

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3903186号

(P3903186)

(45) 発行日 平成19年4月11日(2007.4.11)

(24) 登録日 平成19年1月19日(2007.1.19)

(51) Int. Cl.

G 0 1 D 21/00 (2006.01)

F I

G 0 1 D 21/00

D

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-65794 (P2004-65794)
 (22) 出願日 平成16年3月9日(2004.3.9)
 (65) 公開番号 特開2005-257315 (P2005-257315A)
 (43) 公開日 平成17年9月22日(2005.9.22)
 審査請求日 平成16年3月9日(2004.3.9)

(73) 特許権者 301031392
 独立行政法人土木研究所
 茨城県つくば市南原1番地6
 (74) 代理人 100080115
 弁理士 五十嵐 和壽
 (72) 発明者 丸山 清輝
 新潟県新井市錦町2-6-8 独立行政法
 人土木研究所 新潟試験所内

審査官 井上 昌宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 F B G光ファイバセンサを用いた地すべり計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

地山の傾斜面などの観測箇所に複数、連続して埋設されて設置され、該観測箇所に生じる大きな引張変位と圧縮変位を計測する地すべり計であって、所定間隔をおいて設置された杭と、これらの杭間に自在継手からなるセンサ地盤固定金具を介して直列に接続された弾性部材およびコイルバネと、前記弾性部材に取付けられ該弾性部材のひずみを検出するF B G光ファイバセンサと、このF B G光ファイバセンサを含む前記弾性部材およびコイルバネを収納する保護パイプと、を有したことを特徴とするF B G光ファイバセンサを用いた地すべり計。

【請求項2】

前記コイルバネのバネ定数を所定に設定して、前記弾性部材およびコイルバネを介装した杭間の距離変化量と前記弾性部材のひずみ量との比例関係を予め任意に設定していることを特徴とする請求項1記載のF B G光ファイバセンサを用いた地すべり計。

【請求項3】

前記弾性部材の弾性係数を所定に設定して、前記弾性部材およびコイルバネを介装した杭間の距離変化量と前記弾性部材のひずみ量との比例関係を予め任意に設定していることを特徴とする請求項1または2に記載のF B G光ファイバセンサを用いた地すべり計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

この発明は、地面の特定の2点間の変位量を、弾性部材のひずみに変換しこのひずみ量をFBGセンサによって測定して、変位量を観測するように構成したFBG光ファイバセンサを用いた地すべり計に関し、地すべり調査における地すべり斜面の挙動調査に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

従来、地すべり斜面の挙動調査としては、光ファイバセンサを用いた調査方法が知られており、この方法では、光ファイバセンサを斜面地表面下に埋設する方法や、地表面に連続的に間隔をおいて移動杭を打設しこれらの移動杭間に光ファイバセンサを張る方法が用いられている。すなわち、地すべりに伴う地面の2点間の距離変化としての移動量を、直接、光ファイバの伸張量に変換し、このように伸張された光ファイバの光信号伝達特性の変化を計測することにより、前記の移動量を検出するセンサとして光ファイバを用いていた。

10

【0003】

また、被計測物に沿って配設され伸縮率に応じた特定波長の光を反射するFBG部を有するセンサ用光ファイバと、このセンサ用光ファイバのFBG部にて反射した光から、センサ用光ファイバの伸縮を検出する計測器とを有し、センサ用光ファイバの伸縮の検出結果に基づいて被計測物の歪みを計測する歪み計測装置であって、この歪み計測装置が設置された設置場所の温度が変化しても、FBG部の反射あるいは反射波長を一定に保つことのできる温度補償手段を設けて温度補償した歪み計測装置が知られている（例えば、特許文献1）。すなわち、温度補償手段は、FBG部を、包囲部材および支持部材を順次介して、被計測物に固定された固定部に固定し、これらの支持部材および包囲部材の線膨張率および/または弾性率を、設置場所の周囲温度が上昇した場合にFBG部の長さを減少させ、反対に低下した場合にFBG部の長さを増加させるように、所定に異ならせた構成としており、この構成によって、温度上昇または下降によりFBG部の長さが変動することを打ち消すようにしているので、温度変化の影響を受けることなくFBG部の反射あるいは反射波長を、被計測物の歪みだけを反映したものに保てるとされている。

20

【0004】

【特許文献1】特開2003-65731号公報（第6,7頁、図2）

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記の方法では、光ファイバセンサに生じる引張ひずみを観測しているので、斜面の変状に伴う引張量が大きい場合に光ファイバが断線することや、圧縮量の観測が難しいなどの問題点があった。他方、上記の歪み計測装置では、被計測物の歪みを支持部材および包囲部材を順次経由してFBG部に伝達して検出し、これらの支持部材および包囲部材の線膨張率および/または弾性率の差を、予め温度補償ができる差に設定しており、温度以外の被計測物の歪みを直接、FBG部に伝達しているので、計測装置として測定可能な許容範囲が、FBG部自体の変形が可能な範囲によって制約されるという問題がある。

40

【0006】

そこでこの発明は、前記従来の問題点を解決し、地すべりに伴う特定箇所の変位量を、伸縮の両方向で測定可能としかつ測定可能な許容範囲を拡大して、高精度に測定できるFBG光ファイバセンサを用いた地すべり計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】

【0007】

前記課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、地山の傾斜面などの観測箇所に複数、連続して埋設されて設置され該観測箇所に生じる大きな引張変位と圧縮変位を計測する地すべり計であって、所定間隔をおいて設置された杭と、これらの杭間に自在継手からなるセンサ地盤固定金具を介して直列に接続された弾性部材およびコイルバネと、前記

50

弾性部材に取付けられ、該弾性部材のひずみを検出する F B G 光ファイバセンサと、この F B G 光ファイバセンサを含む前記弾性部材およびコイルバネを収納する保護パイプと、を有したことを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 において、前記コイルバネのバネ定数を所定に設定して、前記弾性部材およびコイルバネを介装した杭間の距離変化量と前記弾性部材のひずみ量との比例関係を予め任意に設定している。

【 0 0 0 9 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 または 2 において、前記弾性部材の弾性係数を所定に設定して、前記弾性部材およびコイルバネを介装した杭間の距離変化量と前記弾性部材のひずみ量との比例関係を予め任意に設定している。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

この発明によれば、杭間距離の変化量を、コイルバネおよび弾性部材を経由させながら順次、所定に変換して、最終的に F B G センサが測定したひずみ量として捉える構成なので、地すべり斜面の大きな伸縮量を高い精度により観測できる。すなわち、地すべりなどによる地面の 2 点間の移動量を、光ファイバの伸張量に変換して計測した従来の構成では、光ファイバ自体の材料特性に依存した最大伸張量が計測可能な範囲となり、しかも予め固定的に決定されているのに対して、この地すべり計によれば、コイルバネおよび弾性部材を介在させて、移動量から弾性力、弾性力からひずみにそれぞれ、所定の比例関係を確保して変換し、このひずみ量を F B G センサによって検出することにより、前記の移動量を計測しているので、計測可能な範囲が 1 つの部材の材料特性に依存することや、伸張方向にだけ計測可能な制約を解消できる。

20

【 0 0 1 1 】

またこの発明によれば、前記の比例関係を調整できるので、測定範囲の拡大や測定精度の向上を図れる。すなわち、杭間距離の変化量つまり伸縮量の大きさに応じた弾性力の比率を規定するコイルバネのバネ定数や、この弾性力を外力として受けて内部に生成するひずみ量の比率を規定する弾性部材の弾性係数を、適宜、選択したり、選択した 2 つを組み合わせたりすることによって、杭間距離の変化量とひずみ量との比例関係を予め適切なものとできる。このため、様々な設置環境に柔軟に対処して最適な地すべり計にできるので、地すべり計の適用範囲を拡大できる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 2 】

この発明の実施の形態を、添付図面を参照して説明する。

【 0 0 1 3 】

この発明の実施形態を図面により説明する。図 1 は、この地すべり計を野外の傾斜面に設置して地すべり移動量を計測する地すべり計測装置の全体構成を示す概略図であり、図 2 は、地すべり計の詳細構成を示す拡大図である。

【 0 0 1 4 】

すなわち、図 1 および図 2 に示すように、計測システムとしての地すべり計測装置 1 は、図示しない地山の傾斜面などの観測箇所に埋設されて設置された複数の地すべり計 2 と、これらの地すべり計 2 から光信号による測定データを取得して、各地すべり計 2 が設置された箇所の地すべり移動量を記録する計測器 3 とから構成されている。

40

【 0 0 1 5 】

この地すべり計 2 は、F B G 光ファイバセンサ（以降、F B G センサと称する）4、弾性部材 5、コイルバネ 6、保護パイプ 7、センサ地盤固定金具 8、杭 9 とから構成されている。すなわち、この地すべり計 2 は、F B G センサ 4 を長尺状の弾性部材 5 に貼り付け、この弾性部材 5 の一端にコイルバネ 6 の一端を接続して、この一本化したコイルバネ 6 及び弾性部材 5 の両端を、センサ地盤固定金具 8 に結合した構成とされ、両センサ地盤固定金具 8 を介して、観測箇所の地面の 2 点として所定間隔をおいて地面に固定された杭 9

50

、9間に略直線状となるように取り付けしており、また複数の地すべり計2を概略直線状に揃えるように埋設し、地すべり計2同士の間の杭9を共有しながら、弾性部材5、コイルバネ6とが交互に連続するように配置されている。また、これらの地すべり計2のF B Gセンサ4は、それぞれの間が信号伝達用の光ファイバ10によって接続されるとともに、始端となるF B Gセンサ4は、同じ光ファイバ10を介して計測器3が接続されており、計測器3から各F B Gセンサ4を経由して末端のF B Gセンサ4に至るまで光信号伝達経路となる単一の光路が形成されている。

【0016】

なお、地すべり計測装置1は、傾斜面に設定した特定の領域を観測対象としており、その地すべり計2の配置方法としては、直線状やグリッド状に配置する方法がある。すなわち、直線状配置では、例えば図3(a)に示すように、傾斜面の地すべり斜面領域Aを、この傾斜面の高低方向に沿って直線状に横断して連続して設置された所定数の地すべり計2からなるセンサライン2Aを、互いに所定間隔をおいて複数、配列した配置としている。またグリッド状配置では、図3(b)に示すように、同地すべり斜面領域Aを、前記のように高低方向に沿った直線状のセンサライン2Aを、複数、配列したものと、この高低方向に対して直交するなど交差する方向に沿って直線状に横断して連続して設置した所定数の地すべり計2からなるセンサライン2Bを、互いに所定間隔をおいて複数、配列したものを組合わせた配置としている。

【0017】

再び図1および図2に示すように、F B Gセンサ4は、単一モードの光ファイバの一部分に、等間隔に屈折率を異ならせた回折格子を形成して、この部分をF B G (Fiber Bragg Grating、ブラッグ格子型光ファイバ) センサ素子としたものであり、このF B Gセンサ素子の部分を、専用の固定金具や接着剤などによって、予め弾性部材5の長手方向の略中央箇所の外周に密着して貼り付け、この貼り付けた弾性部材5の箇所の部分的な微小変位であるひずみ量を正確に測定できるようにしている。

【0018】

このF B Gセンサ素子はF B Gセンサ4として、屈折率 n とその屈折率の異なる格子間隔に依存した特定の波長 B ($B = 2n$)の光だけを反射する性質を有し、この反射波長 B がブラッグ波長と呼ばれている。このブラッグ波長は、F B Gセンサ素子がひずみを受けたとき変化して、F B Gセンサ素子から得られる反射光信号の周波数がシフトすることが知られている。すなわち、F B Gセンサ素子に広帯域波長の光を入力すると、F B Gセンサ素子からは特定の波長を有する光信号だけが反射される。このF B Gセンサ素子がひずみを受けると、その反射波の波長がひずみに応じて変化する。このように波長が変化した反射光を光スペクトルアナライザなどに入力して分析すれば、F B Gセンサ素子が受けたひずみ量を検出できる。

【0019】

また、F B Gセンサ素子は、広帯域波長の光のうち、ブラッグ波長と呼ばれる光の波長成分だけを反射し、残りの成分は透過させるセンサ素子であり、このブラッグ波長は、その回折格子の格子間隔を所定に形成することによって、各F B Gセンサ4毎に固有で互いに重複しないものに設定できる。このため、1本の光ファイバ10上に複数のF B Gセンサ4センサを直列に配置しても、各F B Gセンサ4からの検出信号を区別して取得できる多重化を可能にしている。

【0020】

すなわち、これらのF B Gセンサ4は、それぞれが同じひずみを受けた場合にも、各F B Gセンサ4から得られる反射光信号の帯域が互いに異なるように予め設定した回折格子が形成されており、かつ地すべり計2が所定に設置された場合には、各地すべり計2の弾性部材5に貼着された各F B Gセンサ4を1回だけ通過した1本の光路を形成するように、光ファイバ10を引き回して接続している。なお、隣りあったF B Gセンサ4同士を接続した光ファイバ10には、地すべりが生起してF B Gセンサ4同士の距離が離れた場合にも、光ファイバ10が断線しない程度の余分の長さが、予め確保されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

したがって、このように設定した複数のF B Gセンサ4を単一の光信号伝達路上に配置した構成によれば、各F B Gセンサ4を用いて、同時に多点を計測することができる。他方、F B Gセンサ4を光信号伝達経路として光ファイバ10から独立させて別体にユニット化した構成としたので、F B Gセンサ4を個別に交換でき、保守整備が容易となる。また、地すべり計2が設置されて既に形成されている既存の観測ラインに、光ファイバ10とF B Gセンサ4とを継ぎ足して追加していけば、観測領域を拡張できるので、柔軟な観測計画の変更が可能となる。

【 0 0 2 2 】

計測器3は、その光信号の入出力部が光ファイバ10の一端に接続されており、この光ファイバ10を介して入出力部から各F B Gセンサ4に向けて広帯域波長の光信号を出力するとともに、少なくとも、逆経路で各F B Gセンサ4から入出力部に入力される光反射信号を解析して、これらの各光反射信号の波長変化の計測、記録が可能な機能を有している。

10

【 0 0 2 3 】

弾性部材5は、所定の長さを有した長尺形状とされ、弾性部材全体の強度が一様に安定して均一であり、その長手方向の両端のいずれかからでも、引っ張り力または圧縮力の外力を受けた場合に、内部に形成されるひずみが局部的に片寄らないものであれば、特にその材料を限定することなく、またその長さや横断面形状、各部の寸法も任意なものでよい。すなわち、弾性部材5は、外力に対して応答するひずみ量を規定する弾性係数などの係数が予め知られており、測定条件に応じたものであればよい。この実施形態では、このような材料特性が周知でしかも安定した均一な品質が得られる安価なものとして、長棒状に形成した金属部材を選択しており、例えばバネ鋼を用いている。また、数年に渡って長期観測する場合には、弾性係数に関連する材料強度が、経年劣化する度合いの少ないものが望ましい。

20

【 0 0 2 4 】

コイルバネ6は、一般的なコイルスプリング(線型バネ)とされ、所定長さに所定の巻数で形成され、測定条件に応じたバネ定数が予め設定されており、無負荷状態の自然長から伸縮されると、この伸縮量の大きさに正比例し、かつバネ定数で規定された大きさの弾性力を生成する。したがって、コイルバネ6は、杭9間の距離変化に伴い伸張されて生じるバネ弾性力を、弾性部材5に引っ張り力として付与して、弾性部材5にひずみが生じさせるようにしている。また、このコイルバネ6のバネ定数は、コイルバネ6自体の材質に加えて、バネの設計要素である自然長や、コイル径、線径、ピッチなどの各部の諸寸法を設定することにより、適宜、自在に変更できるものとされている。

30

【 0 0 2 5 】

弾性部材5およびコイルバネ6の長手方向の大部分は、所定径および所定長さが確保された保護パイプ7内に収納されて、保護されており、またこの保護パイプ7は、伸縮性を有したものとされ、コイルバネ6と弾性部材5の伸縮に追従して伸縮させて、コイルバネ6と弾性部材5とが自由に伸縮できるようにしている。また弾性部材5およびコイルバネ6を、杭9間に取付けるセンサ地盤固定金具8の構成は、特に限定しないが、このセンサ地盤固定金具8としては、自在継ぎ手などのように、杭9間の距離変化だけを杭9間に介装したコイルバネ6および弾性部材5に伝達し、両者5、6、9間の相対的なねじれなどを伝達しない構成が好ましい。

40

【 0 0 2 6 】

なお、本発明者は、上記の構成で、引っ張り方向などの変位量と、F B Gセンサが捕捉した弾性部材のひずみ量とは明確に正の比例関係が成立し、線形の関係があることを確認した。

【 0 0 2 7 】

杭9は、所定の強度を有した部材が用いられ、この杭9を設置する場合には、直立させた姿勢でその基部が十分な深さに埋設して設置しており、地すべりによる移動以外は設置

50

箇所から移動しないようにしている。

【 0 0 2 8 】

次に、上記の構成の地すべり計 2 の設置手順を説明する。すなわち、地すべり計 2 を地すべり斜面に設置する場合には、まず斜面における観測箇所を深さ数 1 0 c m 程度掘削して地すべり計設置用の溝を形成し、次に、地すべり計の一方のセンサ地盤固定金具 8 を打設した杭 9 に固定し、地すべり計に引張力を加え適度に伸ばし、この伸ばした状態で他方のセンサ地盤固定金具 8 を地面に固定するように杭 9 を打設する。この作業を繰り返して、所定数の地すべり計 2 を設置し終えたら、最終的に、溝を土砂で埋め戻して、すべての地すべり計 2 を埋設すると、設置作業が完了する。

【 0 0 2 9 】

このように、地すべり計 2 を観測箇所に埋設して設置しているので、地すべり計 2 の観測結果に対して、日射や風量による温度変化などのように外部（地表面）環境からの影響が抑制される。他方、地すべり計 2 のコイルバネ 6 および弾性部材 5 は、保護パイプ 7 内に収納され、しかも地中に埋設されその周囲を土砂で囲まれた状態で設置されているので、地すべりなどによって杭 9 同士の距離が変化した際には、折れ曲がったり、湾曲して撓んだりしてその長さ方向に対して横方向に変形させることなく、長さ方向にだけ伸縮するように変形させることができる。このため、杭 9 間距離の変化量を反映した縦ひずみ量を、弾性部材 5 の内部に生成させることができる。

【 0 0 3 0 】

次に、地すべり計測装置 1 としての全体動作を説明する。すなわち、ある場所における地すべりによる杭 9 同士の距離の変化は、その大部分がコイルバネ 6 の伸縮に費やされ、バネ伸縮量に変換される。このため、この伸縮量に応じた強さのバネ弾性復帰力がコイルバネ 6 に生成される。そして、このバネ弾性力が弾性部材 5 にその軸長手方向の外力として加えられ、弾性部材 5 に縦ひずみである引っ張りひずみが形成される。このようにして生成された引っ張りのひずみ量を F B G センサ 4 によって検出する。したがって、地すべり斜面の伸縮は、コイルバネ 6 の伸縮として捉え、更にコイルバネ 6 の伸縮は弾性部材のひずみに変換され、このひずみは F B G センサ 4 によってひずみ量を表わした光信号に変換される。このような過程で順次、変換される各物理量同士の間には、所定に明確な比例関係があるので、F B G センサ 4 が測定したひずみ量から、地すべりによる杭 9 間の距離を変化させた地すべり移動量を正確に測定できる。すなわち、これらの各設置箇所の地すべり計 2 から検出用の光信号が、光ファイバ 1 0 を介して計測器 3 に入力され、この計測器 3 によって、所定に解析および記録が行なわれる。

【 0 0 3 1 】

以上のように、この実施形態の F B G センサを用いた地すべり計によれば、光ファイバを単体でセンサとするものに比べて、安価で格段に地すべり斜面の大きな伸縮量を高い精度により観測できる。すなわち、地すべり移動に伴い直接的に引っ張り変形された光ファイバをセンサとした従来の構成では、光ファイバ自体の材料特性によって最大伸張量が決定され計測可能な範囲の限界となり、しかも変更の余地が少ないのに対して、この地すべり計では、地すべり移動量の大きさに応じた大きさの弾性力をコイルバネに生成させ、この生成した弾性力によって、弾性部材にひずみを生成させ、このひずみ量を F B G センサによって検出して、地すべり移動量を計測しているので、前記の移動量を弾性力に変換するコイルバネの変換特性や、弾性力を受けてひずみに変換する弾性部材の変換特性を所定に設定することにより、センサとして高感度にして測定精度を向上させたり、測定可能な地すべり移動量の大きさを拡大したりできる。

【 0 0 3 2 】

例えば、地すべりに伴う地面の特定の 2 点間の移動量を、光ファイバの伸張量に変換して計測した従来の構成では、光ファイバに形成可能な引張りひずみの範囲（観測可能な範囲）が 1 % 程度であることから、移動の激しい地すべり地域の観測は、この限度範囲を光ファイバの伸張量が越えて、光ファイバ自体が断線してしまい観測不能となることがあるのに対して、この地すべり計では、コイルバネを介在させて、弾性部材に生成したひずみ量

10

20

30

40

50

を測定しているので、ひずみ量の観測可能な範囲が1 mの区間で ± 100 mm(ひずみ量で $\pm 10\%$)となり、移動の激しい地すべり発生地での観測が可能となる。このため、この地すべり計が観測対象とする地すべり斜面の適用範囲を拡大できる。

【0033】

これに加えて、地すべりに伴う地面の2点間距離の変化を表わす杭間距離の変化量を、これらの杭同士の間弾性部材およびコイルバネを直列的に接続し、このコイルバネの弾性力によって、弾性部材に引っ張りひずみを形成するようにしているので、このコイルバネのバネ定数を適宜、所定に選択することによって、バネ伸縮量つまり前記の杭間距離の変化量に応じてコイルバネから生成される弾性力の強さを調節することができる。

【0034】

すなわち、例えば高いバネ定数を有したコイルバネを用いた場合には、より少ないバネ伸縮量で大きな弾性復帰力を生じるので、僅かな地すべり移動量でも、比較的多くのひずみ量を弾性部材に生成でき、高い感度を有した地すべり計にできる。これに対して、低いバネ定数を有したコイルバネを用いた場合には、バネ伸縮量がより大きくなると、十分に大きな弾性復帰力が生じないので、大きな地すべり移動量でも、比較的少ないひずみ量を弾性部材に生成でき、地すべり計として測定可能な地すべり移動量の範囲を広く設定することができる。このように、地すべり計を設置する地すべり斜面に予め予測される地すべり移動量の計測に適したバネ定数や、予め最も観測したい地すべり移動量の計測に適したバネ定数を、適宜、選択して設定することにより、観測計画に適した測定可能な許容範囲や測定精度を得ることができる。

【0035】

同様に、弾性部材の弾性係数を適宜、所定に選択することによって、前記のコイルバネから付与される弾性力の強さに応じて、弾性部材に形成されるひずみ量の比率を調節することができる。すなわち、例えば低い弾性係数を有した弾性部材を用いた場合には、僅かな外力が加えられても、比較的多くのひずみ量が生成されるので、結局、僅かな地すべり移動量でも測定可能な高い感度を有した地すべり計にできる。他方、高い弾性係数を有した弾性部材を用いた場合には、大きな外力が作用しても、より少ないひずみ量が生成されるので、結局、地すべり計として測定可能な地すべり移動量の範囲を広くできる。このように、適宜の弾性係数を有した弾性部材を選択することにより、コイルバネと同様に、観測計画に適した測定可能な許容範囲や測定精度を得ることができる。したがって、これらの結果、地すべり移動量と弾性部材に生成されるひずみ量との比例関係を設定する自由度を向上できるので、この地すべり計によれば、地すべり挙動を把握する観測精度を確保しながら、測定範囲を拡充することが可能となる。

【0036】

また、ひずみを検出して測定する測定系の構成としては、地すべり挙動検出にFBGセンサおよび信号伝送路に光ファイバとからなる固定的な構造としていることから、機械的な可動部を無くすことができ、また多数のセンサを用いても各センサに給電しなくてよく、しかも単一の計測ラインで同時に多点を計測できるので、設置が容易で、信頼性の高い安価なものとなる。他方、計測量の伝達媒体として光信号を用いているので、電磁誘導による電気ノイズや誘導雷の影響を受けずに済む。すなわち、センサラインとして非導電性の光ファイバを用いているので、落雷がセンサラインを伝わって、このセンサラインに接続された計測機器が損傷することも皆無となる。さらに、このため、信号伝送路の最大延長距離として2 km程度を確保でき、地すべり移動量の広範囲な領域における観測が可能になる。

【0037】

なお、上記の実施形態においては、地山の地すべり斜面の挙動調査に適用した例を説明したが、これに限られることなく、地盤や岩盤などを種々の目的で挙動調査する例に適用してよい。

【0038】

さらに、この実施形態では、FBGセンサを光ファイバから独立させて別体のユニット

10

20

30

40

50

化した構成としたが、これに限られることなく、光ファイバに直接、回折格子を形成する加工を施して、FBGセンサを光ファイバに一体に形成してもよく、この構成によれば、予めFBGセンサ機能を有した光ファイバとして単体部品に1本化されているので、伝達用および検出測定用の光路としての安定度や信頼度を高めることができ、さらに計測精度の向上を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】この発明の実施形態の地すべり計を示し、地山の傾斜面に地すべり計を設置した地すべり計測装置の全体構成を示す概略図である。

【図2】この実施形態の地すべり計を示し、地すべり計の詳細構成を示す拡大概略図である。

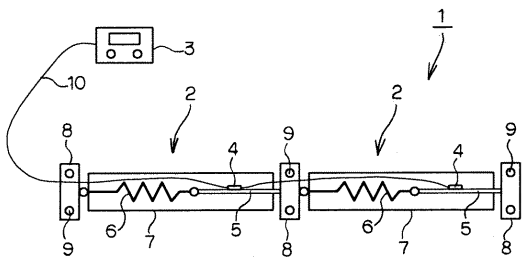
【図3】この実施形態の地すべり計の配置方法を示し、(a)は、直線状配置を、(b)は、グリッド状配置を示す概略図である。

【符号の説明】

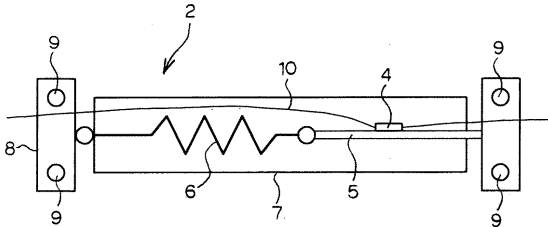
【0040】

- | | |
|------------------------|-------------------|
| 1 地すべり計測装置 | 2 地すべり計 |
| 2A, 2B センサライン | 3 計測器 |
| 4 FBGセンサ (FBG光ファイバセンサ) | 5 弾性部材 |
| 6 コイルバネ | 7 保護パイプ |
| 8 センサ地盤固定金具 | 9 杭 |
| 10 光ファイバ (検出信号伝達用) | A 地すべり斜面領域 (観測領域) |

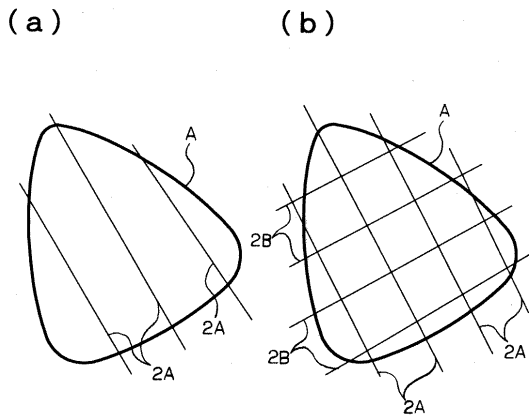
【図1】



【図2】



【図3】



10

20

フロントページの続き

- (56)参考文献 登録実用新案第3078316(JP,U)
特開2001-221615(JP,A)
特開2004-45135(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D18/00~21/02
G01D5/26~5/38
G01B11/00~11/30
G01L1/00~1/26
G01B5/00~5/30