

(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2006-266992

(P2006-266992A)

(43) 公開日 平成18年10月5日(2006.10.5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 D 21/00 (2006.01)	GO 1 D 21/00 D	2 F 0 6 5
GO 1 B 11/16 (2006.01)	GO 1 B 11/16 Z	2 F 0 7 6
GO 1 D 5/353 (2006.01)	GO 1 D 5/26 D	2 F 1 0 3

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2005-88083 (P2005-88083)
 (22) 出願日 平成17年3月25日 (2005.3.25)

(71) 出願人 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
 (71) 出願人 390027177
 坂田電機株式会社
 東京都杉並区荻窪4丁目8番13号
 (74) 代理人 100077838
 弁理士 池田 憲保
 (74) 代理人 100082924
 弁理士 福田 修一
 (72) 発明者 藤澤 和範
 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

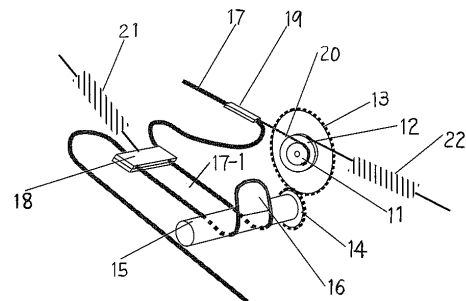
(54) 【発明の名称】 地すべり計測装置および方式

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバコードへ擦れが累積されることを防止できるとともに、現地でのメンテナンス作業を容易にすることができる地すべり計測装置を提供する。

【解決手段】 本発明による地すべり計測装置は、光ファイバコード17と、引張線20を介して作用する変位を回転運動に変換する変換手段と、前記回転運動を巻付け軸15へ伝達する伝達手段とを含む変位検出部を備える。巻付け軸には光ファイバコードに対して曲げによる光伝送損失を与えない保持部を持つ保持金具16を固定し、光ファイバコードの一部をU形状にしてその先端を保持金具の保持部に掛ける。引張線を介して作用する変位によって巻付け軸が回転する時、光ファイバコードのU形状にした平行部分17-1が累積的な擦れを生ずることなく巻付け軸に巻付いて光ファイバコードに光伝送損失が与えられる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光ファイバコードと、引張線を介して作用する変位を回転運動に変換する変換手段と、前記回転運動を巻付け軸へ伝達する伝達手段とを含む変位検出部を備え、

前記巻付け軸には前記光ファイバコードに対して曲げによる光伝送損失を与えない形状を持つ保持部を固定し、

前記光ファイバコードの一部をU形状にしてその先端を前記保持部に掛け、

前記引張線を介して作用する変位によって前記巻付け軸が回転する時、前記光ファイバコードの前記U形状にした平行部分が累積的な擦れを生ずることなく前記巻付け軸に巻付いて該光ファイバコードに光伝送損失が与えられるようにしたことを特徴とする地すべり計測装置。 10

【請求項 2】

前記変換手段は、前記引張線と、該引張線の一端側が巻き付けられたプーリと、該プーリと同心の回転軸を持つ第1のギアとを含み、

前記伝達手段は、前記第1のギアに歯合した第2のギアと、該第2のギアと同心の回転軸を持つ前記巻付け軸とを含み、

前記光ファイバコードの前記U形状にした平行部分であって前記先端と反対側には、平行保持用固定具を介して第1のパネ体により前記巻付け軸への巻付けとは反対方向へ張力を与え、

前記第1のギアには、第2のパネ体により前記引張線による引張力とは反対方向へ回転力を与え、 20

前記引張線の他端側には固定具を取り付けると共に、前記光ファイバコードの前記U形状にした平行部分の一方の延長部分を前記平行保持用固定具及び前記固定具を経てOTDR (Optical Time Domain Reflectometer) へ至るようにし、

前記変位検出部と前記平行保持用固定具及び前記第1、第2のパネ体を第1の杭上に配置し、

該第1の杭から離れた箇所に第2の杭を設置すると共に、該第2の杭上に別の固定具を配置して前記固定具と前記別の固定具との間に前記光ファイバコードの前記延長部分を架設し、該延長部分の端部を接続した前記OTDRにより、前記第1の杭と前記第2の杭との間の相対変位を測定することを特徴とする請求項1に記載の地すべり計測装置。 30

【請求項 3】

光ファイバコードと、

複数の山及び谷を持つ波板パネと、

前記波板パネの前記複数の山に近い部分にそれぞれ設けられ前記光ファイバコードを保持するための複数の保持部材とを含む変位検出部を備え、

前記光ファイバコードは、前記複数の保持部材で前記波板パネの伸縮方向に蛇行するように保持されると共に、隣り合う保持部材の間の光ファイバコードは略半円弧形状にされ、

前記波板パネの伸縮によって前記光ファイバコードの前記略半円弧形状の曲率を変化させることで前記光ファイバコードの光伝送損失を変化させるようにしたことを特徴とする地すべり計測装置。 40

【請求項 4】

前記保持部材を割入りの円筒形状部材で構成し、

前記波板パネには固定具を設けて前記光ファイバコードを該固定具を経てOTDR (Optical Time Domain Reflectometer) へ至るようにし、

前記変位検出部を第1の杭上に配置し、

該第1の杭から離れた箇所には別の固定具を配置した第2の杭を設置すると共に、前記固定具と前記別の固定具との間に前記光ファイバコードを架設することにより、前記第1 50

の杭と前記第2の杭との間の相対変位を前記光ファイバコードを介して前記波板バネに伝達することを特徴とする請求項3に記載の地すべり計測装置。

【請求項5】

前記固定具と前記別の固定具との間に前記光ファイバコードに代えて引張線を架設したことを特徴とする請求項2または4に記載の地すべり計測装置。

【請求項6】

請求項1～5のいずれかに記載の地すべり計測装置を複数個、1本の前記光ファイバコードに互いに力学的に結合されないように直列的に組み付け配置したことを特徴とする地すべり計測方式。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバを利用して地盤の変位を計測する地すべり計測装置および方式に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、国土開発は山間部においても急進展している。これにより山腹斜面における大規模な切り盛り土工が行われるようになったことから、自然災害とあいまって各地で地すべり災害が発生している。これらの災害を事前に防止するためには施工中及び施工後の地すべりの監視が重要であり、地すべりによる地盤変位が疑われる地域において地すべりの境界を特定する地すべり変位計測方式が望まれている。

20

【0003】

従来、地すべりの変位を計測する装置として電気式の地盤伸縮計が主に用いられていた。これに対し、雷などの電気障害に強く、耐食性に優れ、距離に対する信号の減衰が少ないことから、長い信号伝送路が構築できる光ファイバを用いた変位計測装置が開発されている。

【0004】

特許文献1には、光減衰円形曲線部への光ファイバの巻き数が変位により増減して光ファイバの透過光強度が変化することを利用して変位を検知する技術が開示されている。具体的には、この技術は光ファイバの曲率変化による透過光強度変化を利用して変位量を計測する光変位センサである。この光変位センサは、光ファイバを弛緩状態で配設すると共に直径の異なる2つの円盤に光ファイバが数回巻かれた光非減衰円形曲線部と光減衰円形曲線部とを備える。そして、光非減衰円形曲線部の円盤直径を透過光の減衰しない35mm以上、光減衰円形曲線部の円盤直径を透過光の減衰する30mm以下とする。更に、緊張状態で配設され変位検出箇所の変位に対応して伸縮する配線の伸縮量で光非減衰円形曲線部と光減衰円形曲線部における光ファイバの巻き数を変化させ、計測変位により両円盤への光ファイバの巻きつけ比を変化させるようにしている。

30

【0005】

上記光変位センサのうちの光減衰円形曲線部を図10に示す。この例では、光減衰円形曲線部100を構成する円盤101に光ファイバコード102の一部が固定されたうえで巻き付けられる。ところが、円盤101に光ファイバコード102を巻き付けるときに光ファイバコード102に擦れが生じるという問題があった。また、この光減衰円形曲線部100を含む光変位センサを被計測場所に設置後、地盤の変位が進んで光減衰円形曲線部100が回転すると光ファイバコード102の擦れが累積され、場合によっては光ファイバコード102が破損するという問題点があった。

40

【0006】

特許文献1にはまた、上記のような光ファイバコードの擦れを防ぐ技術を適用した光変位センサが開示されている。この光変位センサは、コイルバネの外周にコイル状に巻いた光ファイバコードを配置し、変位によってコイル形状の光ファイバコードのピッチが変化することで光ファイバの光伝送損失が変化することを利用してしている。

50

【 0 0 0 7 】

しかしながら、地すべり計測では山間部の屋外に計測装置を設置したり、メンテナンスを行う必要がある。特に、上記のような光変位センサを備えた計測装置では、計測期間中に劣化した計測装置内部の光ファイバコードを現地で交換する必要がある。ところが、コイルバネの外周に光ファイバコードをコイル状に巻くような作業は現地では実質上不可能であるという問題点があった。また、長い範囲に敷設した光ファイバコードの途中で別の計測装置を追加する場合がある。この場合には光ファイバを一旦切断し、計測装置を追加する作業が終了したら溶着する作業が必要であった。

【 0 0 0 8 】

特許文献 1 においては更に、図 1 1 に示すように、複数の光変位センサ 2 0 0 - 1、2 0 0 - 2、2 0 0 - 3、2 0 0 - 4 を連ねて複数の測定対象位置のそれぞれに配置する例が開示されている。この例では各光変位センサの光減衰円形曲線部を回転させるための円盤 2 0 1 - 1、2 0 1 - 2、2 0 1 - 3、2 0 1 - 4 がワイヤ等の配線 2 0 2 で力学的に結合されている。つまり、1 本の配線 2 0 2 が各光変位センサ 2 0 0 - 1 ~ 2 0 0 - 4 の円盤 2 0 1 - 1 ~ 2 0 1 - 4 に順に数回巻き付けられている。このため、一つの測定区間に生じた地盤変位により、連なる光変位センサの全てが地盤変位を検出してしまう場合がある。そのため、地すべりによる地盤変位が疑われる地域において地すべりの境界を特定することが困難であるという問題点があった。

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 0 5 7 0 1 3 号公報

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

本発明の課題は、地すべりの境界を特定することのできる地すべり計測装置及び計測方式を提供することにある。

【 0 0 1 1 】

本発明の他の課題は、光ファイバコードへ擦れが累積されることを防止できるとともに、現地でのメンテナンス作業を容易にすることのできる地すべり計測装置及び計測方式を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 2 】

請求項 1 に記載の発明によれば、光ファイバコードと、引張線を介して作用する変位を回転運動に変換する変換手段と、前記回転運動を巻付け軸へ伝達する伝達手段とを含む変位検出部を備え、前記巻付け軸には前記光ファイバコードに対して曲げによる光伝送損失を与えない形状を持つ保持部を固定し、前記光ファイバコードの一部を U 形状にしてその先端を前記保持部に掛け、前記引張線を介して作用する変位によって前記巻付け軸が回転する時、前記光ファイバコードの前記 U 形状にした平行部分が累積的な擦れを生ずることなく前記巻付け軸に巻付いて該光ファイバコードに光伝送損失が与えられるようにしたことを特徴とする地すべり計測装置が提供される。

【 0 0 1 3 】

上記請求項 1 に記載の発明による地すべり計測装置においては、前記変換手段は、前記引張線と、該引張線の一端側が巻き付けられたプーリと、該プーリと同心の回転軸を持つ第 1 のギアとを含み、前記伝達手段は、前記第 1 のギアに歯合した第 2 のギアと、該第 2 のギアと同心の回転軸を持つ前記巻付け軸とを含み、前記光ファイバコードの前記 U 形状にした平行部分であって前記先端と反対側には、平行保持用固定具を介して第 1 のバネ体により前記巻付け軸への巻付けとは反対方向へ張力を与え、前記第 1 のギアには、第 2 のバネ体により前記引張線による引張力とは反対方向へ回転力を与え、前記引張線の他端側には固定具を取り付けると共に、前記光ファイバコードの前記 U 形状にした平行部分の一方の延長部分を前記平行保持用固定具及び前記固定具を経て O T D R (O p t i c a l T i m e D o m a i n R e f l e c t o m e t e r) へ至るようにし、前記変位検出

10

20

30

40

50

部と前記平行保持用固定具及び前記第 1、第 2 のバネ体を第 1 の杭上に配置し、該第 1 の杭から離れた箇所には第 2 の杭を設置すると共に、該第 2 の杭上に別の固定具を配置して前記固定具と前記別の固定具との間に前記光ファイバコードの前記延長部分を架設し、該延長部分の端部を接続した前記 O T D R により、前記第 1 の杭と前記第 2 の杭との間の相対変位を測定することができる。

【 0 0 1 4 】

請求項 3 に記載の発明によれば、光ファイバコードと、複数の山及び谷を持つ波板バネと、前記波板バネの前記複数の山に近い部分にそれぞれ設けられ前記光ファイバコードを保持するための複数の保持部材とを含む変位検出部を備え、前記光ファイバコードは、前記複数の保持部材で前記波板バネの伸縮方向に蛇行するように保持されると共に、隣り合う保持部材の間の光ファイバコードは略半円弧形状にされ、前記波板バネの伸縮によって前記光ファイバコードの前記略半円弧形状の曲率を変化させることで前記光ファイバコードの光伝送損失を変化させるようにしたことを特徴とする地すべり計測装置が提供される。

10

【 0 0 1 5 】

上記請求項 3 に記載の発明による地すべり計測装置においては、前記保持部材を割入りの円筒形状部材で構成し、前記波板バネには固定具を設けて前記光ファイバコードを該固定具を経て O T D R (O p t i c a l T i m e D o m a i n R e f l e c t o m e t e r) へ至るようにし、前記変位検出部を第 1 の杭上に配置し、該第 1 の杭から離れた箇所には別の固定具を配置した第 2 の杭を設置すると共に、前記固定具と前記別の固定具との間に前記光ファイバコードを架設することにより、前記第 1 の杭と前記第 2 の杭との間の相対変位を前記光ファイバコードを介して前記波板バネに伝達することができる。

20

【 0 0 1 6 】

上記請求項 1、3 に記載の発明による地すべり計測装置のいずれにおいても、前記固定具と前記別の固定具との間に前記光ファイバコードに代えて引張線を架設するようにしても良い。

【 0 0 1 7 】

請求項 6 に記載の発明によれば、上記記載のいずれかの地すべり計測装置を複数個、1 本の前記光ファイバコードに互いに力学的に結合されないように直列的に組み付け配置したことを特徴とする地すべり計測方式が提供される。

30

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

請求項 1 に記載の地すべり計測装置においては、光ファイバコードを略 U 形状にしてその平行部分を巻付け軸に巻きつけるようにしているため、光ファイバコードには累積的な擦れが生じないことから光ファイバコードの耐久性、安全性を向上させることができる。また、長い範囲に敷設した光ファイバの途中で計測装置を追加する場合であっても、光ファイバを切断する必要がないことから作業性が向上する。

【 0 0 1 9 】

請求項 3 に記載の地すべり計測装置においては、波板バネに設けた保持部材で光ファイバコードを保持しているため、計測期間中に劣化した計測装置内部の光ファイバを現地で交換する場合であっても保持部材への光ファイバコードの着脱が容易であり交換作業は簡単である。また、長い範囲に敷設した光ファイバの途中で計測装置を追加する場合であっても、光ファイバを切断する必要がないことから作業性が向上する。

40

【 0 0 2 0 】

請求項 6 に記載の発明によれば、複数の地すべり計測装置を 1 本の光ファイバコードに組み付け配置して計測を行う場合、各測定区間で架設した部分の光ファイバコードあるいは引張線は力学的に結合されていないため、一つの測定区間に生じた変位により別の測定区間の地すべり計測装置が変位を検出してしまうという問題が生じない。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 1 】

50

次に、本発明による地すべり計測装置及び方式についてその実施の形態を図面を参照して説明する。

【0022】

図1は本発明の第1の実施の形態を示し、請求項1記載の発明による地すべり計測装置の変位検出部の基本構成を示す。

【0023】

図1において、第1のプーリ11、第2のプーリ12、第1のギア13が同じ回転軸を持つように同心状に組み合わせられている。第1のギア13には第2のギア14が歯合され、第2のギア14には巻付け軸15が同じ回転軸を持つように同心状に取り付けられている。巻付け軸15には光ファイバコード17を保持するための保持金具16が固定されている。保持金具16における光ファイバコード17の保持部は、光ファイバコード17に対して曲げによる光伝送損失を与えない曲率による周縁形状を持つようにされる。光ファイバコード17は、その一部をU形状にし、U形状の先端側を保持金具16の保持部に掛けることにより、巻付け軸16が回転するとU形状の平行部分17-1が巻付け軸16に巻き付くようにしている。

10

【0024】

光ファイバコード17におけるU形状の平行部分17-1はまた、先端側と反対側の部分が第1の固定金具(平行保持用の固定金具)18で固定保持されることで平行状態が維持されるようにしている。固定保持された平行部分の一方は、第2の固定金具(固定金具)19を介してOTDR(Optical Time Domain Reflectometer)35(図2参照)側へ導かれる。固定保持された平行部分の他方は、次の変位検出部へ導かれるか、次の変位検出部が無ければ開放状態にされる。

20

【0025】

OTDRの機能の一例を簡単に説明すると、OTDRから光ファイバコードに光信号(光パルス)を入射させた時、光ファイバコードに局所的な変位(例えば直線部分が曲線に変形する)が生じるとその部分の屈折率が変化する。これによりレイリー後方散乱光が発生しOTDRに戻ってくる。レイリー後方散乱光は光信号の入射端からレイリー後方散乱光の発生箇所までの距離に比例した時間後にOTDRに戻り、光強度(光伝送損失)は屈折率の変化、つまり変位の大きさに依存する。このことから、OTDRではレイリー後方散乱光の戻り時間と光強度とにより光ファイバコードに発生した変位の大きさと位置を知ることができる。

30

【0026】

第1の固定金具18には、第1のバネ体21により引張力が付与されている。第1のプーリ11と第2の固定金具19との間には引張線20が掛け渡され、第2のプーリ12には第2のバネ体22により引張力が付与されている。

【0027】

上記のように、引張線20を第1のプーリ11に固定するとともに第1のプーリ11に巻きつけることで、引張線20の変位を第1のプーリ11の回転運動に変換する。本実施形態では引張線20としてワイヤを使用しているが、インバーなどの他の材料を使用しても同様な効果が得られることはいうまでもない。引張線20の反力は第1のプーリ11と同じ回転軸上にある第2のプーリ12に取り付けた第2のバネ体22で得ている。

40

【0028】

いずれにしても、第1の保持金具18を境にしてOTDR側に延びる光ファイバコード17と次の変位検出部側に延びる光ファイバ17は、相互に張力が作用し合わない状態、つまり力学的に結合されない状態にされる。

【0029】

第1のプーリ11の回転は第1のプーリ11と同じ回転軸に固定した第1のギア13と、第1のギア13の回転軸とは異なる軸に固定した第2のギア14により、第2のギア14と同じ回転軸に固定した巻付け軸15の回転として伝達される。予め定めた第1のギア13と第2のギア14とのギア比によって引張線20の単位変位長当たりの巻付け軸15

50

の回転数が定まる。具体的には0.5～5程度のギア比で巻付け軸15の回転数を設定している。

【0030】

また、本実施形態では第1のプーリ11の回転を巻付け軸15の回転に伝達するために2つのギアによる構造を利用しているが、2つのプーリとベルトを用いたり、2つ以上のギアを用いた場合でも同様の効果が得られることは言うまでもない。さらに、第1のプーリ11、第1のギア13、第2のギア14ならびに巻付け軸15はボールベアリングを使用した軸受等を介してシャーシまたは筐体に取り付けられていることは言うまでもない。

【0031】

前述したように、巻付け軸15には光ファイバコード17に対して曲げによる光伝送損失を与えない曲率形状、具体的には直径3cm程度の円または半円形状の保持部を持つ保持金具16を固定している。光ファイバコード17は、その一部をU形状にしてその先端側を保持金具16に掛ける。また、光ファイバコード17に第1の固定金具18を介した第1のバネ体21で張力を与えている。一例を言えば、本実施形態では0.2kgfの張力を与えている。図1では、第1、第2のバネ体としてスプリングバネを示しているが、ゼンマイバネ等でも同様の効果が得られる。

【0032】

巻付け軸15が前述の通りに引張線20の変位によって回転すると光ファイバコード17はU形状の平行部分17-1で巻付け軸15に巻き付くこととなり、光ファイバコード17に累積的な捩れが生じない。巻付け軸15が引張線20の変位によって回転すると光ファイバコード17の平行部分17-1が巻き付くため、光ファイバコード17の曲率が変化して屈折率が変化し、その結果、光ファイバコード17には光伝送損失が生じる。本実施形態では、巻付け軸15は10mm～20mm程度の直径としている。巻付け軸15の直径は細くなるほど巻き数に対する光ファイバコード17の光伝送損失が大きくなる。前述のギア比と巻付け軸15の径とによって、引張線20の単位変位長当たりの光ファイバコード17の光伝送損失を設定している。

【0033】

図2は図1で説明した変位検出部の基本構成を用いた地すべり計測装置の構成を示している。図1に示した基本構成は筐体等に収納し、地盤斜面に設置された第1の杭31上に配置する。地盤斜面にはまた、第1の杭31から離れた位置に第2の杭32が設置される。第1の固定金具18から導出された光ファイバコード17の平行部分17-1の一方は、引張線20の一端に接続した第2の固定金具19と第2の杭32上に固定した第3の固定金具(別の固定金具)33との間に架設する。

【0034】

第1の杭31と第2の杭32との間に相対変位が生じると、架設した光ファイバコード17が変位し、これに接続した引張線20に変位が生じるために第1のプーリ11、第1のギア13、第2のギア14、巻付け軸15に回転が生じて光ファイバコード17の平行部分17-1が巻き付く構造となっている。

【0035】

本実施形態では被覆内部に光ファイバ心線と抗張力体としてアラミド繊維を配置した光ファイバコード17を使用している。光ファイバコード17は1.5kgf程度の張力で架設しており、図1に示した第1のバネ体21、第2のバネ体22の張力と均衡させている。ただし、光ファイバコード17はワイヤ入りの光ファイバコード等を使用しても同様の効果が得られることは言うまでもない。また、変位を伝達するための手段として光ファイバコード17とは別にワイヤやインバー線を利用する場合でも同様な効果が得られることも言うまでもない。この場合、第2の固定金具19と第3の固定金具33との間にワイヤやインバー線が引張線として架設され、光ファイバコード17は張力無しで敷設される。勿論、第2の固定金具19と第3の固定金具33との間の引張線は、引張線20を延長することで実現しても良く、この場合第2の固定金具19は不要である。また、架設あるいは敷設されている部分の光ファイバコード17がここでは示していない架設した保護管

10

20

30

40

50

により養生されていることは言うまでもなく、架設区間とOTDR35との間及び測定区間の間に弛緩状態で敷設した光ファイバコード17も保護管で養生されていることは言うまでもない。更に、保持金具16や第1、第2の固定金具18、19等は金属製である必要はない。

【0036】

巻付け軸15における光ファイバコード17の光伝送損失は光ファイバコード18の端部に接続したOTDR(光パルス測定法)35で測定する。光ファイバコード17の光伝送損失の実測例を図3に示す。ここではギア構造のギア比(図1における第1のギア13の歯数/第2のギア14歯数)を5倍とし、巻付け軸15の径を11mmとした場合について示している。図3から明らかな通り、光伝送損失は引張線20の変位量にほぼ比例して大きくなるため、光伝送損失から引張線20の変位量、つまりは第1の杭31と第2の杭32の間の相対変位量を知ることができる。

10

【0037】

図4は本発明の第2の実施の形態を示し、請求項3に記載の発明による地すべり計測装置の変位検出部の基本構成を示す。

【0038】

図4において、変位検出部は、光ファイバコード17と、複数の山及び谷を持つ伸縮自在の波板パネ41とを有し、波板パネ41の各山に近い部分には稜線に添うように保持部材42が設けられている。保持部材42は光ファイバコード17を保持するためのものである。波板パネ41の一端側にはまた、固定金具36が取り付けられて固定金具36と波板パネ41との間の光ファイバコード17に張力が作用しないようにしている。

20

【0039】

光ファイバコード17は、波板パネ41に固定した複数の保持部材42で保持されることにより波板パネ41の伸縮方向に蛇行している。つまり、光ファイバコード17は、保持部材42で保持されている部分は直線であり、隣り合う保持部材42の間では略半円弧形状になるようにされている。

【0040】

図5に示すように、波板パネ41が伸縮すると波板パネ41の山部分の間隔が変化するため、保持部材42の間の略半円弧形状をした光ファイバコード17の曲率が変化して光ファイバコード17の光伝送損失を変化させる構造となる。

30

【0041】

光ファイバコード17の保持部材42は、図6に示すように、割入りの円筒形状であり、波板パネ41のそれぞれの山に近い部分に接着剤等で固定している。光ファイバコード17は保持部材42の割を開き、保持部材42の内側に配置する。保持部材42の内径は光ファイバコード17の外径より僅かに小さく設定しているため、保持部材42の復元力で光ファイバコード17は締め付けられている。保持部材42はプラスチック材料で形成しているが、ゴムや金属を使用しても同様の効果が得られる。保持部材42はまた、円筒形状の部材によらずに複数の略C形状の保持部を間隔をおいて設置することで実現されても良い。

【0042】

保持部材42の間の光ファイバコード17は略半円弧を描く形状となるが、光ファイバコード17の光伝送損失は波板パネ41の伸縮状態と光ファイバコード17の略半円弧形状により変化する。そこで、波板パネ41の伸縮状態と光ファイバコード17の略半円弧の形状は図6に示すような整形治具50を用いて規定している。

40

【0043】

図6において、整形治具50は、複数の山51を有するとともに、山51の間の谷に対応する箇所には、交互に略半円柱部52が設けられて成る。略半円柱部52は、光ファイバコード17の略半円弧形状の曲率を規定する。つまり、整形治具50の山51に波板パネ41を被せた状態にして保持部材42に光ファイバコード17を保持させる。この時、隣り合う保持部材42の間の光ファイバコネクタ17は略半円柱部62に添わせるように

50

する。その後、整形治具 50 は取り外される。

【0044】

波板バネ 41 は、その伸縮により山の間隔が 1 cm ~ 3 cm 程度の範囲で変化するように作られる。波板バネ 41 全体の伸縮量は波板バネ 41 の山の数で調整することができる。整形治具 50 は、図 6 では一例として 4 個の山 51 を持つように作られているが、波板バネ 41 に想定される最大数の山を持つように作られる。このような整形治具を用意しておけば、最大数以下の山を持つどのような波板バネにも対応できる。

【0045】

図 7 は図 4 で説明した変位検出部の基本構成を用いた地すべり計測装置の構成を示している。図 4 に示した変位検出部は地盤斜面上に設置した第 1 の杭 31 上に配置され、こ
10
こには示していない格納箱等で養生される。第 1 の杭 31 から離れた地盤斜面には第 2 の杭 32 が設置される。第 1 の杭 31 上にあり、波板バネ 41 に固定された固定金具 36 と、第 2 の杭 32 上に配置した固定金具 (別の固定金具) 33 との間に引張線を架設する。引張線の張力は波板バネ 41 により得られる。具体的には引張線の張力は 0.5 kgf ~ 2 kgf 程度としている。

【0046】

本実施形態では引張線として波板バネ 41 に取り付けられた保持部材 42 に保持されている光ファイバコード 17 を共用しているが、図 2 で説明したように、別途ワイヤやインバー
20
線等を利用して同様の効果が得られる。本実施形態では光ファイバコード 17 は被覆内部に光ファイバ心線と抗張力体としてアラミド繊維を配置したものを使用している。架設部分の引張線の張力は固定金具 36 を介して波板バネ 41 で均衡しており、保持部材 42 に保持されている部分の光ファイバコード 17 には張力を与えていない。

【0047】

第 1 の杭 31 と第 2 の杭 32 の間に相対変位が生じると、架設した光ファイバコード 17 を接続した波板バネ 41 に伸縮が生じる。前述の通り、波板バネ 41 に伸縮が生じると、各保持部材 42 の間の略半円弧形状をした光ファイバコード 17 の曲率が変化して光ファイバコード 17 の光伝送損失が変化する。光ファイバコード 17 の光伝送損失量は光ファイバコード 17 の端部に接続した OTDR 35 で測定する。光伝送損失量から波板バネ 41 の伸縮量、つまりは第 1 の杭 31 と第 2 の杭 32 の相対変位量を知ることができる。

【0048】

図 8 は請求項 1 に記載の発明による地すべり計測装置、つまり図 1、図 2 に示された地
30
すべり計測装置を用いて請求項 6 に記載の発明による地すべり計測方式を構成した例を示す図である。勿論、請求項 3 に記載の発明による地すべり計測装置、つまり図 4、図 7 に示された地すべり計測装置を用いて構成した場合でも同様の効果が得られる。

【0049】

本地すべり計測方式は、複数の地すべり計測装置を 1 本の光ファイバコードに組み付けて配置したことを特徴としている。図 2 で説明したように、地盤斜面に設置された第 1 の杭 31 上に第 1 の地すべり計測装置 10A が配置される。第 1 の杭 31 から離れた地盤斜面には第 2 の杭 32 が設置される。図 1 で説明したように、第 1 の地すべり計測装置 10A における光ファイバコード 17 の平行部分 17-1 の一方は第 1 の固定金具 18、第 2
40
の固定金具 19 を介して OTDR 35 側へ導出される。導出された光ファイバコード 17 は、第 2 の杭 32 上に配置された固定金具 33 を介して OTDR 35 に接続される。前述したように、第 1、第 2 の固定金具 18、19 を経て OTDR 35 側へ向かう光ファイバコード 17 と、第 1 の固定金具 18 を経て次の地すべり計測装置側へ向かう光ファイバコード 17 とは、一方に作用する張力が他方に作用しないようにされている。

【0050】

光ファイバコード 17 の平行部分 17-1 の他方は第 1 の固定金具 18 を介して次の地
すべり計測装置側へ導出される。特に、次の第 2 の地すべり計測装置 10B は、第 1 の杭 31 から離れた地盤斜面に設置された第 3 の杭 37 に配置される。そして、第 2 の地すべり計測装置 10B における光ファイバコード 17 の平行部分 17-1 の一方が第 1 の固定
50

金具 18、第 2 の固定金具 19 を介して第 1 の地すべり計測装置 10 A 側に導出される。但し、第 1 の杭 31 と第 3 の杭 37 との間には、第 1 の杭 31 に近い場所に第 4 の杭 38 が設置され、第 4 の杭 38 上には光ファイバコード 17 を保持するための固定金具 39 が配置されている。これにより、第 4 の杭 38 と第 1 の地すべり計測装置 10 A との間の光ファイバコード 17 は張力の作用しない弛緩状態にされている。第 2 の地すべり計測装置 10 B の次に設置される第 3 の地すべり計測装置及びそれ以降についても同様にされる。

【0051】

OTDR 35 は光ファイバコード 17 に組み付けられた複数の地すべり計測装置の少なくとも 1 つにおいて光ファイバコードに変位が生じると、それによる光伝送損失の大きさとその発生位置がわかる。従って、1 本の光ファイバコード 17 に複数の地すべり計測装置を組み付けることにより、光伝送損失の発生位置から該当する測定区間を判断し、光伝送損失量の大きさから該当測定区間の 2 本の杭の相対変位量が判断できる。

10

【0052】

図 8 に示す計測方式によれば、各測定区間で架設された部分の光ファイバコード 17 は力学的に結合されていないため、複数の測定区間を含むような地すべりが起きない限り、一つの測定区間に生じた変位により他の測定区間の光変位センサが変位を検出してしまう問題が生じない。つまり、図 8 で言えば、第 1 の地すべり計測装置 10 A は第 1 の杭 31 と第 2 の杭 32 との間の相対変位のみを検出する。第 2 の地すべり計測装置 10 B は第 1 の杭 31 と第 2 の杭 32 との間の相対変位には反応せず、第 3 の杭 37 と第 4 の杭 38 との間の相対変位のみを検出する。従って、地すべりによる地盤変位が疑われる地域において地すべりの境界を特定する場合には、地すべりによる地盤変位が生じている測定区間を正確に特定できる。

20

【0053】

なお、図 8 に示す実施形態では 1 つの測定区間に 2 本の杭を使用しているが、図 9 に示すように地すべり計測装置を固定する杭（例えば第 1 の杭 31）と隣接する測定区間の光ファイバコードを架設する杭（例えば第 4 の杭 38）を共用しても同様な効果が得られる。つまり、第 1 の地すべり計測装置 10 A は第 1 の杭 31 と第 2 の杭 32 との間の相対変位のみを検出し、第 2 の地すべり計測装置 10 B は第 1 の杭 31 と第 2 の杭 32 との間の相対変位には反応せず、第 3 の杭 37 と第 1 の杭 31 との間の相対変位のみを検出する。これは、前述したように、第 1 の地すべり計測装置 10 A においては、第 2 の固定金具 19 から OTDR 35 側に向かう光ファイバコード 17 と、第 1 の固定金具 18 から第 2 の地すべり計測装置 10 B 側に向かう光ファイバコード 17 との間は力学的に結合されていないからである。この場合、図 9 で言えば、第 4 の杭 38 に配置されていた固定金具 39 は第 1 の杭 31 に配置される。

30

【0054】

以上の説明から明らかなように、第 1 の実施形態による地すべり計測装置によれば、巻付け軸 15 における光ファイバコード 17 の巻付き数が地盤変位により増減して光伝送損失が変化することを利用して地盤変位を検知する場合に、巻付け軸 15 に略 U 形状とした光ファイバコード 17 の平行部分 17-1 を巻き付けることで光ファイバコード 17 に累積的な捩れを生じさせないため、光ファイバコード 17 の耐久性・安全性を確保できる。また、長い範囲に敷設した光ファイバコードの途中で計測装置を追加する場合には光ファイバコードを切断、溶着する必要が無いので作業性が向上する。

40

【0055】

また、第 2 の実施形態による地すべり計測装置によれば、光ファイバコード 17 に累積的な捩れを生じさせないだけでなく、波板パネと保持部材との組み合わせによる簡単な構成であることから計測期間中に劣化した計測装置内部の光ファイバを現地で交換する必要が生じた場合であっても交換作業は容易である。また、長い範囲に敷設した光ファイバコードの途中で計測装置を追加する場合には光ファイバコードを切断、溶着する必要が無いので作業性が大幅に向上する。

【0056】

50

更に、上記第 1、第 2 の実施の形態による地すべり計測装置を用いた地すべり計測方式によれば、地すべりによる地盤変位が疑われる地域において地すべりの境界を特定する場合に、以下の効果が得られる。地すべりによる地盤変位が疑われる地域がかなり広い範囲であってもその地域に 1 本あるいは少数本の光ファイバコードを敷設し、その光ファイバコード上に第 1、第 2 の実施の形態による地すべり計測装置を複数個組み付け配置することで、光ファイバコード上に発生した光伝送路損失の変化した位置から地すべりによる地盤変位が生じている測定区間を特定できる。このとき、各測定区間で架設した部分の光ファイバコード（引張線）は力学的に結合されていないため、一つの測定区間に生じた変位により連ねた変位検出部が変位を検出することなく、地盤変位が生じている測定区間のみを正確に特定できる。

10

【0057】

地すべりが疑われる地域では地表の変位のみならず地中の変位、間隙水圧、地下水位ならびに地盤の傾斜などをそれぞれに適した計測機器を設置して計測する必要がある。従って、地すべりが疑われる地域が広い場合には、上記の各種計測機器の設置数も多くならざるを得ない。これに対し、本発明による地すべり計測方式により予め地すべりの地域や境界を把握しておくことで、効率的な計測機器の配置を計画することができ、これによって得られる経済的効果は大である。

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図 1】図 1 は本発明の第 1 の実施形態による地すべり計測装置の変位検出部の基本構成を示す図である。

20

【図 2】図 2 は図 1 に示された変位検出部の基本構成を用いた地すべり計測装置の構成を示す図である。

【図 3】図 3 は図 1 に示された引張線の変位が巻付け軸を介して光ファイバコードに作用した場合に光ファイバコードに発生する光伝送損失量の実測例を示す図である。

【図 4】図 4 は本発明の第 2 の実施形態による地すべり計測装置の変位検出部の基本構成を示す図である。

【図 5】図 5 は図 4 に示された地すべり計測装置において、波板バネの伸縮と光ファイバコードの曲率の変化状況を示す図である。

【図 6】図 6 は図 4 に示された地すべり計測装置において光ファイバコードを組み付ける際に使用される整形治具と、光ファイバコードの保持部材の構造を説明するための図である。

30

【図 7】図 7 は図 4 に示された変位検出部の基本構成を用いた地すべり計測装置の構成を示す図である。

【図 8】図 8 は図 2 に示された地すべり計測装置が複数個組み合わされる地すべり計測方式の構成を示す図である。

【図 9】図 9 は図 8 に示された地すべり計測方式の変形例を示す図である。

【図 10】図 10 は従来の光変位センサの一部である光ファイバの光減衰円形曲線部の構造を示す図である。

【図 11】図 11 は図 10 に示された従来の光変位センサを連ねて複数の測定対象位置に配置した例を示す図である。

40

【符号の説明】

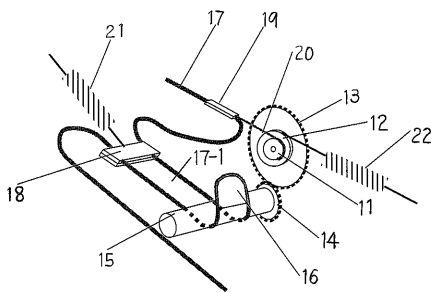
【0059】

- 10、10A、10B 地すべり計測装置
- 11、12 第 1、第 2 のプーリ
- 13、14 第 1、第 2 のギア
- 15 巻付け軸
- 16 保持金具
- 17 光ファイバコード
- 17-1 平行部分

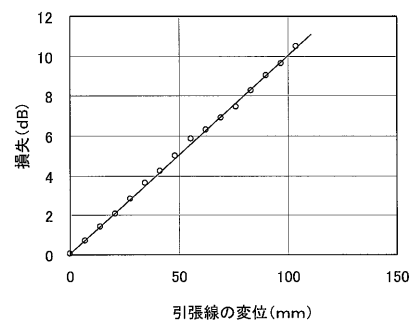
50

- 18、19 第1、第2の固定金具
- 20 引張線
- 21、22 第1、第2のバネ体
- 31、32、37、38 第1、第2、第3、第4の杭
- 33、36 固定金具
- 41 波板バネ
- 42 保持部材
- 50 整形治具
- 51 山
- 52 略半円柱部

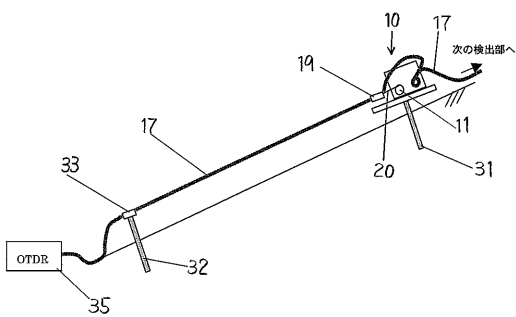
【図1】



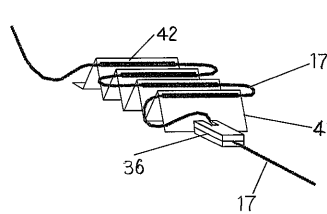
【図3】



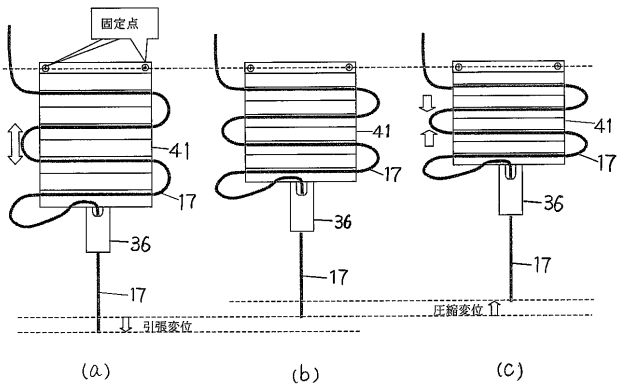
【図2】



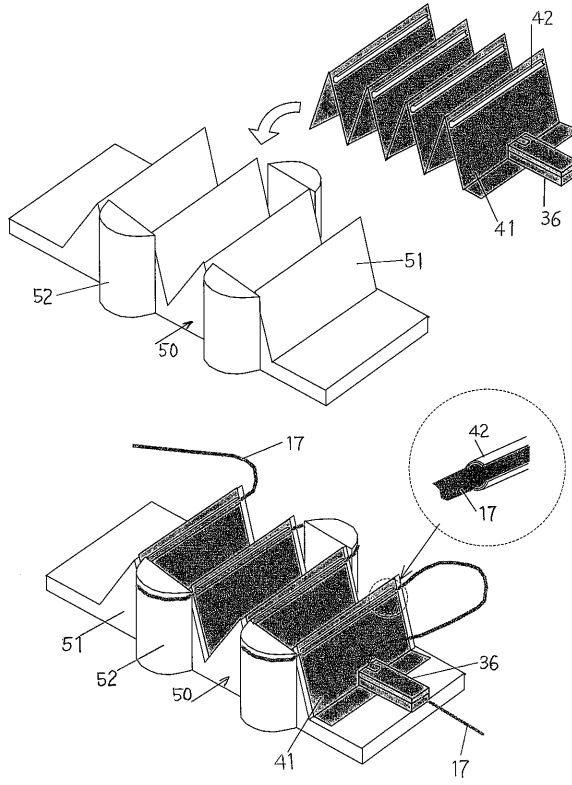
【図4】



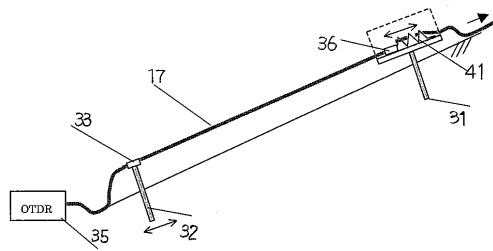
【 図 5 】



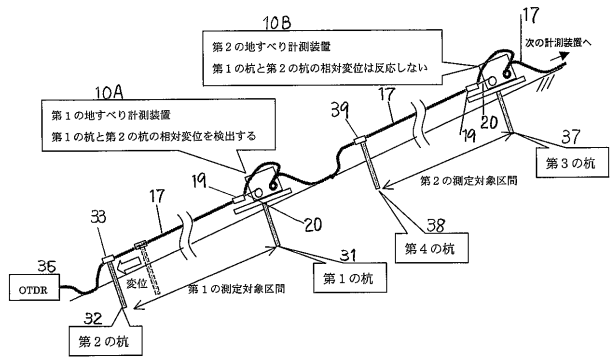
【 図 6 】



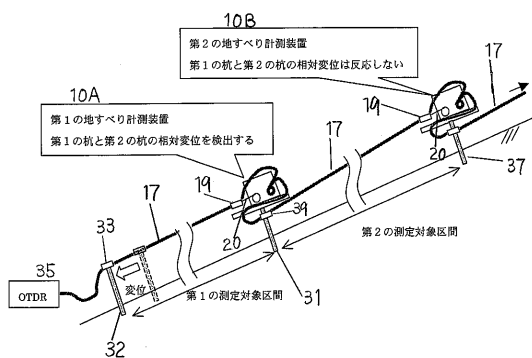
【 図 7 】



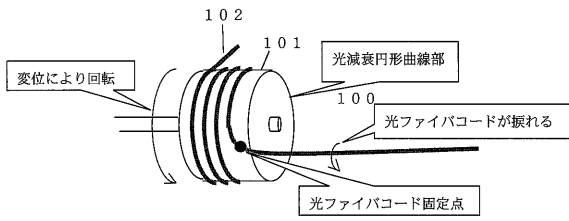
【 図 8 】



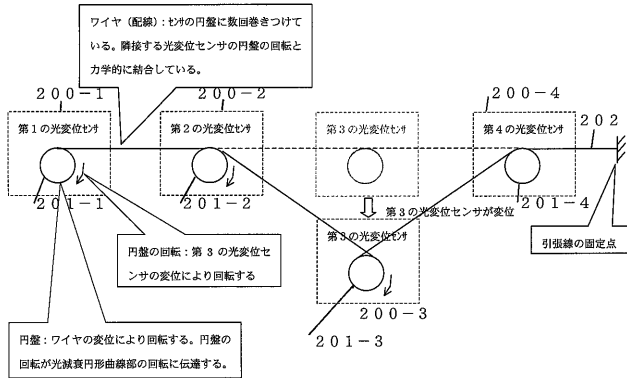
【 図 9 】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

- (72)発明者 森下 淳
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 浅井 健一
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 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
- (72)発明者 石坂 周平
神奈川県川崎市宮前区宮崎1 3 7 - 1
- Fターム(参考) 2F065 AA20 AA65 BB05 CC14 DD03 FF32 FF44 FF58 JJ00 LL02
PP01 TT07 UU03
2F076 BA01 BB09 BD02 BD06 BE01 BE02
2F103 BA17 BA37 CA07 EC09 GA13 GA14 GA15