測された反射波を示す。図 8 において、6 種類の反射波は、上から順に注水前、注水から 2 分後、4 分後、8 分後、28 分後の波形をそれぞれ示す。模擬クラックからの注水により注水位置周辺に反射波が生じていることが確認された。しかし、透水性被覆に水分が浸潤することで、注水の検出区間が時間とともに広がってゆくために注水位置の特定が困難になる。

【0032】

50

一方、図9は本発明による遮水性被覆30-5を有するツイスト線30を用いて、計測器側から40mの地点に模擬クラックを想定して注水した時に計測された反射波を示す。図9において、10種類の反射波は、上から順に注水直前、注水から1分後、15分後、31分後、45分後、61分後、75分後、91分後、105分後、121分後の波形をそれぞれ示す。注水直後より注水地点(40~41m)に反射波が生じるが、注水開始から約15分後より実験終了後に配管から水を排出するまでの2時間、注水地点の反射波は振幅、幅ともに一定であった。これにより本発明による遮水性被覆30-5の効果が確認できた。

【0033】

以上、本発明の実施の形態を多芯電線として2本の芯線を持つツイスト線を用いた場合について説明したが、本発明はツイスト線に代えてレッヘル線、つまり平行2線を用いても良いし、さらには3本以上の芯線を持つ多芯電線を用いても良い。レッヘル線について言えば、これ自体は周知であり、その周囲を図3で説明したものと同様の透水性被覆で被覆すると共に、所定の間隔で透水性被覆に代えてあらかじめ定めた長さの遮水性被覆を設けることにより水分がレッヘル線内を拡散する範囲を制限することができる。

10

【0034】

この例でも、遮水層20内部に侵入してきた水が透水性被覆に染み込み、空気と水の比誘電率の違いによる特性インピーダンスの局所的な変化から、図4で説明したのと同様の原理で漏水位置を測定、検出することができる。

【0035】

なお、オシロスコープ32に代えて同様の機能を持つ他の反射波測定手段が用いられても良い。

20

【0036】

更に、本発明の適用範囲は、上述したダム堤体に施工される遮水層に限らず、河川あるいは湖沼、更には海等に設けられる遮水構造物全般に適用可能である。

【0037】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明による漏水発生位置検出方式は、ダム堤体等の上流側に施工された遮水構造物内部に透水性被覆を有する多芯電線、特にツイスト線あるいはレッヘル線を設置し、漏水発生により侵入した水を透水性被覆に染み込ませることでツイスト線あるいはレッヘル線の特性インピーダンスの変化としてとらえ、その変化を電気パルスの反射波として検出する方式であり、少ない設置個数で漏水発生位置を早期かつ広域的に捉えることが可能となるため得られる効果は大である。

30

【0038】

特に、透水性被覆をある間隔において遮水性被覆に代えて透水性被覆に浸潤する水分の拡散を抑制することで漏水発生位置の検出精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による漏水発生位置検出方式の原理を説明するための図であり、ダム堤体及び遮水層構造の断面を示す図である。

【図2】本発明で使用されるツイスト線の周囲に生じる電界の状況を説明するための図である。

40

【図3】本発明で使用される透水性被覆を有するツイスト線の断面構造を示す図である。

【図4】本発明で使用されるツイスト線におけるパルス入射波とその反射波の発生状況を説明するための図である。

【図5】図1のダム堤体に施工された遮水層に亀裂が生じた場合におけるツイスト線への浸水状況を説明するための図である。

【図6】本発明による漏水発生位置検出方式の実施の形態を説明するための図である。

【図7】本発明の実施の形態において用いられる、改良されたツイスト線の一例を示した図である。

【図8】図7に示された遮水性被覆を持たないツイスト線を用いて注水試験を行った際に

50

得られた反射波の例を示した図である。

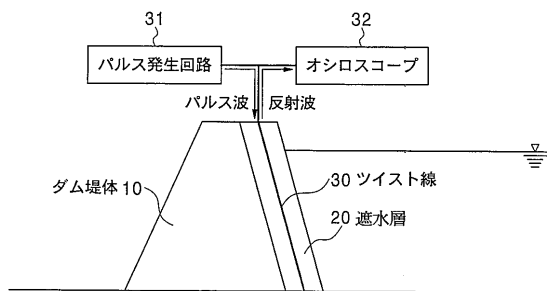
【図 9】図 7 に示された遮水性被覆を持つ、本発明によるツイスト線を用いて注水試験を行った際に得られた反射波の例を示した図である。

【符号の説明】

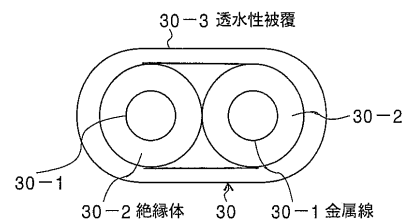
- 10 ダム堤体
- 20 遮水層
- 30 ツイスト線
- 30-1 金属線
- 30-2 絶縁体
- 30-3 透水性被覆
- 30-5 遮水性被覆

10

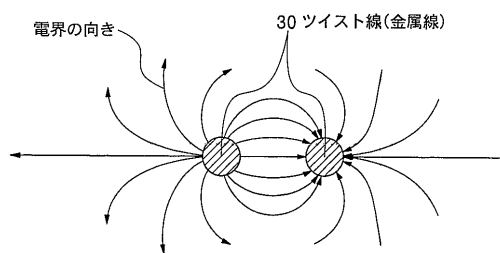
【図 1】



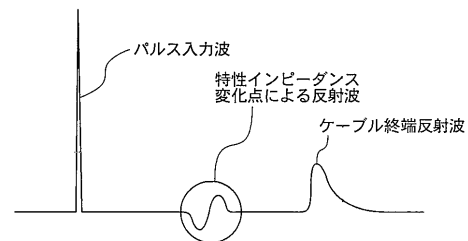
【図 3】



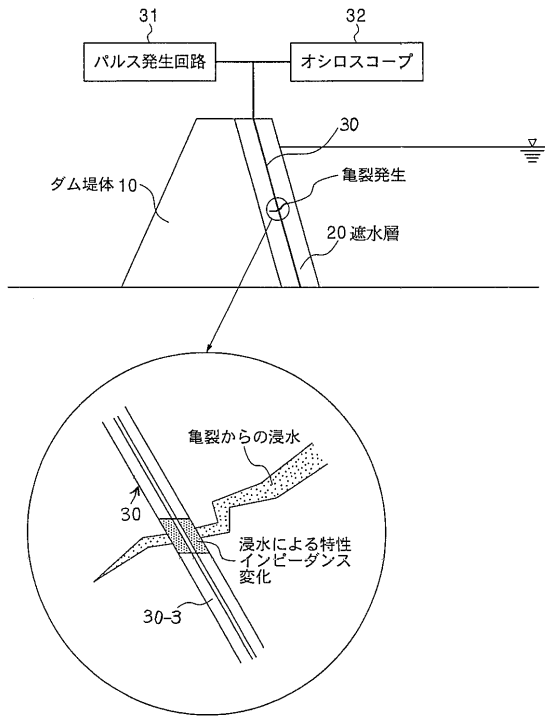
【図 2】



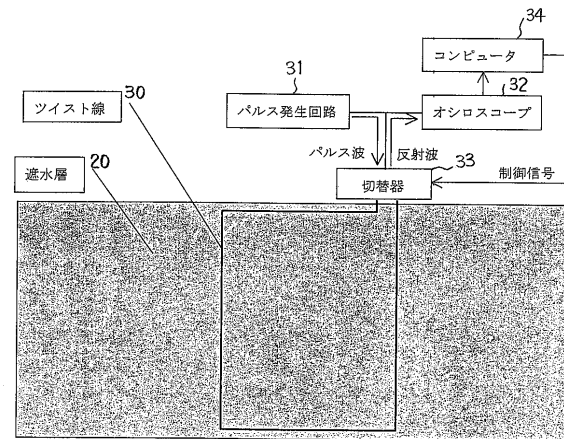
【図 4】



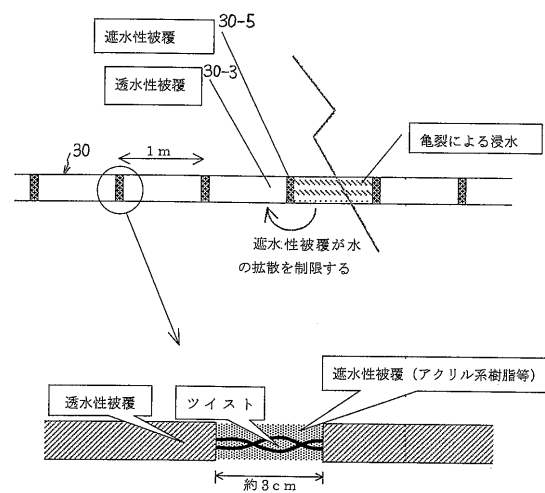
【図 5】



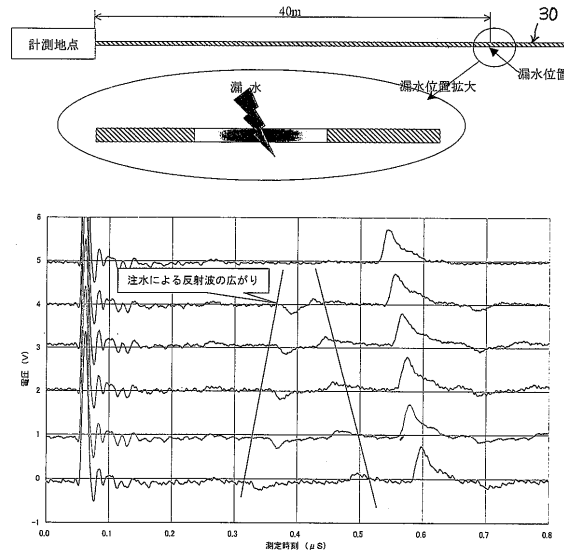
【図 6】



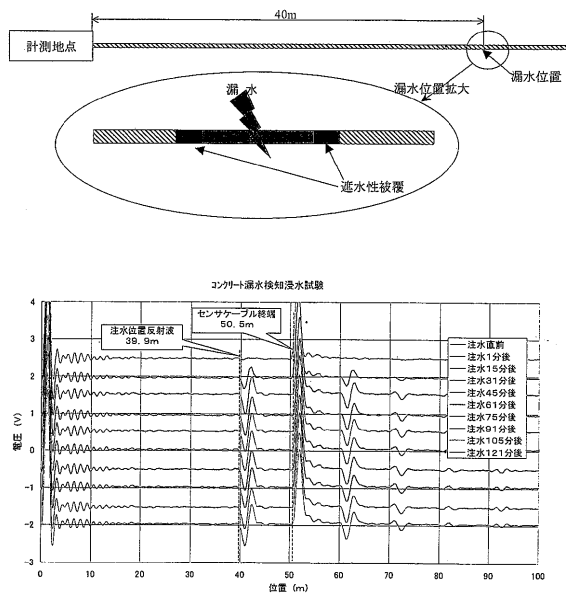
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 小堀 俊秀
茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法人土木研究所内
- (72)発明者 山崎 宣悦
東京都小平市仲町1 1
- (72)発明者 後藤 知英
埼玉県所沢市山口1 7 2 8 - 1 9

審査官 谷垣 圭二

- (56)参考文献 特開2002-350276 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
- G01M 3/16
G01M 3/04
JICSTファイル(JOIS)