

(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2004-361264

(P2004-361264A)

(43) 公開日 平成16年12月24日(2004.12.24)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
G01H 9/00

F I  
G O 1 H 9/00

テーマコード(参考)  
2 G O 6 4

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-160498 (P2003-160498)  
(22) 出願日 平成15年6月5日(2003.6.5)

(71) 出願人 593190434  
日本建設コンサルタント株式会社  
東京都港区新橋6丁目17番19号  
(71) 出願人 301010607  
国土交通省近畿地方整備局長  
大阪府大阪市中央区大手前1-5-44  
(74) 代理人 100074206  
弁理士 鎌田 文二  
(74) 代理人 100084858  
弁理士 東尾 正博  
(74) 代理人 100087538  
弁理士 鳥居 和久  
(72) 発明者 藤枝 敬史  
東京都港区新橋6丁目17番19号 日本  
建設コンサルタント株式会社内  
最終頁に続く

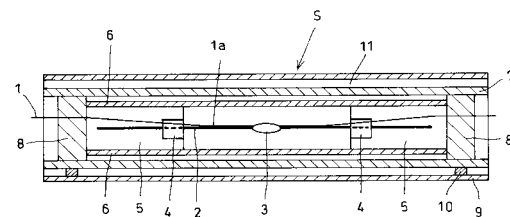
(54) 【発明の名称】 光振動センサ

(57) 【要約】

【課題】 振動を高感度に検知でき、耐久性にも優れており、道路に埋設して車両の通行によって生じる振動を検知することができる光振動センサを提供する。

【解決手段】 所定の間隔を保った支持部4、4間に一定の張力を加えたワイヤー2を架線し、このワイヤー2の架線部に光ファイバ1のFBGを形成して構成される検知部1aを縦添え状態にして接着し、この光ファイバを接着したワイヤーの架線部に錘り3を取り付け、支持部4を含めて、ワイヤー2、光ファイバの検知部1a及び錘り3を気密容器7に収納して光振動センサとした。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

所定の間隔を保った支持部間に一定の張力を加えたワイヤーを架線し、このワイヤーの架線部に光ファイバの F B G を形成して構成される検知部を縦添え状態にして接着し、この光ファイバを接着したワイヤーの架線部に錘りを付け、前記支持部を含めて、ワイヤー、光ファイバの検知部及び錘りを気密容器に収納して構成される光振動センサ。

**【請求項 2】**

所定の間隔を保った支持部間に横向きにして一定張力を加えた金属テープを架け渡し、この支持部間に架け渡した金属テープの一面に光ファイバの F B G を形成して構成される検知部を縦添えして接着し、この光ファイバを接着した金属テープの架け渡し部に錘りを付け、前記支持部を含めて、金属テープ、光ファイバの検知部及び錘りを気密容器に収納して構成される光振動センサ。

10

**【請求項 3】**

支持部間に架け渡した金属テープの他面にダミーファイバを縦添え状態にして接着した請求項 2 に記載の光振動センサ。

**【請求項 4】**

前記ワイヤー又は金属テープに加えた張力を一定に保つ張力一定化機構を備えさせた請求項 1、2 又は 3 に記載の光振動センサ。

**【請求項 5】**

前記支持部の一方を、水平支軸を境にした前後部の重量差で回転力を生じる回転ウエイトで構成し、この回転ウエイトに前記ワイヤー又は金属テープの片端を固定し、その固定点が回転ウエイトの回転により変位してワイヤー架線部又は金属テープ架け渡し部の伸縮量が吸収されるようにしたものを前記張力一定化機構として備えさせた請求項 4 に記載の光振動センサ。

20

**【請求項 6】**

前記気密容器を支える支持台と、この支持台と気密容器を収納する保護管とを付加し、前記支持台で気密容器を保護管の内部中央部に保持して保護管と気密容器との間に空間を設けた請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の光振動センサ。

**【請求項 7】**

裏面に多数の垂下したピンを有し、そのピンを前記保護管の外面に接触させて保護管の上部に配置し、保護管と共に道路等に埋設する振動伝達板をさらに付加した請求項 6 に記載の光振動センサ。

30

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

この発明は、光ファイバを検知子にして振動を検知する光振動センサに関する。

**【0002】****【従来技術】**

本出願人は、車両通行によって起こる振動を振動センサで検知して道路の交通量や通行車両の重量、概略車種グループ、過積載の有無などの把握を行う道路監視システムを開発して特願 2003-039120 号で提案している。

40

**【0003】**

その道路監視システムにおいては振動センサを路面下に直接埋設する。使用する振動センサは、歪ゲージを使用したセンサ、抵抗変化や静電容量の変化を利用して振動を検知するセンサなども例に挙げたが、光ファイバを検知子にした光振動センサが好ましいことを述べている。

**【0004】****【発明が解決しようとする課題】**

光振動センサは、歪、変位、圧力、水位、荷重などの検知に利用されているものを応用することが可能であるが、道路に直接埋設して高感度に振動を検知できるものはなかった。

50

## 【0005】

例えば、特開2001-221615号公報に記載された光ファイバセンサは、光ファイバの一部にFBG（光ファイバブラッグ回折格子）を形成し、物理量の変化をFBG形成部からの反射波長、あるいは透過波長の変化に変換して検知する。同公報の光ファイバセンサは、FBGを使用しているため歪みに対する感度が良く、用途として加速度の変化の検知も例に挙げている。従って、これを振動センサとして利用することが考えられるが、これをそのまま道路に埋設して使用すると光ファイバの検知部（FBG形成部）に十分な歪みを与えることができない。

## 【0006】

また、光ファイバは脆くて強度や耐衝撃性に問題があるため、光ファイバ自体を張力を加えて単に固定しただけのセンサでは、要求される耐久性を確保するのが難しい。

10

## 【0007】

なお、水晶式圧力センサを加速度センサや振動センサとして使用し、道路の舗装内に設置した例があるが、この種のセンサは設置現場に電源が必要であり、センサで収集した振動情報の伝送機器も不可欠である。

## 【0008】

また、振動の検知感度を高めるためにセンサを舗装道路の密粒度アスファルト層内の比較的浅いところに設置すると、舗装改修時にセンサが掘り起こされてしまうので、舗装改修の度にセンサを設置し直す必要がある。

## 【0009】

光振動センサは電源や信号伝送機器が不要であり、これを用いると経済的で設置規制も受けにくい監視システムを構築できるが、従来考えられている光ファイバセンサを路盤の深い位置に配置して振動を検知しようとする、路面からの振動が伝わり難くなり、高感度検知が望めない。また、耐久性の確保もままならず、実用に耐えないものになる。

20

## 【0010】

この発明は、かかる現状技術に鑑みてなされたものであって、頻繁に発生する振動を信頼性良く検知できる耐久性にも優れた光振動センサを提供することを課題としている。

## 【0011】

## 【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、この発明においては、所定の間隔を保った支持部間に一定の張力を加えたワイヤーを架線し、このワイヤーの架線部に光ファイバのFBGを形成した検知部を縦添え状態にして接着し、この光ファイバを接着したワイヤーの架線部に錘りを付け、前記支持部を含めて、ワイヤー、光ファイバの検知部及び錘りを気密容器に収納し、これを光振動センサとした。

30

## 【0012】

この光振動センサは、ワイヤーに代えて薄い金属テープを使用し、一定張力を加えて支持部間に架け渡したその金属テープの一面に光ファイバのFBGを形成して構成される検知部を縦添え状態にして接着してもよい。ワイヤーよりも金属テープの方が光ファイバを均一に縦添え接着するのが容易である。

## 【0013】

なお、光ファイバを金属テープの片面のみに接着すると、光ファイバ接着部の断面が非対称形になり、その部分が光ファイバのある側に曲がるときと反対向きに曲がるときの曲げ剛性が変わるので、光ファイバを接着した面とは反対側の面にダミーファイバを縦添え状態に接着して断面の対称性を確保するのがよい。

40

## 【0014】

また、この光振動センサは、ワイヤー又は金属テープに加えた張力を一定に保つ張力一定化機構を備えさせると好ましい。

## 【0015】

その張力一定化機構としては、前記支持部の一方を、水平支軸を境にした前後部の重量差で回転力を生じる回転ウエイトで構成し、この回転ウエイトにワイヤー又は金属テープの

50

片端を固定し、その固定点が回転ウエイトの回転により変位してワイヤー架線部又は金属テープ架け渡し部の伸縮量が吸収されるようにしたものが考えられる。この構造は、簡素で張力の一定化が確実になされ、特に好ましいものであるが、採用する張力一定化機構はこれに限定されるものではない。

【0016】

なお、道路等に埋設して使用する振動センサについては、気密容器を支える支持台と、この支持台と気密容器を収納する保護管とをさらに付加して支持台で気密容器を保護管の内部中央部に保持し、保護管と気密容器との間に空間を設けた構造にするのがよい。

【0017】

裏面に多数の垂下したピンを有し、そのピンを前記保護管の外面に接触させて保護管の上部に配置し、保護管と共に道路等に埋設する振動伝達板をさらに付加すると振動の検知感度が高まって上述した道路監視システム用の振動センサとしての適正がより高まる。

【0018】

【作用】

この発明の光振動センサは、外部から振動が伝わるとワイヤーの架線部に取り付けた錘りが振動し、それによるワイヤーの張力変動でワイヤーに接着した光ファイバの検知部に錘りの揺れに応じた歪みが発生し、検知部のFGBからの反射波長が変化する。従って、振動の高感度検知が行え、道路監視システム用のセンサに要求される性能を十分に満足させることができる。

【0019】

また、一定張力を加えて架線したワイヤーによって光ファイバが補強されるので、強度、耐衝撃性が高まり、耐久性も十分に確保される。

【0020】

なお、FGBは敏感な素子であり、環境温度の変化によってワイヤー架線部の張力が変動すると検知精度が低下するが、張力一定化機構を備えるものは、温度変化が生じてワイヤーの張力が一定に保たれるので、温度変化に起因した検知精度の低下が起こらない。

【0021】

ワイヤーに代えて金属テープを使用する場合にも上記と同じ作用・効果が得られる。また、金属テープを使用すれば、ワイヤー使用時に比べて光ファイバを均一に縦添え接着するのが容易になる。

【0022】

また、気密容器を支える支持台と保護管とをさらに付加して支持台で気密容器を保護管の内部中央部に保持して保護管と気密容器との間に空間を設けたものは、その空間に空気を流して内部の収納部品を空冷することができ、高温で打設されるアスファルト道路に埋設して使用しても信頼性が損なわれない。

【0023】

このほか、前記支持台と保護管に加えて振動伝達板をさらに付加したものは、振動伝達板を道路の表層近く（密粒度アスファルト層内）に、センサ部を密粒度アスファルト層の下側の粗粒度アスファルト層内にそれぞれ埋設し、センサ部に振動伝達板経由で路面の振動を伝えて振動を高感度に検知することができる。そのような配置にすれば舗装改修時にセンサ部を掘り起こさずに済み、舗装改修の際にセンサ部を新たに設置し直す必要がなくなる。

【0024】

【発明の実施の形態】

図1に、この発明の光振動センサの実施形態を示す。図中1は光ファイバ、2はワイヤー、3は錘り、4はワイヤー2の両側を固定支持する支持部、5は支持部4の取り付け板、6は両側の取り付け板5、5を連結するサイドバー、7はパイプで構成される気密容器、8は気密容器7の両端を封鎖する端板、9は気密容器7の外周を包囲する保護管、10は気密容器7を支持して保護管9の内部の中央部に保ち、保護管9と気密容器7との間に環状の空間11を生じさせる支持台である。

10

20

30

40

50

## 【0025】

光ファイバ1は、FBGを形成した検知部1aを長手途中に有する。

## 【0026】

ワイヤー2は、対向配置した支持部4、4間に一定張力を加えて架線しており、このワイヤー2を補強材にしてそのワイヤー2の架線部に光ファイバの検知部1aを縦添え状態にして接着一体化し、さらに架線部の中央部に錘り3を取り付けている。ワイヤー2としては、金属製ワイヤー、繊維強化プラスチック線、抗張力繊維を撚り合わせ、或いは束ねた線などを好適に使用できる。

## 【0027】

なお、上記ワイヤー2に代えて金属テープを使用してもよい。図2に示すように、横向きにした金属テープ22の一面に光ファイバの検知部1aを縦添えし、これを接着剤17で金属テープ22に接着して固定する。金属テープ22の材質はステンレスなどが好ましいが、これに限定されるものではない。 10

## 【0028】

金属テープ22は、対抗配置の2ヵ所の支持部間に一定張力を加えて架け渡し、光ファイバの検知部1aを接着したこの金属テープの架け渡し部に錘りを吊り下げる。

## 【0029】

ワイヤー2に代えて金属テープ22を使用するときには、図3に示すように、金属テープ22の他面にダミーファイバ21を接着剤17で縦添え状態に取り付けて断面の対称性を確保するのがよい。こうすると、金属テープ22が図中上向きに曲がるときと、図中下向きに曲がるときに曲げ剛性に差がつかず、正確な振動検出が行える。 20

## 【0030】

金属テープ22は、光ファイバを容易に均一に縦添え接着することができ、ワイヤーよりも好ましいが、振動検出に関する作用・効果はワイヤー使用時と変わりがないので、以下の説明はワイヤーを例に挙げて行う。

## 【0031】

この光振動センサは、保護管9が振動をキャッチすると、その振動が宙づりになった錘り3に伝わって錘り3が振動する。そのためにワイヤー2の架線部に加えた張力が変動し、その架線部に接着一体化した光ファイバの検知部1aに歪み変化が生じて検知部のFBGから反射される光の波長が変化する。その波長変化を計測して振動を検知する。 30

## 【0032】

なお、環境温度の変化によるワイヤー2、サイドバー6、気密容器7等の伸縮は避けられない。その熱伸縮が起こると、支持部4、4間に架線したワイヤー2の張力が変動して振動の検知精度が低下するので、その対策として支持部4の一方に、ワイヤー2に加えた張力を一定に保つ張力一定化機構を伴わせるのがよい。その張力一定化機構の一例を図4乃至図6に示す。

## 【0033】

図4の張力一定化機構12は、一方の支持部を水平な支軸12a(この支軸12aは対向配置の取り付け板間に横架される)を境にした前後部の重量差で回転力を生じる回転ウエイト12bで構成し、この回転ウエイト12bにワイヤー2の片端を押さえ金12c等を用いて固定し、その固定点が回転ウエイト12bの支軸12aを支点にした回転により変位してワイヤー架線部の伸縮量が吸収されるようにしており、簡易な構成でワイヤー2の張力変動を確実に防止することができる。 40

## 【0034】

また、図5の張力一定化機構12は、架線したワイヤー2をローラ12dで支えてこのローラ12dと一方の支持部4との間にウエイト12eを吊り下げており、振動に反応し難いウエイト12eを使用すればこの構造でも他方の支持部(図示せず)とローラ12d間のワイヤー張力を一定に保つことができる。

## 【0035】

図6の張力一定化機構12は、図5のウエイト12eに代えてローラ付きリンク12fを 50

設け、そのローラ付きリンク12fをばねでワイヤー2の架線部に押し付けた一般的なテンショナーであり、このようなものでもワイヤー張力の一定化が図れる。

【0036】

図1の光振動センサSは、保護管9と気密容器7との間に空間11があり、その空間11によるセンサ部の断熱、空冷効果も得られたため、高温になるアスファルト道路に埋設して使用しても熱の影響による検知精度の悪化が抑えられる。

【0037】

この光振動センサを用いて道路を監視する場合には、車両の走行方向に所定の距離を保って設ける2つの光振動センサを道路を横断する状態にして道路に埋設し、その2つのセンサで車両通過によって発生する振動を検知する。こうすると、2つのセンサの検出時間差から車両の走行速度を計測することができる。

10

【0038】

また、振動の振幅が車両の走行速度と車両重量の関数として検出できれば通過車両の概略重量も予測できる。振動の発生回数から走行台数を計測することも可能であるので、道路の利用状況や渋滞状況の観測も可能になる。

【0039】

この光振動センサSは、道路監視用に限らず、防災面でのトリガーセンサとしても有用である。例えば、崖などの法面や山の下の道路に埋設して落石や地滑りなどを検出することも可能であり、その検出信号に基づいて関連するCCTVカメラを駆動すれば、監視対象部の状況の迅速な把握が可能になる。

20

【0040】

図7は、保護管9を有する図1の光振動センサSを道路に埋設して道路の監視に利用する例を示している。

【0041】

図中13は振動伝達板、14は振動伝達板13の裏面に垂下して設けた複数のピン、15はアスファルト舗装道路の密粒度アスファルト層、16は密粒度アスファルト層15の下側に設けられる粗粒度アスファルト層である。

【0042】

図のように路盤の比較的深い位置ある粗粒度アスファルト層16の中にセンサ部を埋設すれば舗装改修時にセンサ部が掘り起こされることがなく、舗装改修時にセンサを新たに設置し直す必要がない。その反面、密粒度アスファルト層15の部分で振動が減衰して路面からの振動がセンサ部に伝わり難くなり、高感度検知が望めなくなる。

30

【0043】

その不具合を無くすために、密粒度アスファルト層15内に振動伝達板13を埋め、その振動伝達板13でキャッチした振動を多数のピン14を介してそのピン14を接触させた保護管9に伝えるようにしており、このような布設形態を採用することによって感度低下を補うことができる。振動伝達板13は舗装改修時に掘り起こされる可能性があるが、その振動伝達板13の再設置は簡単であり、再設置に要する費用も少なく済む。

【0044】

なお、温度変化の少ない場所に設置する光振動センサは、保護管9を省いて使用してもよい。

40

【0045】

【発明の効果】

以上述べたように、この発明の光振動センサは、支持部間に架け渡したワイヤー又は金属テープにFBGを形成した光ファイバの検知部を縦添えして接着し、さらに、ワイヤー架線部又は金属テープ架け渡し部の中央に錘りを取り付けてこれらを気密容器に納めた構造にしてあるので、振動の高感度検知が行え、耐久性にも優れており、道路監視システム用のセンサや防災システムのトリガーセンサなどに要求される性能を十分に満足させることができる。

【0046】

50

ワイヤーや金属テープの架線張力を一定に保つ張力一定化機構を備えるものは、温度変化に起因した検知精度の低下が抑えられ、環境温度が変化しやすい場所で使用しても信頼が損なわれない。

【0047】

また、気密容器を支える支持台と保護管を付加して保護管と気密容器との間に空間を設けたものは、その空間に空気を流して内部を空冷することができ、高温で打設されるアスファルトの中に埋設して使用しても信頼性が損なわれない。

【0048】

このほか、振動伝達板をさらに付加したものは、道路の粗粒度アスファルト層内にセンサ部を埋設して路面からの振動を高感度に検知することができるので、道路の舗装改修時にセンサを新たに設置し直す必要がなく、経済的な道路監視システムを構築することを可能ならしめる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の光振動センサの実施形態を示す断面図

【図2】金属テープの一面に光ファイバの検知部を接着した例を示す断面図

【図3】金属テープの一面と他面に光ファイバの検知部とダミーファイバを接着した例を示す断面図

【図4】(a)張力一定化機構の一例を示す斜視図

(b)同上の張力一定化機構の側面図

【図5】張力一定化機構の他の例を示す側面図

20

【図6】張力一定化機構のさらに他の例を示す側面図

【図7】図1の光振動センサをアスファルト舗装道路に埋設した状態を示す図

【符号の説明】

1 光ファイバ

1 a F B Gを形成した検知部

2 ワイヤー

3 錘り

4 支持部

7 気密容器

9 保護管

30

10 支持台

11 空間

12 張力一定化機構

13 振動伝達板

14 ピン

15 密粒度アスファルト層

16 粗粒度アスファルト層

17 接着剤

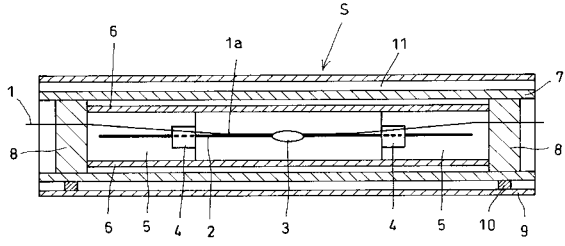
21 ダミーファイバ

22 金属テープ

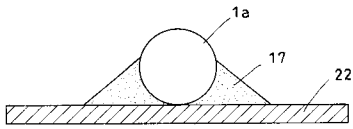
40

S 光振動センサ

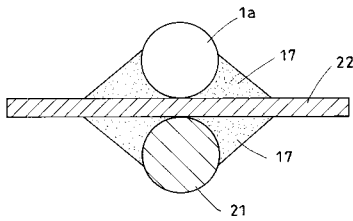
【 図 1 】



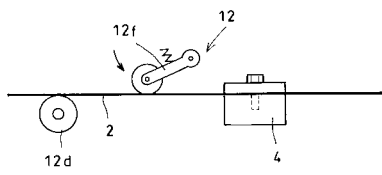
【 図 2 】



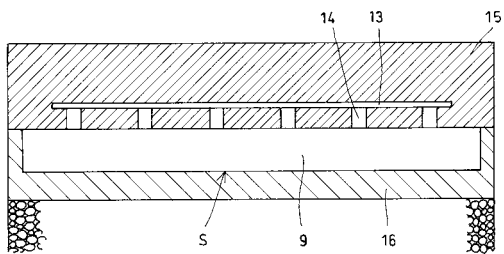
【 図 3 】



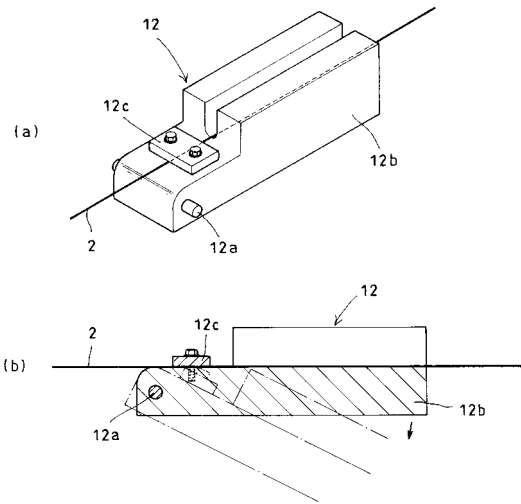
【 図 6 】



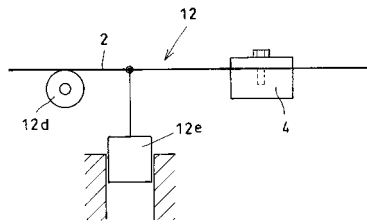
【 図 7 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 成田 一真

東京都港区新橋6丁目17番19号 日本建設コンサルタント株式会社内

(72)発明者 西畑 利彦

大阪市城東区今福西2丁目12-35 国土交通省大阪国道事務所内

Fターム(参考) 2G064 AB07 BA07 BC13