

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7211134号
(P7211134)

(45)発行日 令和5年1月24日(2023.1.24)

(24)登録日 令和5年1月16日(2023.1.16)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 M 11/00 (2006.01) G 0 1 M 11/00 S
H 0 4 B 10/071 (2013.01) H 0 4 B 10/071

請求項の数 6 (全9頁)

(21)出願番号	特願2019-22951(P2019-22951)	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(22)出願日	平成31年2月12日(2019.2.12)	(74)代理人	100119677 弁理士 岡田 賢治
(65)公開番号	特開2020-134142(P2020-134142 A)	(74)代理人	100115794 弁理士 今下 勝博
(43)公開日	令和2年8月31日(2020.8.31)	(72)発明者	岡本 達也 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
審査請求日	令和3年5月19日(2021.5.19)	(72)発明者	飯田 大輔 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
		(72)発明者	押田 博之 東京都千代田区大手町一丁目5番1号

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 架空光ファイバケーブル検査方法、架空光ファイバケーブル検査装置及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

架空光ファイバケーブルに格納される光ファイバに入射した試験光の後方散乱光を受信し、前記架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った振動分布を取得する取得工程と、前記振動分布の各位置における振幅の標準偏差を算出する計算工程と、前記標準偏差に基づき前記架空光ファイバケーブルが弛んでいるケーブル弛み区間を特定する解析工程と、を行うことを特徴とする架空光ファイバケーブル検査方法。

【請求項2】

前記解析工程では、前記標準偏差が、前記架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った各位置での前記標準偏差を平均した値より大きい区間を前記ケーブル弛み区間とすることを特徴とする請求項1に記載の架空光ファイバケーブル検査方法。

10

【請求項3】

前記解析工程では、前記架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った任意区間において、前記任意区間に含まれる各位置での前記標準偏差の分散が予め設定した閾値より大きい場合、前記任意区間を前記ケーブル弛み区間とすることを特徴とする請求項1に記載の架空光ファイバケーブル検査方法。

【請求項4】

前記解析工程では、前記標準偏差が予め設定した閾値より大きい区間を前記ケーブル弛み区間とすることを特徴とする請求項1に記載の架空光ファイバケーブル検査方法。

20

【請求項 5】

架空光ファイバケーブルに格納される光ファイバに入射した試験光の後方散乱光を受信し、前記架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った振動分布を取得する光ファイバ反射計測部と、

前記振動分布の各位置における振幅の標準偏差を算出する計算回路と、

前記標準偏差に基づき前記架空光ファイバケーブルが弛んでいるケーブル弛み区間を特定する解析回路と、

を備える架空光ファイバケーブル検査装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の架空光ファイバケーブル検査装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、通信ビルから光試験を行うことで架空光ファイバケーブルの弛み区間を特定する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

光通信事業者は通信サービス断を防止するために、通信設備の健全性を点検している。点検項目の一つとして、架空ケーブルの弛みの有無が挙げられる。現在、ケーブル弛みの有無の点検作業は作業員が現地に赴き目視で行われている。この点検作業を効率化にむけて、非特許文献 1（以下、従来技術 1 と呼ぶ）記載の検討が行われている。非特許文献 1 では、通信ビルからケーブルに格納された光ファイバに対して光試験を行い、光ファイバに加わる外乱起因の振動を測定することでケーブル弛みの有無を遠隔地から判断する概念が報告されている。

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【文献】野引敦，“光伝送媒体技術における研究開発の動向，” NTT 技術ジャーナル， pp. 48 - 52， 2018.

30

Y. Achkire，“Active tendon control of cable-stayed bridges，” Ph. D. dissertation， Active Structures Laboratory， Universite Libre de Bruxelles， Belgium， 1997.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来技術 1 では、静的な現象であるケーブル弛みと動的な現象である振動の関係は明らかになっておらず、振動のセンシング結果から静的な現象であるケーブル弛み区間を特定する具体的な方式は未確立であった。

40

【0005】

そこで、本発明は、未確立である、振動のセンシング結果からケーブル弛み区間を特定できる架空光ファイバケーブル検査方法、架空光ファイバケーブル検査装置及びプログラム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】

【0006】

上記目的を達成するために、本発明に係る架空光ファイバケーブル検査方法は、振動のセンシング結果からケーブルの長手方向に沿った振動分布を取得し、振動分布の各点の振幅の標準偏差に基づいてケーブル弛み区間を特定することとした。

【0007】

50

具体的には、本発明に係る架空光ファイバケーブル検査方法は、
架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った振動分布を取得する取得工程と、
前記振動分布の各位置における振幅の標準偏差を算出する計算工程と、
前記標準偏差に基づき前記架空光ファイバケーブルが弛んでいるケーブル弛み区間を特定する解析工程と、
を行うことを特徴とする。

【0008】

また、本発明に係る架空光ファイバケーブル検査装置は、
架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った振動分布が入力され、前記振動分布の各位置における振幅の標準偏差を算出する計算回路と、
前記標準偏差に基づき前記架空光ファイバケーブルが弛んでいるケーブル弛み区間を特定する解析回路と、
を備える。

【0009】

振動分布において、各点の振動の平均値の波形では弛み有無による違いがみられないが、標準偏差の波形では違いがみられ、弛み区間を特定することができる。従って、本発明は、振動のセンシング結果からケーブル弛み区間を特定できる架空光ファイバケーブル検査方法及び架空光ファイバケーブル検査装置を提供することができる。

【0010】

具体的な判定基準は、次の通りである。
(1) 前記解析工程では、前記標準偏差が、前記架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った各位置での前記標準偏差を平均した値より大きい区間を前記ケーブル弛み区間とすることを特徴とする。
(2) 前記解析工程では、前記架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った任意区間において、前記任意区間に含まれる各位置での前記標準偏差の分散が予め設定した閾値より大きい場合、前記任意区間を前記ケーブル弛み区間とすることを特徴とする。
(3) 前記解析工程では、前記標準偏差が予め設定した閾値より大きい区間を前記ケーブル弛み区間とすることを特徴とする。

【0011】

また、本発明は、前記架空光ファイバケーブル検査装置としてコンピュータを機能させるためのプログラムである。本発明に係る架空光ファイバケーブル検査装置は、コンピュータとプログラムによっても実現でき、プログラムを記録媒体に記録することも、ネットワークを通して提供することも可能である。

【0012】

なお、上記各発明は、可能な限り組み合わせることができる。

【発明の効果】

【0013】

本発明は、振動のセンシング結果からケーブル弛み区間を特定できる架空光ファイバケーブル検査方法、架空光ファイバケーブル検査装置及びプログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明に係る架空光ファイバケーブル検査方法を説明する図である。

【図2】本発明に係る架空光ファイバケーブル検査方法の原理を説明する図である。

【図3】本発明に係る架空光ファイバケーブル検査方法による検査結果を説明する図である。

【図4】本発明に係る架空光ファイバケーブル検査方法を説明するフローチャートである。

【図5】本発明に係る架空光ファイバケーブル検査装置を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

10

20

30

40

50

添付の図面を参照して本発明の実施形態を説明する。以下に説明する実施形態は本発明の実施例であり、本発明は、以下の実施形態に制限されるものではない。なお、本明細書及び図面において符号が同じ構成要素は、相互に同一のものを示すものとする。

【 0 0 1 6 】

本発明に係る光ファイバ振動センシングによるケーブル弛み区間特定の実施例を図 1 に示す。ここで 1 は光ファイバ振動センシング装置、2 は光ファイバケーブル、3 は光ファイバケーブルに格納される光ファイバを表す。図 1 の構成で架空ケーブル弛み区間を特定できることを示す。

【 0 0 1 7 】

外力に対する架空ケーブルの歪みは非特許文献 2 において議論されており、(1) - (2) 式が記載されている(それぞれ $p \cdot 13$ および $p \cdot 11$)。図 2 (A) と図 2 (B) のモデルを用いた場合の(1) - (2) 式を説明する。外力を受けることで架空ケーブルの微小区間は平衡状態から変位する。x 方向への変位量 u 、y 方向への変位量 v 、z 方向への変位量 w とする。高次の微分項による歪みへの寄与は小さいと仮定すると、変位量 v に依らず、ケーブル長手方向の歪み ε は次式で与えられる。

【数 1】

$$\varepsilon = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{dw^s}{dx} \frac{\partial w}{\partial x} \quad (1)$$

ここで、 w^s は位置 x に対するケーブルの弛度を表す。一方、弛度 w^s は次式で与えられる。

【数 2】

$$w^s(x) = 4d \cdot [-(x/l)^2 + x/l], \quad (0 \leq x \leq l) \quad (2)$$

ここで、 d は弛度の最大値を表す。(2) 式を(1) 式に代入すると次式を得る。

【数 3】

$$\varepsilon = \varepsilon_u + 4d \cdot (-2x/l^2 + 1/l) \cdot \varepsilon_w \quad (3)$$

【数 4】

$$\varepsilon_u = \frac{\partial u}{\partial x}, \varepsilon_w = \frac{\partial w}{\partial x} \quad (4)$$

u と w はそれぞれ平衡状態からの x 方向と z 方向への変位による歪み量を表す。

【 0 0 1 8 】

自然環境からの外乱を考えると、 u と w は互いに独立である。また、 u と w は平衡状態からの歪み量を表すため、その時間平均はゼロである。したがって、(3) 式で与えられる歪みの平均値 μ と標準偏差 σ_ε は下式となる。

【数 5】

$$\mu_\varepsilon = 0 \quad (5)$$

【数 6】

$$\sigma_\varepsilon = \sqrt{\sigma_{\varepsilon_u}^2 + [4d \cdot (-2x/l^2 + 1/l)]^2 \cdot \sigma_{\varepsilon_w}^2} \quad (6)$$

ここで、 $\sigma_{\varepsilon_u}^2$ と $\sigma_{\varepsilon_w}^2$ はそれぞれ ε_u と ε_w の分散値を表す。

【 0 0 1 9 】

平均値は弛度 d によらないが、標準偏差は弛度 d に依存し、動的な現象である振動の分

10

20

30

40

50

散値を計算することで、ケーブル弛み区間を特定することができる。標準偏差は σ_u と σ_w にも依存するが、風などの外乱がケーブルスパンごとに変化することは珍しく、 σ_u と σ_w はほぼ一定とみなしてよい。したがって、ケーブルに加わる歪みの標準偏差は弛度 d に依存し、ケーブルスパンごとの歪み、つまり振動の標準偏差を比較することで、ケーブル弛み区間を特定することができる。

【0020】

図5は、図1に示した光ファイバ振動センシング装置1の機能ブロック図である。光ファイバ振動センシング装置1は、光ファイバ反射計測部11、データ保存部12及び標準偏差解析部13を備える。光ファイバ反射計測部11は、計測対象の光ファイバケーブルに入射した試験光の後方散乱光を受信し、架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った振動分布を取得する。光ファイバ反射計測部11は、例えば、OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) である。データ保存部12は当該振動分布を記憶する。

10

【0021】

標準偏差解析部13は、本発明の架空光ファイバケーブル検査装置に相当する。標準偏差解析部13は、

データ保存部12より架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った振動分布が入力され、前記振動分布の各位置における振幅の標準偏差を算出する計算回路13aと、

前記標準偏差に基づき前記架空光ファイバケーブルが弛んでいるケーブル弛み区間を特定する解析回路13bと、

を備える。

20

【0022】

図4は、光ファイバ振動センシング装置1が行う架空光ファイバケーブル検査の方法を説明する図である。すなわち、光ファイバ振動センシング装置1は、光ファイバ反射計測部11で架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った振動分布を取得する取得工程S01を行い、標準偏差解析部13で前記振動分布の各位置における振幅の標準偏差を算出する計算工程S02と、前記標準偏差に基づき前記架空光ファイバケーブルが弛んでいるケーブル弛み区間を特定する解析工程S03と、を行う。

すなわち、取得工程S01では、光ファイバ振動センシングを実行する。計算工程S02では、光ファイバケーブル長手方向の各区間における振動波形について、振幅の標準偏差を算出する。解析工程S03では、振幅の標準偏差が他の区間の標準偏差よりも大きい区間をケーブル弛み区間と特定する。

30

【0023】

図3は、光ファイバ反射計測部11で測定した架空ケーブルの振動分布(A)と、標準偏差解析部13の計算回路13aで振動分布から算出した平均値(B)及び標準偏差(C)を説明する図である。振動の平均値の波形では弛み有無による違いがみられないが、標準偏差の波形では違いがみられ、弛み区間を特定することができる。

【0024】

ここで、解析回路13bが行う具体的な弛み区間の特定方法を説明する。

(特定方法1) 各点の振動の標準偏差を平均化し、その平均値より大きい箇所を弛み区間とする。つまり、解析工程S03では、前記標準偏差が、前記架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った各位置での前記標準偏差を平均した値より大きい区間を前記ケーブル弛み区間とする。

40

(特定方法2) 各点の振動の標準偏差のばらつきが大きい箇所を弛み区間とする。つまり、解析工程S03では、前記架空光ファイバケーブルの長手方向に沿った任意区間において、前記任意区間に含まれる各位置での前記標準偏差の分散が予め設定した閾値より大きい場合、前記任意区間を前記ケーブル弛み区間とする。例えば、図3の場合、距離が1962~2035mの区間は、距離が2035~2100mの区間よりも標準偏差のばらつきが大きいので、この区間を弛み区間とする。

(特定方法3) 標準偏差に閾値を設けておき、閾値より大きい標準偏差の箇所を弛み区間

50

とする。つまり、解析工程 S 0 3 では、前記標準偏差が予め設定した閾値より大きい区間を前記ケーブル弛み区間とする。

【 0 0 2 5 】

(発明の効果)

本発明による架空光ファイバケーブル弛み区間の特定方法は、従来技術 1 に対して以下の優位性を持つ。従来技術 1 ではケーブル弛みと光ファイバ振動センシング結果の関係が明らかになっておらず、ケーブル弛みを特定するための測定する物理量が不明であった。本発明では、ケーブル弛みによって光ファイバの振動の標準偏差が増加することでケーブル弛み区間を特定することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 2 6 】

- 1 : 光ファイバ振動センシング装置
- 2 : 光ファイバケーブル
- 3 : 光ファイバ
- 1 1 : 光ファイバ反射計測部
- 1 2 : データ保存部
- 1 3 : 標準偏差解析部
- 1 3 a : 計算回路
- 1 3 b : 解析回路

10

20

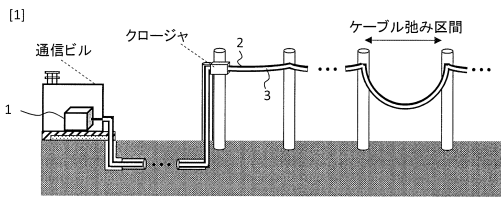
30

40

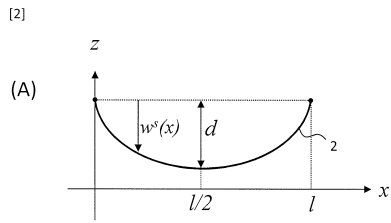
50

【図面】

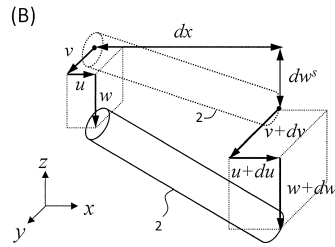
【図 1】



【図 2】

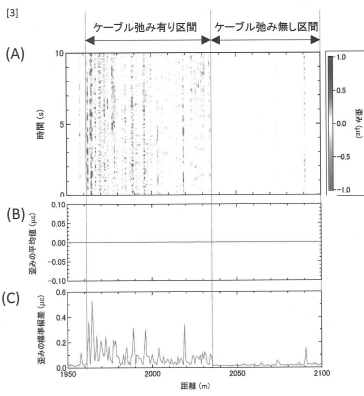


10

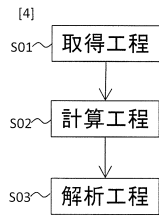


20

【図 3】



【図 4】

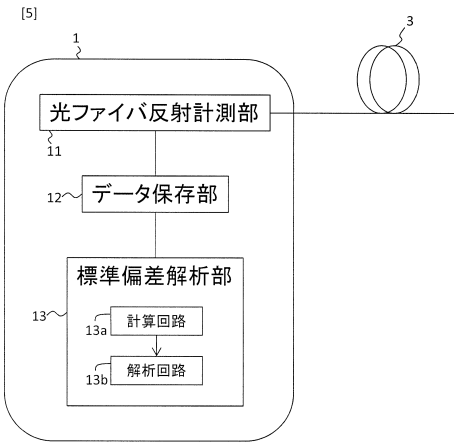


30

40

50

【図 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

日本電信電話株式会社内

審査官 田中 洋介

- (56)参考文献 特開2012-008645(JP,A)
米国特許出願公開第2008/0019654(US,A1)
特開2017-026503(JP,A)
特開2017-035973(JP,A)
野引敦, 光伝送媒体技術における研究開発の動向, NTT技術ジャーナル, 2018年02月, pp.
48 - 52
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01M 11/00 - 11/08
H04B 10/07 - 10/079
G01H 1/00 - 17/00
G02B 6/00 - 6/54
JSTPlus/JST7580(JDreamIII)