

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02018/235195

発行日 令和1年6月27日 (2019.6.27)

(43) 国際公開日 平成30年12月27日 (2018.12.27)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)		
GO 1 M	7/08	(2006.01)	GO 1 M	7/08	C	2 G O 2 4
GO 1 N	29/14	(2006.01)	GO 1 N	29/14		2 G O 4 7
GO 1 M	99/00	(2011.01)	GO 1 M	99/00	Z	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

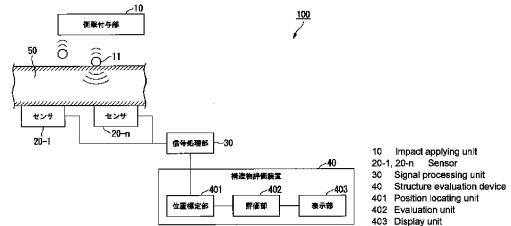
出願番号	特願2018-513401 (P2018-513401)	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(21) 国際出願番号	PCT/JP2017/022856	(71) 出願人	504132272 国立大学法人京都大学 京都府京都市左京区吉田本町3番地1
(22) 国際出願日	平成29年6月21日 (2017.6.21)	(74) 代理人	110001634 特許業務法人 志賀国際特許事務所
(81) 指定国	AP (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT	(72) 発明者	高峯 英文 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産室内
		(72) 発明者	渡部 一雄 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産室内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 構造物評価システム、構造物評価方法及び衝撃付与装置

(57) 【要約】

実施形態の構造物評価システムは、衝撃付与部と、センサと、構造物評価装置とを持つ。衝撃付与部は、構造物に対して衝撃を与える。衝撃付与部は、前記衝撃を付与する強度に応じて定まる頻度以下で前記衝撃を与える。センサは、弾性波を検出する。構造物評価装置は、検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与部と、  
弾性波を検出するセンサと、  
検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する構造物評価装置と、  
を備え、  
前記衝撃付与部は、前記衝撃を付与する強度に応じて定まる頻度以下で前記衝撃を与える構造物評価システム。

**【請求項 2】**

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与部と、  
弾性波を検出するセンサと、  
検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する構造物評価装置と、  
を備え、  
前記衝撃付与部は、前記衝撃を付与する頻度に応じて定まる強度以下で前記衝撃を与える構造物評価システム。

10

**【請求項 3】**

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与部と、  
弾性波を検出するセンサと、  
検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する構造物評価装置と、  
を備え、  
前記衝撃付与部は、第 1 の衝撃による弾性波を検出するセンサから所定の距離離れた位置から第 2 の衝撃を与える構造物評価システム。

20

**【請求項 4】**

前記衝撃付与部は、前記構造物に配置されたセンサの配置位置から定まる強度又は頻度以下で前記衝撃を与える、請求項 3 に記載の構造物評価システム。

**【請求項 5】**

前記センサの配置は、前記構造物に与えられる衝撃の強度又は頻度に基づく間隔で配置される、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の構造物評価システム。

**【請求項 6】**

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与ステップと、  
弾性波を検出するセンサによって検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する評価ステップと、  
を有し、  
前記衝撃付与ステップにおいて、前記衝撃を付与する強度に応じて定まる頻度以下で前記衝撃を与える構造物評価方法。

30

**【請求項 7】**

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与ステップと、  
弾性波を検出するセンサによって検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する評価ステップと、  
を有し、  
前記衝撃付与ステップにおいて、前記衝撃を付与する頻度に応じて定まる強度以下で前記衝撃を与える構造物評価方法。

40

**【請求項 8】**

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与部と、  
弾性波を検出するセンサと、  
検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する構造物評価装置と、  
を備え、  
前記衝撃付与部は、第 1 の衝撃による弾性波を検出するセンサから所定の距離離れた位置から第 2 の衝撃を与える構造物評価方法。

**【発明の詳細な説明】**

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の実施形態は、構造物評価システム及び構造物評価方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

橋梁などの構造物の表面にAEセンサ等のセンサを設置することで、構造物内部の損傷箇所などから発生する弾性波を検出することができる。更に複数のセンサを設置することで、センサ間の弾性波到達時刻の差から、弾性波の発生源（以下「弾性波発生源」という。）の位置を標定することができる。降雨時の雨滴の路面への衝突などでも、同様の弾性波が発生し、その発生位置を標定することができる。しかし、この弾性波の伝搬経路に損傷がある場合、弾性波の伝搬が妨げられるため、正しく発生位置を標定することができなくなる。これを利用して、位置標定された弾性波発生源の分布の乱れから、構造物内部の損傷を検出することができる。ただし、降雨のみを利用する手法では、意図した計測を効率良く行うことが困難な場合があった。

10

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特開2004-125721号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

20

## 【0004】

本発明が解決しようとする課題は、計測を効率良く行うことができる構造物評価システム及び構造物評価方法を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

実施形態の構造物評価システムは、衝撃付与部と、センサと、構造物評価装置とを持つ。衝撃付与部は、構造物に対して衝撃を与える。衝撃付与部は、前記衝撃を付与する強度に応じて定まる頻度以下で前記衝撃を与える。センサは、弾性波を検出する。構造物評価装置は、検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0006】

【図1】実施形態の構造物評価システムのシステム構成を示す図。

【図2】実施形態の信号振幅と持続時間との関係を表す図。

【図3】直線1の設定について説明するための図。

【図4】図3の振幅  $A = 8.5dB$  付近の持続時間の分布と、最適な直線位置の求め方を表した図。

【図5】複数の衝撃を与える場合における影響を緩和させる構成の説明図。

【図6】センサ配置の一例を示す図。

【図7】構造物評価システムの評価処理の流れを表すフローチャート。

40

## 【発明を実施するための形態】

## 【0007】

以下、実施形態の構造物評価システム及び構造物評価方法を、図面を参照して説明する。図1は、実施形態の構造物評価システム100のシステム構成を示す図である。構造物評価システム100は、構造物の健全性の評価に用いられる。本実施形態において、評価とはある基準に基づいて、構造物の健全性の度合い、すなわち構造物の劣化状態を決定することを意味する。なお、本実施形態では、構造物の一例として橋梁を例に説明するが、構造物は橋梁に限定される必要はない。例えば、構造物は、亀裂の発生または進展、あるいは外的衝撃（例えば雨、人工雨など）に伴い弾性波が発生する構造物であればどのようなものであってもよい。なお、橋梁は、河川や渓谷などの上に架設される構造物に限らず、地面よりも上方に設けられる種々の構造物（例えば高速道路の高架橋）なども含む。

50

## 【 0 0 0 8 】

構造物評価システム 1 0 0 は、衝撃付与部 1 0、複数のセンサ 2 0 - 1 ~ 2 0 - n ( n は 2 以上の整数 )、信号処理部 3 0 及び構造物評価装置 4 0 を備える。信号処理部 3 0 及び構造物評価装置 4 0 は、有線又は無線により通信可能に接続される。なお、以下の説明では、センサ 2 0 - 1 ~ 2 0 - n について区別しない場合にはセンサ 2 0 と記載する。

## 【 0 0 0 9 】

衝撃付与部 1 0 は、構造物 5 0 に衝撃 1 1 を与え、弾性波を発生させる。衝撃付与部 1 0 は、例えば構造物 5 0 上を走行する車両等の乗物に設けられる。衝撃付与部 1 0 は、構造物 5 0 の路面に対して多数の衝撃 1 1 を付与する。衝撃付与部 1 0 が付与する衝撃 1 1 は、計測領域において一様な分布で付与されることが望ましい。衝撃 1 1 の付与は、例えば水滴、氷粒、固形物の散布、ハンマ等の槌による連打、レーザによる加熱等により行われる。衝撃付与部 1 0 が衝撃 1 1 の付与として水滴を散布する場合、ノズルの調整や吐出タイミングの制御により、路面に衝突する水滴のサイズとタイミングが制御できることが望ましい。ハンマ等の槌による連打においても、衝撃 1 1 の強度とタイミングを所望の値に制御できることが望ましい。これらの衝撃 1 1 は、後述の条件を満たすように付与される。具体的な説明は後述する。

10

## 【 0 0 1 0 】

センサ 2 0 は、構造物 5 0 に設置される。例えば、センサ 2 0 は、衝撃付与部 1 0 が衝撃 1 1 を与える面と反対側の面に設置される。センサ 2 0 は、圧電素子を有し、構造物 5 0 が発生する弾性波を検出し、検出した弾性波を電圧信号である A E 源信号に変換する。センサ 2 0 は、A E 源信号に対して増幅、周波数制限などの処理を施して信号処理部 3 0 に出力する。なお、センサ 2 0 に代えて加速度センサが用いられてもよい。この場合、加速度センサは、センサ 2 0 と同様の処理を行うことによって、信号処理後の信号を信号処理部 3 0 に出力する。構造物 5 0 の厚さは、例えば 1 5 c m 以上である。

20

## 【 0 0 1 1 】

信号処理部 3 0 は、センサ 2 0 による処理が施された A E 源信号を入力とする。信号処理部 3 0 は、入力した A E 源信号に対して、必要とされるノイズ除去、パラメータ抽出等の信号処理を行うことによって弾性波に関する情報を含む A E 特徴量を抽出する。弾性波に関する情報とは、例えば、A E 源信号の振幅、エネルギー、立ち上がり時間、持続時間、周波数、ゼロクロスカウント数などの情報である。信号処理部 3 0 は、抽出した A E 特徴量に基づく情報を A E 信号として構造物評価装置 4 0 に出力する。信号処理部 3 0 が出力する A E 信号には、センサ I D、A E 検知時刻、A E 源信号振幅、エネルギー、立ち上がり時間および周波数などの情報が含まれる。

30

## 【 0 0 1 2 】

ここで、A E 源信号の振幅は、例えば弾性波の中で最大振幅の値である。エネルギーは、例えば各時点において振幅を二乗したものを時間積分した値である。なお、エネルギーの定義は、上記例に限定されず、例えば波形の包絡線を用いて近似されたものでもよい。立ち上がり時間は、例えば弾性波が予め設定される所定値を超えてから振幅がピークに達するまでの時間である。持続時間は、例えば弾性波の立ち上がり開始から振幅が予め設定される値よりも小さくなるまでの時間である。周波数は、弾性波の周波数である。ゼロクロスカウント数は、例えばゼロ値を通る基準線を弾性波が横切る回数である。

40

## 【 0 0 1 3 】

構造物評価装置 4 0 は、バスで接続された C P U ( Central Processing Unit ) やメモリや補助記憶装置などを備え、評価プログラムを実行する。評価プログラムの実行によって、構造物評価装置 4 0 は、位置標定部 4 0 1、評価部 4 0 2、表示部 4 0 3 を備える装置として機能する。なお、構造物評価装置 4 0 の各機能の全て又は一部は、A S I C ( Application Specific Integrated Circuit ) や P L D ( Programmable Logic Device ) や F P G A ( Field Programmable Gate Array ) 等のハードウェアを用いて実現されてもよい。また、評価プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、例えばフレキシブルディスク、光磁気ディス

50

ク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置である。また、評価プログラムは、電気通信回線を介して送受信されてもよい。

#### 【0014】

位置標定部401は、信号処理部30から出力されたAE信号を入力とする。また、位置標定部401は、構造物50におけるセンサ20の設置位置に関する情報（以下、「センサ位置情報」という。）をセンサIDに対応付けて予め保持する。設置位置に関する情報は、例えば緯度および経度、あるいは構造物50の特定位置からの水平方向および垂直方向の距離などである。

#### 【0015】

位置標定部401は、入力されたAE信号に含まれるセンサID、AE検知時刻等の情報と、予め保持しているセンサ位置情報とに基づいて弾性波発生源の位置標定を行う。例えば、位置標定部401は、構造物50への衝撃11による複数のAE信号を用いて、それぞれ弾性波発生源の位置標定を行う。また、位置標定部401は、位置標定結果を用いて、発生源分布を導出する。発生源分布は、構造物50で発生した弾性波の発生源が示された分布である。位置標定部401は、導出した発生源分布を評価部402に出力する。

#### 【0016】

評価部402は、位置標定部401から出力された発生源分布を入力とする。評価部402は、入力された発生源分布に基づいて構造物50の劣化状態を評価する。例えば、評価部402は、発生源分布における弾性波の特徴量から構造物50の劣化状態を評価する。発生源分布における弾性波の特徴量とは、弾性波発生源の密度に相当する。具体的な処理としては、評価部402は、発生源分布に基づいて、弾性波発生源の密度が第一の閾値未満の領域を構造物50の劣化が生じている領域と評価する。弾性波発生源の密度は、例えば3つのセンサ20で囲まれる領域毎に求められてもよいし、4つのセンサ20で囲まれる領域毎に求められてもよいし、発生源分布を予め定められた領域で分割し、分割後の領域毎に求められてもよい。評価部402は、評価結果を表示部403に表示させる。第一の閾値は、予め設定されていてもよいし、適宜設定されてもよい。

#### 【0017】

表示部403は、液晶ディスプレイ、有機EL(Electro Luminescence)ディスプレイ等の画像表示装置である。表示部403は、評価部402の制御に従って評価結果を表示する。表示部403は、画像表示装置を構造物評価装置40に接続するためのインターフェースであってもよい。この場合、表示部403は、評価結果を表示するための映像信号を生成し、自身に接続されている画像表示装置に映像信号を出力する。

#### 【0018】

次に、衝撃付与部10が構造物50に付与する衝撃11が満たすべき条件について説明する。衝撃付与部10が構造物50に対して衝撃11を与える間隔が長すぎれば多くの衝撃11を与えるのに長い時間を要する。それに対して、衝撃付与部10が構造物50に対して衝撃11を与える間隔が短すぎれば直前に与えた衝撃11により発生した弾性波と、今回与えた衝撃11により発生した弾性波との分離できなくなる。そのため、与えた衝撃11の数に対して検出される弾性波が少なくなる。したがって、効率的に劣化状態の評価を実現するには、構造物50へ衝撃11を付与する強さ（強度）およびタイミングを最適化する必要がある。

#### 【0019】

一般的に、センサ20に到達する弾性波の振幅が大きい方が、得られる信号のS/Nが良くなり位置標定の精度が向上するため、できるだけ強い衝撃11を付与することが望ましい。また、短時間で効率的に構造物50の劣化状態を評価するためには、短い時間間隔で衝撃11を付与し、一定の時間内により多くの信号を検出することが望ましい。したがって、センサ20で検出される信号振幅A[dB]は大きい方が望ましく、衝撃11を与える間隔T[ms]は小さい方が望ましい。

#### 【0020】

10

20

30

40

50

一方、弾性波発生源の位置を標定するには、センサ 20 側で弾性波波形の立ち上がりを捉える必要がある。しかし、 $T [ms]$  が小さ過ぎた場合、連続して発生した弾性波が重なり分離できなくなるため、センサ 20 では後の衝撃 11 により発生した弾性波の立ち上がりを捉えられない。したがって、個々の衝撃 11 による弾性波を分離するためには、センサ 20 で検出された弾性波の持続時間を  $D [ms]$  とすると、前の衝撃付与から少なくとも  $D [ms]$  の間隔をあけてから次の衝撃 11 を付与する必要がある。

【0021】

図 2 は、構造物 50 としてコンクリート供試体にセンサ 20 を設置し、コンクリート供試体に多数の衝撃 11 を与えて発生させた弾性波を検出した際の信号振幅  $A [dB]$  と持続時間  $D [ms]$  との関係を表す図である。図 2 において、縦軸は持続時間  $[ms]$  を表し、横軸は振幅  $[dB]$  を表す。持続時間は、弾性波が継続して検出された時間を表す。強い衝撃を付与するほど、構造物 50 内で反響した弾性波が減衰しきるまでに時間を要するため、振幅  $A [dB]$  と持続時間  $D [ms]$  が概ね比例関係にある。また、図 2 に示す点 51 は、検出された弾性波を表す。

10

【0022】

図 2 に示した各点 51 よりも下側、つまり、同じ強度でより短い間隔で衝撃 11 を与えた場合、もしくは、各点 51 よりも右側、つまり、同じ間隔でより強い衝撃 11 を与えた場合、その衝撃 11 により生じた弾性波は、直前に発生した弾性波と重なり分離できなくなる。したがって、直前に発生した弾性波を分離してセンサ 20 において検出するには、適切な直線  $l: D = \alpha A + \beta$  を設け、この直線  $l$  を上回る条件で衝撃 11 を与える必要がある。したがって、衝撃付与間隔  $T [ms]$  が満たすべき条件は、式 (1) で表される。

20

【0023】

【数 1】

$$T \geq \alpha A + \beta \quad \dots (1)$$

【0024】

次に、直線  $l$  の設定について説明する。図 3 は、直線  $l$  の設定について説明するための図である。図 3 において、縦軸は持続時間  $[ms]$  を表し、横軸は振幅  $[dB]$  を表す。図 3 では、複数の直線  $l_1, l_2, l_3, l_4$  が示されている。直線  $l_1$  ( $\alpha = 0.036, \beta = -2.0$ ) より下部では、点がほぼ存在しない。これは、直線  $l_1$  より短い持続時間を持つ弾性波が検出されていないことを示し、直線  $l_1$  より下部に相当する条件で衝撃 11 を与えた場合は、直前に発生した弾性波とその次に発生した弾性波とが必ず重なり分離できないことを意味する。したがって、衝撃付与部 10 は、少なくとも 1 つ以上の弾性波を分離して検出するために、最低限直線  $l_1$  より上にあたる条件で衝撃 11 を与える必要がある。

30

【0025】

衝撃付与間隔  $T$  は少なくとも直線  $l_1$  より上にあたる条件を満たす必要があるが、より好ましくは別の直線を基準とすることもできる。直線  $l_1$  を基準とした場合、直前に発生した弾性波と重ならない弾性波も存在するが、ほとんどの弾性波は直前に発生した弾性波と重なるため、計測の効率としてはそれほど高くない。したがって、例えば最小二乗法によって得られた近似直線  $l_2$  ( $\alpha = 0.057, \beta = -2.9$ ) を基準とすることで、衝撃 11 の間隔は長くなるが、直前に発生した弾性波と重なる割合が減るため、直線  $l_1$  より効率を向上させることができる。

40

【0026】

また、分布の上限近くに相当する直線  $l_4$  ( $\alpha = 0.074, \beta = -3.4$ ) を基準とした場合、衝撃 11 を与える間隔は  $l_1, l_2$  に比べてさらに長くなるが、直前に発生した弾性波と重なる弾性波はほとんどなくなるため、直線  $l_1$  より効率を向上させることができる。

【0027】

50

さらに望ましくは、直前に発生した弾性波と重なる割合と、衝撃付与間隔  $T$  との関係から導かれる直線  $l_3$  を基準とすることができる。図 4 は、図 3 の振幅  $A = 85 \text{ dB}$  付近の持続時間  $D$  の分布と、最適な直線位置の求め方を表した図である。各振幅での弾性波の分布を図 4 上のグラフのように正規分布と仮定する。下図 4 のグラフの左側の縦軸は弾性波の発生頻度を表し、右側の縦軸は有効データの取得頻度を表し、横軸は基準とする直線  $l$  を変化させたときの打撃間隔を表す。

#### 【0028】

衝撃付与部 10 が直線  $l$  に相当する頻度で衝撃 11 を与えた場合、衝撃付与の頻度は曲線 70 で表される。直線  $l$  より短い持続時間  $D$  を有する弾性波は直前に発生した弾性波と重ならないため、有効に検出される弾性波の割合は、正規分布を直線  $l$  の位置まで積分したものの割合となり、曲線 71 で表される。すなわち、曲線 71 は、分離可能な弾性波の割合を表す。波形を取得できる効率は、衝撃 11 の頻度と、直前に発生した弾性波弾性波と重ならない割合を掛け合わせて、曲線 72 のようになる。すなわち、曲線 72 は、有効データの取得頻度を表し、曲線 70 と曲線 71 とを掛け合わせて得られる値である。この曲線 72 が極大値をとる点が効率の最大の点を意味する。この場合、衝撃付与部 10 は、直線  $l_3$  ( $\theta = 0.066$ 、 $\phi = -3.2$ ) を設定して制限とすることで、より効率よく衝撃 11 を与えることができる。

10

#### 【0029】

以上は、図 2 ~ 4 に示したコンクリート供試体に関する例であり、計測対象に応じて試験的な衝撃 11 を与えて弾性波信号を取得して図 2 に示したような  $D - A$  分布を作成し、上記と同様の手順で直線  $l$  を設定することができる。また、必ずしも計測対象自体で  $D - A$  分布を作成する必要はなく、類似の供試体や、類似の事例における  $D - A$  分布に基づいて直線  $l$  を設定することもできる。

20

#### 【0030】

式 (1) で示した条件は、次の衝撃 11 を与える位置を遠く離すことで緩和される。図 5 に概略を示す。センサ 20 において十分強い振幅  $A$  で検出される強さの衝撃 11 を衝撃付与部 10 が与えたとき、その衝撃 11 により生じる弾性波は計測対象内での弾性波速度を  $V$  とすると、おおよそ  $V [\text{mm/ms}] D [\text{ms}] = V (A + \dots) [\text{mm}]$  の距離まで検出可能な振幅を保って到達する。

#### 【0031】

衝撃付与部 10 が第 1 の衝撃を付与する第 1 の衝撃付与位置 12 - 1 から  $V (A + \dots)$  の距離以内に配置されているセンサ 20 には、第 1 の衝撃により生じる弾性波が到達する。しかし、当該センサ 20 から  $V (A + \dots)$  以上離れた位置 (例えば、衝撃付与部 10 が第 2 の衝撃を付与する第 2 の衝撃付与位置 12 - 2) であれば、第 1 の衝撃と同時に第 2 の衝撃を付与しても、第 1 の衝撃による弾性波と重ならない可能性が出る。したがって、第 1 の衝撃により生じた弾性波が到達したセンサ 20 から  $V (A + \dots)$  以上離れた位置であれば、衝撃付与部 10 は上記式 (1) の制限を必ずしも満たす必要はない。より好ましくは、第 1 の衝撃により生じた弾性波が到達したセンサ 20 から  $V (A + \dots)$  以上離れた位置であれば、衝撃付与部 10 が第 1 の衝撃と同時に第 2 の衝撃を与えてもほぼ重ならず弾性波を検出することができる。

30

40

#### 【0032】

衝撃 11 を与える条件から、センサ 20 の配置に制約が与えられる。弾性波発生源分布から構造物 50 の劣化状態の評価を正しく行うには、計測領域全域で弾性波発生源位置を特定しなければ、分布にムラを生じ、誤診断につながる。弾性波発生源の位置を特定するには、少なくとも 3 つのセンサ 20 に弾性波が到達して検出される必要がある。衝撃付与部 10 が、センサ 20 において十分強い振幅  $A$  で検出される強さの衝撃 11 を与えた場合、その衝撃 11 により生じる弾性波は、計測対象内での弾性波速度を  $V$  とすると、少なくとも凡そ  $V [\text{mm/ms}] D_{\text{min}} [\text{ms}] = V (A + \dots) [\text{mm}]$  の距離まで検出可能な振幅を保って到達する。ここで、 $D_{\text{min}}$  は、 $D - A$  分布の下限をとった直線  $l_1$  上の持続時間  $D$  を示す。したがって、弾性波発生源位置から最も遠いセンサ 20、つま

50

り3番目に弾性波が到達する(3rdヒット)センサ20が、弾性波発生源の位置から $V D_{\min}$ の距離以内に配置される必要がある。最も遠いセンサ20までの距離をMとすると、センサ20の配置は式(2)を満たす必要がある。

【0033】

【数2】

$$M \leq V D_{\min} \quad \dots (2)$$

【0034】

センサ配置が格子状の場合の例を図6に示す。右下のセンサ20-3を3rdヒットとした場合、最も遠くなる距離は図6のMとなり、センサ間隔をSとすると、Mは式(3)のように表される。

10

【0035】

【数3】

$$M = \sqrt{5}/2S \quad \dots (3)$$

【0036】

したがって、この例では、(2)にM、Dを代入し、式(4)が得られる。

20

【0037】

【数4】

$$\sqrt{5}/2S \leq V(\alpha_1 A + \beta_1) \quad \dots (4)$$

【0038】

式(4)より、センサ間隔から、与える衝撃11の強度の下限が規定され、逆に与える衝撃11の強さに対して、センサ間隔の上限が規定される。より厳密には、床版の厚さzを考慮して組み込むことができる。この場合、弾性波発生源からセンサまでの距離Mが式(5)となり、式(6)で表される。

30

【0039】

【数5】

$$\sqrt{z^2 + 5/4S^2} \quad \dots (5)$$

【0040】

【数6】

$$\sqrt{z^2 + 5/4S^2} \leq V(\alpha_1 A + \beta_1) \quad \dots (6)$$

40

【0041】

図7は、構造物評価システム100の評価処理の流れを表すフローチャートである。

衝撃付与部10は、計測用に複数の衝撃11を構造物50に与える(ステップS101)。これにより、構造物50で弾性波が発生する。発生した弾性波は、構造物50中を伝搬してセンサ20によって検出される。センサ20は、検出した弾性波を電圧信号であるAE源信号に変換し、AE源信号を信号処理部30に出力する。信号処理部30は、センサ20から出力されたAE源信号を入力する。信号処理部30は、入力したAE源信号が

50



ら振幅 A 及び持続時間 D を取得する。信号処理部 30 は、取得した振幅 A 及び持続時間 D を用いて図 2 に示す信号振幅 A [ dB ] と持続時間 D [ ms ] との関係を表す D - A 分布を生成する (ステップ S 102)。

#### 【0042】

衝撃付与部 10 は、生成された D - A 分布に基づいて、基準となる直線を設定し、傾き及び切片を設定する (ステップ S 103)。なお、衝撃付与部 10 は、信号処理部 30 によって生成された D - A 分布をどのような方法で取得してもよい。例えば、衝撃付与部 10 は、外部メディアを介して信号処理部 30 によって生成された D - A 分布を取得してもよいし、衝撃付与部 10 とセンサ 20 との間で有線又は無線通信により取得してもよい。

10

#### 【0043】

衝撃付与部 10 は、設定した傾き及び切片を用いて、式 (1) に基づく条件で、構造物 50 に対して与える衝撃 11 の強度及び衝撃 11 を与える時間間隔を設定する (ステップ S 104)。その後、衝撃付与部 10 は、設定した強度及び時間間隔で構造物 50 に対して衝撃 11 を付与する (ステップ S 105)。センサ 20 は、構造物において発生した弾性波を検出する (ステップ S 106)。センサ 20 は、検出した弾性波を電圧信号である AE 源信号に変換し、AE 源信号を信号処理部 30 に出力する。

#### 【0044】

信号処理部 30 は、センサ 20 から出力された AE 源信号を入力する。信号処理部 30 は、入力した AE 源信号に対して、必要とされるノイズ除去、パラメータ抽出等の信号処理を行うことによって AE 特徴量を抽出する。信号処理部 30 は、抽出した AE 特徴量に基づく情報を AE 信号として構造物評価装置 40 に出力する。位置標定部 401 は、入力された AE 信号に含まれるセンサ ID、AE 検知時刻等の情報と、予め保持しているセンサ位置情報とに基づいて弾性波発生源の位置標定を行う (ステップ S 107)。その後、位置標定部 401 は、位置標定結果を用いて、発生源分布を導出する (ステップ S 108)。評価部 402 は、入力された発生源分布に基づいて構造物 50 の劣化状態を評価する (ステップ S 109)。表示部 403 は、評価部 402 の制御に従って評価結果を表示する (ステップ S 110)。

20

#### 【0045】

以上のように構成された構造物評価システム 100 によれば、衝撃付与部 10 において付与する衝撃 11 の強度に応じて定まる時間間隔で、衝撃付与部 10 が構造物 50 に対して衝撃 11 を付与する。この際に付与される衝撃 11 の強度は、1 回目の衝撃 11 を与えることによって発生した弾性波と、2 回目の衝撃 11 を与えることによって発生した弾性波とが重なる割合が低いと推定される強度である。したがって、衝撃付与部 10 が、このような強度から定まる時間間隔で衝撃 11 を構造物 50 に付与することによって、信号処理部 30 において信号の分離ができる。これにより、構造物評価装置 40 においてより精度の高い構造物の劣化状態の評価ができる。このように、構造物評価システム 100 では、計測を効率良く行うことが可能になる。

30

#### 【0046】

また、構造物評価システム 100 では、衝撃付与部 10 が衝撃 11 を付与する時間間隔に応じて定まる一定の強度以下の強度で、衝撃付与部 10 が構造物 50 に対して衝撃 11 を付与する。衝撃付与部 10 が衝撃 11 を付与する時間間隔は、1 回目の衝撃 11 を与えることによって発生した弾性波と、2 回目の衝撃 11 を与えることによって発生した弾性波とが重なる割合が低いと推定される時間間隔である。したがって、衝撃付与部 10 が、このような時間間隔に応じて定まる強度で衝撃 11 を構造物 50 に付与することによって、信号処理部 30 において信号の分離ができる。これにより、構造物評価装置 40 においてより精度の高い構造物の劣化状態の評価ができる。このように、構造物評価システム 100 では、計測を効率良く行うことが可能になる。

40

#### 【0047】

以下、構造物評価システム 100 の変形例について説明する。

50

構造物評価装置 40 が備える各機能部は、一部又は全てが別の筐体に備えられていてもよい。例えば、構造物評価装置 40 が評価部 402 のみを備えて、位置標定部 401 および表示部 403 が別の筐体に備えられてもよい。このように構成される場合、評価部 402 は、発生源分布を別の筐体から取得し、取得した発生源分布を用いて構造物の健全性を評価する。そして、評価部 402 は、評価結果を別の筐体が備える表示部 403 に出力する。

このように構成されることによって、発生源分布の導出に既存の装置を用いることによって、構造物評価装置 40 の製造コストを抑えることができる。

#### 【0048】

信号処理部 30 は、構造物評価装置 40 に備えられてもよい。このように構成される場合、信号処理部 30 は、センサ 20 による処理が施された A E 源信号を、センサ 20 から直接、又は、不図示の中継装置を介して取得する。

図 1 では、複数のセンサ 20 - 1 ~ 10 - n に 1 台の信号処理部 30 が接続されているが、構造物評価システム 100 は複数台の信号処理部 30 を備え、各センサ 20 にそれぞれ信号処理部 30 が接続されて複数台のセンサユニットを備えるように構成されてもよい。

#### 【0049】

また、評価部 402 は、出力制御部として動作してもよい。出力制御部は、出力部を制御して、評価結果を出力する。ここで、出力部には、表示部 403、通信部および印刷部が含まれる。出力部が通信部である場合、出力制御部は通信部を制御して、評価結果を他の装置に送信する。また、出力部が印刷部である場合、出力制御部は印刷部を制御して、評価結果を印刷する。なお、構造物評価装置 40 は、出力部として、表示部 403、通信部および印刷部の一部又は全てを備えて上記の動作を実行してもよい。

#### 【0050】

本実施形態では、信号処理部 30 が D - A 分布を生成する構成を示したが、必ずしも信号処理部 30 が D - A 分布を生成する必要はない。例えば、予め類似の計測対象に対して得られた D - A 分布がある場合には、衝撃付与部 10 はその D - A 分布を用いてステップ S 103 の処理を実行してもよい。このように構成される場合、図 7 におけるステップ S 103 の処理は実行されなくてもよい。

#### 【0051】

以上説明した少なくともひとつの実施形態によれば、構造物に対して衝撃を与える衝撃付与部 10 と、弾性波を検出するセンサ 20 と、検出された弾性波に基づいて構造物の劣化状態を評価する構造物評価装置 40 と、を持ち、衝撃付与部 10 が、衝撃を付与する強度に応じて定まる頻度以下で衝撃を与えることにより、計測を効率良く行うことができる。

#### 【0052】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

#### 【符号の説明】

#### 【0053】

10 ... 衝撃付与部, 20 (20 - 1 ~ 20 - n) ... A E センサ, 30 ... 信号処理部, 40 ... 構造物評価装置, 401 ... 位置標定部, 402 ... 評価部, 403 ... 表示部

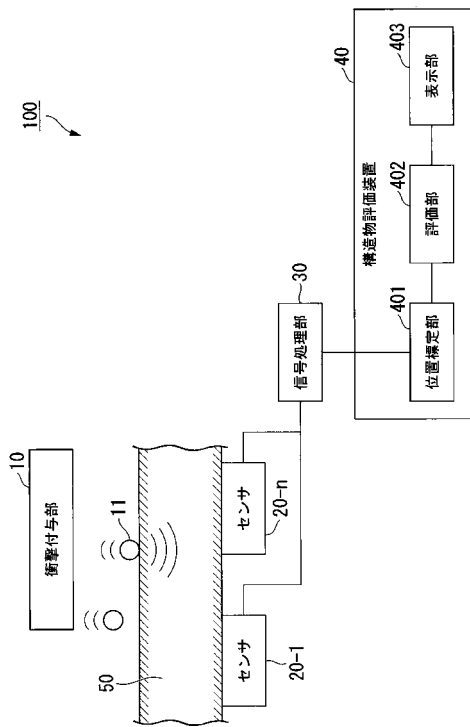
10

20

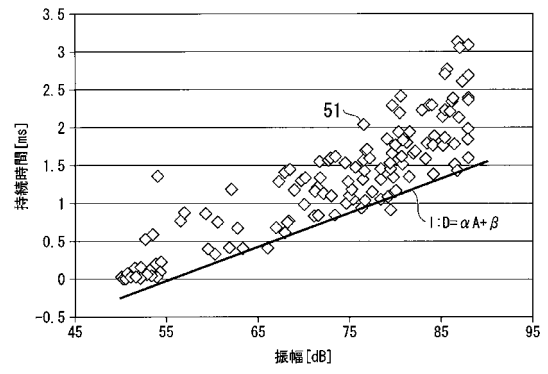
30

40

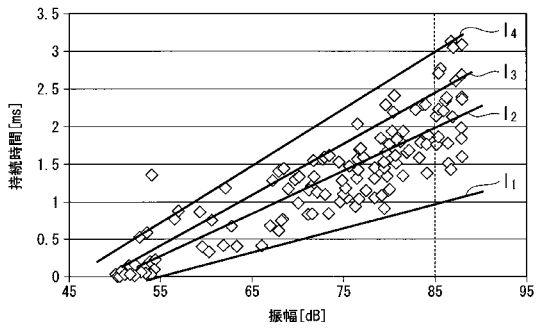
【 図 1 】



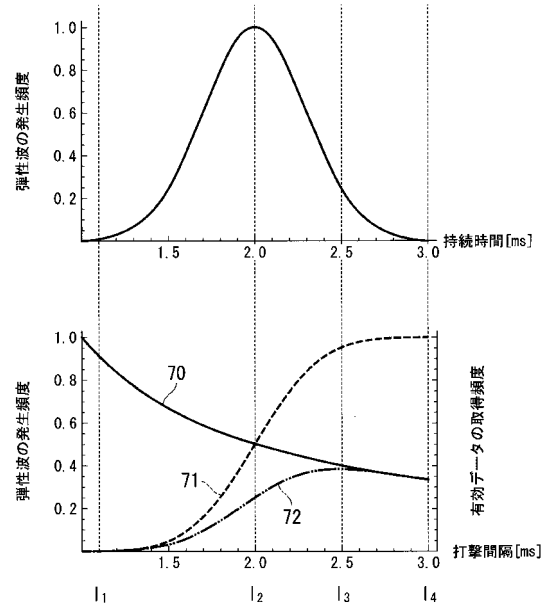
【 図 2 】



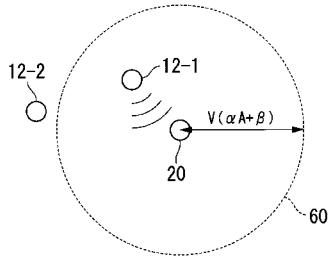
【 図 3 】



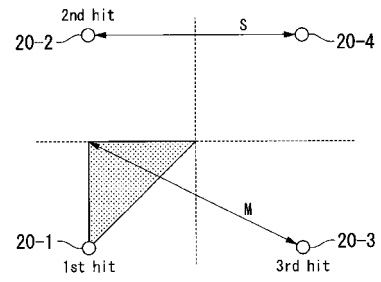
【 図 4 】



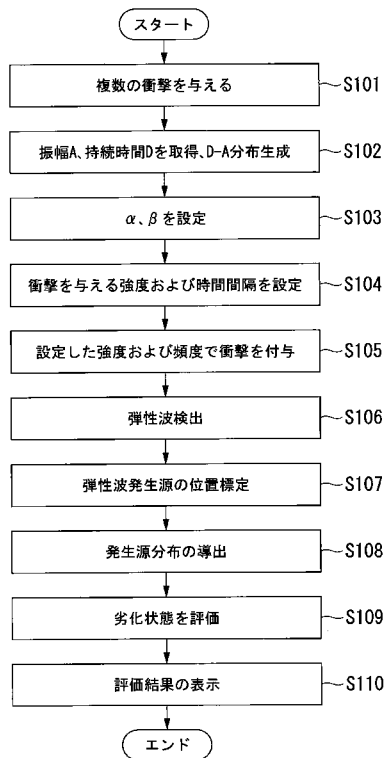
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



## 【手続補正書】

【提出日】平成31年4月5日(2019.4.5)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与部と、  
弾性波を検出するセンサと、  
検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する構造物評価装置と、  
を備え、  
前記衝撃付与部は、前記衝撃を付与する強度に応じて定まる頻度以下で前記衝撃を与える構造物評価システム。

【請求項2】

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与部と、  
弾性波を検出するセンサと、  
検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する構造物評価装置と、  
を備え、  
前記衝撃付与部は、前記衝撃を付与する頻度に応じて定まる強度以下で前記衝撃を与える構造物評価システム。

【請求項3】

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与部と、  
弾性波を検出するセンサと、  
検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する構造物評価装置と、  
を備え、  
前記衝撃付与部は、第1の衝撃による弾性波を検出するセンサから所定の距離離れた位置から第2の衝撃を与え、  
前記衝撃付与部は、前記構造物に配置されたセンサの配置位置から定まる強度又は頻度以下で前記衝撃を与える構造物評価システム。

【請求項4】

前記センサの配置は、前記構造物に与えられる衝撃の強度又は頻度に基づく間隔で配置される、請求項1から3のいずれか一項に記載の構造物評価システム。

【請求項5】

前記衝撃は、水滴、氷粒、固形物の散布、槌による連打及びレーザーによる加熱により計測領域において一様な分布で付与される衝撃である、請求項1から4のいずれか一項に記載の構造物評価システム。

【請求項6】

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与ステップと、  
弾性波を検出するセンサによって検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する評価ステップと、  
を有し、  
前記衝撃付与ステップにおいて、前記衝撃を付与する強度に応じて定まる頻度以下で前記衝撃を与える構造物評価方法。

【請求項7】

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与ステップと、  
弾性波を検出するセンサによって検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する評価ステップと、  
を有し、

前記衝撃付与ステップにおいて、前記衝撃を付与する頻度に応じて定まる強度以下で前記衝撃を与える構造物評価方法。

【請求項 8】

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与ステップと、  
弾性波を検出するセンサによって検出された前記弾性波に基づいて前記構造物の劣化状態を評価する評価ステップと、

を有し、

前記衝撃付与ステップにおいて、第 1 の衝撃による弾性波を検出するセンサから所定の距離離れた位置から第 2 の衝撃を与え、

前記衝撃付与ステップにおいて、前記構造物に配置されたセンサの配置位置から定まる強度又は頻度以下で前記衝撃を与える構造物評価方法。

【請求項 9】

前記衝撃は、水滴、氷粒、固形物の散布、槌による連打及びレーザによる加熱により計測領域において一様な分布で付与される衝撃である、請求項 6 から 8 のいずれか一項に記載の構造物評価方法。

【請求項 10】

構造物の評価に用いられる衝撃付与装置であって、

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与部、

備え、

前記衝撃付与部は、衝撃を付与する強度に応じて定まる頻度以下で前記衝撃を与える衝撃付与装置。

【請求項 11】

構造物の評価に用いられる衝撃付与装置であって、

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与部、

備え、

前記衝撃付与部は、衝撃を付与する頻度に応じて定まる強度以下で前記衝撃を与える衝撃付与装置。

【請求項 12】

構造物の評価に用いられる衝撃付与装置であって、

構造物に対して衝撃を与える衝撃付与部、

備え、

前記衝撃付与部は、第 1 の衝撃による弾性波を検出するセンサから所定の距離離れた位置から第 2 の衝撃を与え、

前記衝撃付与部は、前記構造物に配置されたセンサの配置位置から定まる強度又は頻度以下で衝撃を与える衝撃付与装置。

【請求項 13】

前記衝撃は、水滴、氷粒、固形物の散布、槌による連打及びレーザによる加熱により計測領域において一様な分布で付与される衝撃である、請求項 10 から 12 のいずれか一項に記載の衝撃付与装置。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0001】

本発明は、構造物評価システム、構造物評価方法及び衝撃付与装置に関する。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0004】

本発明が解決しようとする課題は、計測を効率良く行うことができる構造物評価システム、構造物評価方法及び衝撃付与装置を提供することである。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

以下、実施形態の構造物評価システム、構造物評価方法及び衝撃付与装置を、図面を参照して説明する。図1は、実施形態の構造物評価システム100のシステム構成を示す図である。構造物評価システム100は、構造物の健全性の評価に用いられる。本実施形態において、評価とはある基準に基づいて、構造物の健全性の度合い、すなわち構造物の劣化状態を決定することを意味する。なお、本実施形態では、構造物の一例として橋梁を例に説明するが、構造物は橋梁に限定される必要はない。例えば、構造物は、亀裂の発生または進展、あるいは外的衝撃（例えば雨、人工雨など）に伴い弾性波が発生する構造物であればどのようなものであってもよい。なお、橋梁は、河川や溪谷などの上に架設される構造物に限らず、地面よりも上方に設けられる種々の構造物（例えば高速道路の高架橋）なども含む。

## 【 国際調査報告 】

<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>		International application No. PCT/JP2017/022856
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> G01M7/08(2006.01)i, G01N29/12(2006.01)i, G01N29/34(2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01M7/08, G01N29/12, G01N29/34  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2017 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2017 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2017  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015/194171 A1 (NEC Corp.), 23 December 2015 (23.12.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2010-169465 A (Railway Technical Research Institute), 05 August 2010 (05.08.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2002-148244 A (Obayashi Corp.), 22 May 2002 (22.05.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 06 September 2017 (06.09.17)		Date of mailing of the international search report 19 September 2017 (19.09.17)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer  Telephone No.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/022856

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-41940 A (Fujita Corp.), 16 February 2001 (16.02.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 11-271286 A (Fujita Corp.), 05 October 1999 (05.10.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2006-38598 A (Sekisui Chemical Co., Ltd.), 09 February 2006 (09.02.2006), entire text; all drawings & US 2008/0314151 A1 & EP 1780540 A1	1-8
A	JP 2011-191202 A (Tobishima Corp.), 29 September 2011 (29.09.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
X A	JP 2013-44523 A (Dia Consultants Co., Ltd.), 04 March 2013 (04.03.2013), paragraphs [0046], [0062] to [0064]; fig. 1, 11 (Family: none)	3,8 1-2,4-7
X A	JP 2014-202682 A (Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd.), 27 October 2014 (27.10.2014), paragraph [0013]; fig. 1, 3 (Family: none)	3,8 1-2,4-7

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 7 / 0 2 2 8 5 6	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01M7/08(2006.01)i, G01N29/12(2006.01)i, G01N29/34(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01M7/08, G01N29/12, G01N29/34			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2017年 日本国実用新案登録公報 1996-2017年 日本国登録実用新案公報 1994-2017年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	WO 2015/194171 A1 (日本電気株式会社) 2015.12.23, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8	
A	JP 2010-169465 A (財団法人鉄道総合技術研究所) 2010.08.05, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8	
A	JP 2002-148244 A (株式会社大林組) 2002.05.22, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー		の日の後に公表された文献	
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの		「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」 同一パテントファミリー文献	
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願			
国際調査を完了した日 06.09.2017		国際調査報告の発送日 19.09.2017	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 東松 修太郎	2 J 3 2 0 8
		電話番号 03-3581-1101 内線 3252	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2017/022856
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2001-41940 A (株式会社フジタ) 2001.02.16, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 11-271286 A (株式会社フジタ) 1999.10.05, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2006-38598 A (積水化学工業株式会社) 2006.02.09, 全文、全図 & US 2008/0314151 A1 & EP 1780540 A1	1-8
A	JP 2011-191202 A (飛島建設株式会社) 2011.09.29, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8
X A	JP 2013-44523 A (株式会社ダイヤコンサルタント) 2013.03.04, [0046]、[0062] - [0064]、[図1]、[図11] (ファミリーなし)	3,8 1-2, 4-7
X A	JP 2014-202682 A (三井造船株式会社) 2014.10.27, [0013]、[図1]、[図3] (ファミリーなし)	3,8 1-2, 4-7

## フロントページの続き

(出願人による申告)平成29年度、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト/インフラ状態モニタリング用センサシステム開発/道路インフラ状態モニタリング用センサシステムの研究開発」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(72)発明者 塩谷 智基

京都府京都市左京区吉田本町36番地1 国立大学法人京都大学内

(72)発明者 西田 孝弘

京都府京都市左京区吉田本町36番地1 国立大学法人京都大学内

Fターム(参考) 2G024 AD34 BA15 BA21 CA13 DA12 EA11 FA06 FA15

2G047 AA10 BA05 BC02 BC03 BC04 BC07 CA03 GF10 GF11 GG47

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。