

(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2020-8433

(P2020-8433A)

(43) 公開日 令和2年1月16日(2020.1.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 29/04 (2006.01)	GO 1 N 29/04	2 G O 4 7
GO 1 N 21/45 (2006.01)	GO 1 N 21/45 A	2 G O 5 9
GO 1 N 29/46 (2006.01)	GO 1 N 29/46	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2018-130042 (P2018-130042)	(71) 出願人	000196587 西日本旅客鉄道株式会社 大阪府大阪市北区芝田2丁目4番24号
(22) 出願日	平成30年7月9日(2018.7.9)	(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36番地1
		(74) 代理人	100130513 弁理士 鎌田 直也
		(74) 代理人	100074206 弁理士 鎌田 文二
		(74) 代理人	100130177 弁理士 中谷 弥一郎
		(74) 代理人	100187827 弁理士 赤塚 雅則

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 構造体の欠陥評価方法

(57) 【要約】

【課題】健全性評価に不要なノイズが重畳された環境下においても、検査対象物中の欠陥の有無の判定を高精度かつ安定的に行うとともに、欠陥が存在する場合は、その特徴量を定量化できる構造体の欠陥評価方法を提供する。

【解決手段】検査対象物Mに衝撃を与え、この衝撃に伴う検査対象物M表面の振動を計測することによって、この検査対象物Mの健全性を評価する欠陥評価方法において、前記計測によって得られた計測結果に減衰振動が安定的に存在しているときに欠陥Dが存在すると判断し、この減衰振動の振動特性から欠陥Dの特徴量を物理的に有意な指標で定量化する一方で、前記減衰振動が安定的に存在しないときに欠陥Dが存在しないと判断することを特徴とする構造体の欠陥評価方法を構成する。

【選択図】なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

検査対象物 (M) に衝撃を与え、この衝撃に伴う前記検査対象物 (M) 表面の振動を計測することによって、この検査対象物 (M) の健全性を評価する欠陥評価方法において、前記計測によって得られた計測結果に減衰振動が安定的に存在しているときに欠陥 (D) が存在すると判定し、加えてこの減衰振動の振動特性から欠陥 (D) の特徴量を物理的に有意な指標で定量化する一方で、前記減衰振動が安定的に存在しないときに欠陥 (D) が存在しないと判定することを特徴とする構造体の欠陥評価方法。

## 【請求項 2】

前記計測結果に、減衰振動が安定的に存在するか否かの判定に、Least Square Complex Frequency法を採用したことを特徴とする請求項 1 に記載の構造体の欠陥評価方法。

10

## 【請求項 3】

前記衝撃を与える衝撃源が、前記検査対象物 (M) の表面を打撃するハンマであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の構造体の欠陥評価方法。

## 【請求項 4】

前記衝撃を与える衝撃源が、前記検査対象物 (M) の表面に照射されるレーザー光、又は、前記検査対象物 (M) に併設された音源から発せられる音波であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の構造体の欠陥評価方法。

## 【請求項 5】

前記検査対象物 (M) を、コンクリート、金属、レンガ、樹脂又は、これらの複合部材としたことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の構造体の欠陥評価方法。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、例えば、コンクリート等の構造体に生じた欠陥に起因する振動特性を評価する、構造体の欠陥評価方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

トンネルの内壁等のコンクリート等の構造体は、その構造体の表面からのコンクリート片の剥落等のトラブルを未然に防止するために、その構造体の検査が定期的に行われる。従来型の検査においては、検査対象物にハンマ等で衝撃を与え、作業者の五感によってその健全性を評価するのが一般的である。また、作業者の五感によらずに、装置を用いて、衝撃に伴う前記検査対象物中の振動波の時刻歴波形  $f(t)$  等から、この検査対象物中の欠陥の有無の判定や、その健全性の評価を行う場合もある。

30

## 【0003】

一般的な欠陥判定アルゴリズムは、時刻歴波形  $f(t)$  をフーリエ変換することによって得られた周波数スペクトル (例えば、本願の説明で用いる図 3 に示した波形参照) からその面積等の指標を計算し、それを元に得られた時刻歴波形  $f(t)$  が、検査対象物中の欠陥に起因するものか否かを判断する。

40

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

上記の従来型の欠陥評価方法では、計測結果からある指標を計算し、その指標がある閾値を超えているかどうかによって欠陥の有無を判断している。例えば、前出の周波数スペクトルの面積を利用する場合では、計測で得られた周波数スペクトルのある区間内の面積を計算し、その大きさから欠陥の有無を判定している。また、得られた欠陥の位置や大きさ等の情報に基づき、検査対象物の健全性評価を行っている。実際の検査に際しては、計測結果に、欠陥検出に必要なでないノイズが重畳されていることが多く、このノイズに起因して、判定精度が低下する虞がある。

50

## 【0005】

また、ノイズの影響により、欠陥の有無を判定するための閾値自体の設定が困難となることがある。さらに、従来の指標では、欠陥の有無や位置等の情報は推定できるが、検査の真の目的である剥落等に対する健全性との関連性が不明確となっている。

## 【0006】

このノイズに起因して、判定精度が低下する原因として、検査対象物に与えられた衝撃によって、その表面に生じる振動が小さいことや（例えば、加振源としてレーザを採用した場合は、その振幅がナノメートルオーダー）、この振動の検出にレーザを採用した場合に、検査対象物からの十分な光量の反射光が得られないこと等が挙げられる。

## 【0007】

そこで、この発明は、健全性評価に不要なノイズが重畳された環境下においても、検査対象物中の欠陥の有無の判定を高精度かつ安定的に行うとともに、欠陥が存在する場合は、その特徴量を物理的に有意な指標で定量化できる構造体の欠陥評価方法を提供することを課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

上記の課題を解決するため、この発明は、検査対象物に衝撃を与え、この衝撃に伴う前記検査対象物表面の振動を計測することによって、この検査対象物の健全性を評価する欠陥評価方法において、前記計測によって得られた計測結果に減衰振動が安定的に存在しているときに欠陥が存在すると判定し、加えてこの減衰振動の振動特性から欠陥の特徴量を物理的に有意な指標で定量化する一方で、前記減衰振動が安定的に存在しないときに欠陥が存在しないと判定することを特徴とする構造体の欠陥評価方法を構成した。

## 【0009】

この方法によると、計測結果を固有振動数が異なる減衰振動の和とそれ以外（ノイズ等）と解釈することによって、検査対象物中の欠陥の有無の判定を高精度に行うことができる。しかも、欠陥が存在する場合は、その振動特性を物理的に有意な指標（固有振動数や減衰率等）で定量化することができ、この結果を健全性評価（剥落の危険性や対策の必要性の評価）に利用することができる。

## 【0010】

前記構成においては、前記計測結果に、減衰振動が安定的に存在するか否かの判定に、Least Square Complex Frequency法（以下、LSCF法と略称する。）を採用するのが好ましい。

## 【0011】

このLSCF法は、モード特性同定法の一つであって、解が安定しているとともに、計算速度が速いという特徴を有している。解が安定している理由は、本来強い非線形性を有している問題を、近似的に線形化して解いているためである。また、計算速度が速い理由は、近似的に線形問題を解いているため、繰り返し計算が不要であり、さらに、計算の途中で、高速フーリエ変換を利用できるためである。このLSCF法は、ノイズの影響を極力排除することができ、スムーズかつ高精度に、検査対象物中の欠陥の検出を行うことができる。

## 【0012】

前記各構成においては、前記衝撃を与える衝撃源が、前記検査対象物の表面を打撃するハンマである構成とすることができる。あるいは、前記衝撃を与える衝撃源が、前記検査対象物の表面に照射されるレーザ光、又は、前記検査対象物に併設された音源から発せられる音波のいずれかである構成とすることもできる。

## 【0013】

これらの衝撃源を採用すると、検査対象物にパルス的な衝撃を与えることができ、この検査対象物中の欠陥に起因する減衰振動を高精度に検出することができる。ハンマを採用する場合は、検査対象物に比較的強い打撃を与えることができるため、得られた減衰振動の高いS/N比を確保することができる。また、レーザ光や音波を採用する場合は、検査

10

20

30

40

50

対象物から離れた位置から非接触で衝撃を与えることができるため、欠陥検査の汎用性を向上することができる。

【0014】

前記各構成においては、前記検査対象物を、コンクリート、金属、レンガ、樹脂又は、これらの複合部材とすることができる。

【0015】

このように、検査対象物を構成する部材の範囲を拡げることにより、鉄道等のトンネル、橋梁、建物等の幅広い分野に対して、この発明に係る欠陥評価方法を適用することができる。

【発明の効果】

10

【0016】

この発明は、上記のように、欠陥の有無の判定を減衰振動の有無の判定に置き換えている。このようにすることで、判定結果に対するノイズの影響を極力排除することが可能となる。しかも、欠陥が存在すると判定された場合は、推定された減衰振動の振動特性から欠陥の特徴量を物理的に有意な指標で定量化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】この発明に係る構造体の欠陥評価方法を採用した欠陥検査装置の概略構成図

【図2】欠陥部における振動波の時刻歴波形を示す図

【図3】図2に示した時刻歴波形を周波数領域にフーリエ変換した結果を示す図

20

【図4】図2中のa部を切り出すとともに、ローパスフィルタ処理を施したときの時刻歴波形を示す図

【図5】図4に示した時刻歴波形を周波数領域にフーリエ変換した結果を示す図

【図6】健全部における振動波の時刻歴波形を示す図

【図7】図6に示した時刻歴波形を周波数領域にフーリエ変換した結果を示す図

【図8】安定化ダイアグラムの一例を示す図

【発明を実施するための形態】

【0018】

この発明に係る構造体の欠陥評価方法を採用した欠陥検査装置10の概略構成図を図1に示す。この欠陥検査装置10は、例えば、鉄道のトンネル等の検査対象物M中の欠陥Dの有無を検査する際に用いられ、加振用レーザ発信機11、検出用レーザ発信機12、レーザ受信機13、及び、解析装置14を主要な構成要素としている。検査対象となる欠陥Dは、クラックが構造体の表面まで到達した剥離状欠陥が主であるが、クラックが表面に到達しない、構造体内部の空洞欠陥等の種々の欠陥Dを含む。

30

【0019】

加振用レーザ発信機11として、高出力のパルスレーザ(Nd:YAGレーザ)を採用している。Nd:YAGレーザの代わりに、CO<sub>2</sub>レーザを採用することもできる。加振用レーザ発信機11からのレーザ光(以下、第一のレーザと称する。)は、検査対象物Mの表面に照射される。

【0020】

40

検出用レーザ発信機12として、例えば2倍高調波Nd:YVOレーザを採用している。図1中には示していないが、検出用レーザ発信機12からのレーザ光(以下、第二のレーザと称する。)は、ビームスプリッタによって、入射光と参照光に分岐される。入射光は、第一のレーザの検査対象物Mへの照射部近傍に照射され、検査対象物Mの表面で反射された反射光がレーザ受信機13に入射する。その一方で、参照光は、検査対象物Mに照射されることなく、検査対象物Mの表面で反射された入射光の反射光と同軸にレーザ受信機13に入射する。なお、加振用レーザ発信機11、及び、検出用レーザ発信機12の種類は例示であって、適宜変更することもできる。

【0021】

レーザ受信機13は、第二のレーザ(入射光と参照光)の光強度を検出する機能を有し

50

ている。このレーザ受信機 1 3 で検出された第二のレーザの光強度データは、解析装置 1 4 に送られる。

【 0 0 2 2 】

第一のレーザを検査対象物 M の表面に照射すると、局所的に高温となった表面層が蒸発することで原子、分子、プラズマ、及び、これらのクラスタが飛散するレーザアブレーションが生じる。このレーザアブレーションが生じた領域の近傍に欠陥 D が存在すると（図 1 参照）、その表面に振動が生じる。この振動に伴って、検査対象物 M の表面に照射された第二のレーザの入射光の位相が変調され、参照光に対する入射光の位相のずれが生じる。このずれに基づいて、図 2 に示すように、この欠陥 D が存在する欠陥部における時間と振幅との関係である時刻歴波形  $f(t)$  が解析装置 1 4 によって導出される。欠陥 D に起因する時刻歴波形  $f(t)$  は、振動の振幅が時間の経過とともに指数関数的に減少する波形を有する。この時刻歴波形  $f(t)$  をフーリエ変換することによって、図 3 に示すように、周波数領域に係る波形を導出することができる。この波形において、約 5 0 0 0 H z よりも低周波数の領域における波形が、欠陥部における振動情報を有していると考えられる。

10

【 0 0 2 3 】

図 2 に示した時刻歴波形  $f(t)$  の矢印 a 部を切り出すとともに、ローパスフィルタ処理を施したときの時刻歴波形  $f(t)$  を図 4 に示す。さらに、この時刻歴波形  $f(t)$  をフーリエ変換することによって導出した、周波数領域に係る波形を図 5 に示す。図 3 に代えて図 5 に示す波形に基づいて、後ほど詳しく説明する L S C F 法に基づく解析を行うことにより、より高精度に欠陥 D の検出を行うことができる。

20

【 0 0 2 4 】

欠陥 D が存在しない健全部における時刻歴波形  $f(t)$  を図 6 に、この時刻歴波形  $f(t)$  をフーリエ変換することによって導出した、周波数領域に係る波形を図 7 に示す。この健全部においては、その表面に第一のレーザを照射しても減衰振動は生じない（図 6 参照）。また、周波数領域に係る波形において、約 5 0 0 0 H z よりも高周波数の領域において、機械のノイズに起因する波形が発生する一方で、図 5 では見られた、約 5 0 0 0 H z よりも低周波数の領域における欠陥 D に起因する波形は確認できなかった（図 7 参照）。このように、時刻歴波形  $f(t)$ 、及び、周波数領域に係る波形から、検査対象物 M における欠陥部と健全部の区別をすることができる。

30

【 0 0 2 5 】

上記のように、欠陥 D の有無は、減衰振動の有無を調べることで推定することができる。以下においては、得られた計測結果から減衰振動の有無を調べるための方法について説明する。

【 0 0 2 6 】

検出用レーザを固定した状態で、加振用レーザで位置 k に衝撃を与えた際に得られる時刻歴波形  $f_k(t_s)$  の推定式  $f_k'(t_s)$  が減衰振動波形の和で表現されるとすると、推定式  $f_k'(t_s)$  は次の (1) 式及び (2) 式で表現できる。

【 0 0 2 7 】

【 数 1 】

$$f_k'(t_s) = 2\text{Re}[\sum_{n=1}^N A_{kn} e^{S_n t_s}] = \sum_{n=1}^N (A_{kn} e^{S_n t_s} + A_{kn}^* e^{S_n^* t_s}) \dots (1)$$

$$S_n = -\sigma_n + i2\pi f_n = -\sigma_n + i\omega_n \dots (2)$$

40

【 0 0 2 8 】

ここで、N は仮定するモード（減衰振動）の数、 $A_{kn}$  は位置 k に衝撃を与えた際の n 次モードの複素振幅、 $t_s$  は計測で得られた離散化された時間である。また、 $f_n$ 、 $\sigma_n$  はそれぞれ欠陥部に生じる n 次モードの固有振動数、固有角振動数、減衰率である

50

。なお、これらは欠陥固有のもので、加振位置  $k$  には依存しない。上付き添字の  $*$  は、複素共役を表す。

【 0 0 2 9 】

$K$  を加振点の数、 $S$  を 1 加振点毎の計測データ数とすると、ある  $N$  に対して次の ( 3 ) 式の値が最小、すなわち、ノイズの影響が最小となるような推定解  $A_{kn}$ 、 $\phi_n$ 、 $\psi_n$  を一意に定めることができる。

【 0 0 3 0 】

【 数 2 】

$$\sum_{k=1}^K \sum_{s=1}^S \left| f_k(t_s) - f'_k(t_s) \right|^2 \quad \dots (3)$$

10

【 0 0 3 1 】

上記の推定解は  $N$  によって変化するが、解が安定的に存在すれば ( $N$  の値を変化させても推定解が大きく変化しなければ)、その値に対応した減衰振動が実際にあると判定できる。上記の時刻歴波形から減衰振動を推定する方法でも解を得ることは可能であるが、ノイズで解が不安定になることや、計算に時間を要するという問題がある。そこで、この実施形態に係る欠陥評価方法では、推定式の導出に当たり、計測結果の推定を時刻歴でなく周波数領域で扱う、モード特性同定法の一つである L S C F 法を採用している。以下において、L S C F 法について説明する。

20

【 0 0 3 2 】

上記の欠陥検査装置 10 の加振用レーザ発信機 11 からの第一のレーザはパルス発振のため、加振時間は非常に短くデルタ関数とみなすことができる。そこで、計測で得られた時刻歴波形  $f_k(t_s)$  をインパルス応答と仮定すると、その推定式を  $z$  変換することで得られる伝達関数の推定式  $X'_k(z)$  は、次の ( 4 ) 式で表される。

【 0 0 3 3 】

【 数 3 】

$$X'_k(z) = \sum_{n=1}^N \left( \frac{A_{kn}}{1 - e^{S_n T_s} z^{-1}} + \frac{A_{kn}^*}{1 - e^{S_n^* T_s} z^{-1}} \right) = \sum_{n=1}^{2N} \left( \frac{B_{kn} z^{-n}}{C_n z^{-n}} \right) \quad \dots (4)$$

30

【 0 0 3 4 】

ここで、 $B_{kn}$ 、 $C_n$  は実数の係数であり、 $B_{kn}$  は ( 1 ) 式の  $A_{kn}$  に、 $C_n$  は ( 2 ) 式の  $f_n$  や  $\phi_n$  にそれぞれ関連している。なお、係数  $B_{kn}$  には、複素振幅  $A_{kn}$  と同様に、2 種類の下付き添え字が付されている。( 2 ) 式及び ( 4 ) 式より、伝達関数の極が欠陥部の振動特性 ( 固有振動数及び減衰率 ) を表しており、かつ、係数  $C_n$  が決まったときには、次の ( 5 ) 式を解くことで、その具体的な値を定めることができる。

【 0 0 3 5 】

【 数 4 】

$$\sum_{n=1}^{2N} C_n e^{-S_n T_s n} = 0 \quad \dots (5)$$

40

【 0 0 3 6 】

計測で得られた時刻歴波形  $f_k(t_s)$  のフーリエスペクトル ( これを周波数応答関数とみなす。 ) を  $H_k(f)$  とし、( 4 ) 式の  $z$  に  $e^{i 2\pi f T_s}$  を代入することで得られる周波数応答関数の推定式  $H'_k(f)$  を次の ( 6 ) 式で定義する。

【 0 0 3 7 】

【数5】

$$H'_k(\omega_f) = \frac{\sum_{n=1}^{2N} B_{kn} e^{-i\omega_f T_s n}}{\sum_{n=1}^{2N} C_n e^{-i\omega_f T_s n}} = \frac{N_k(\omega_f)}{D(\omega_f)} \quad \dots (6)$$

【0038】

$B_{kn}$ 、 $C_n$  の推定解は、次の(7)式の値が最小となるように決められる。

【0039】

【数6】

10

$$\sum_{k=1}^K \sum_{f=1}^F |H_k(\omega_f) - H'_k(\omega_f)|^2 = \sum_{k=1}^K \sum_{f=1}^F \left| H_k(\omega_f) - \frac{N_k(\omega_f)}{D(\omega_f)} \right|^2 \quad \dots (7)$$

【0040】

ここで、 $\omega_f$  は離散化された角振動数、 $F$  は1加振点毎の推定に用いるスペクトルのデータ数とする。

【0041】

この(7)式は、強い非線形性を有しており、初期値依存性、反復計算の必要性、解の収束性等の問題があり、解を得ることが難しい。そこで、LSCF法では、上記の(7)式(6)が成り立つと仮定し、 $D(\omega_f)$  を乗じることで得られる次の(8)式から推定解を導出する。

20

【0042】

【数7】

$$\sum_{k=1}^K \sum_{f=1}^F |D(\omega_f) H_k(\omega_f) - N_k(\omega_f)|^2 \quad \dots (8)$$

【0043】

30

この(8)式によると、推定解を線形問題として扱うことができるため、解を安定させることができるとともに、計算速度を高めることができる。なお、本来LSCF法は、上記(7)式を解いて得られる厳密解を導出する際の初期値を求めるために開発された手法であるが、LSCF法で得られた解の精度は十分高いため、欠陥の評価手法として何ら問題は生じない。

【0044】

この推定解の安定性は、図8に例示する安定化ダイヤグラムを用いて評価することができる。この図は、仮定したモードの数によって解(推定された固有振動数、減衰率)がどのように変化するかを示したものであり、仮定したモードの数で解があまり変化せず安定的に存在しているときは、欠陥Dが存在していると判定する。図8中の周波数領域に係る波形は、複数回の計測で得られた周波数応答関数を平均化したものであり、測定結果の目安となるものである。

40

【0045】

各モードは、例えば、図8において、初出のモードを\*印、推定された周波数が安定しているモードを○印、及び、推定された周波数と減衰率の両方が安定しているモードを□印、として分類される。ここでいう、周波数が安定、又は、減衰率が安定とは、1つ前のモードの推定解からの変動量(変動率)が所定範囲内であることを意味する。

【0046】

これらのモードが、周波数領域の波形上において、縦方向に所定数以上並んでいるとき(図8中に実線で囲んだモードの並び)に安定な解であると判断し、所定数に満たないと

50

き（図 8 中に破線で囲んだモードの並び）に不安定な解であると判定する。例えば、図 8 に示す周波数領域に係る波形においては、図 8 中に示した S 1 ~ S 3 の 3 つのピークが安定な解に対応するピーク（欠陥 D 起因のピーク）であると判定される。なお、図 8 に示す安定化ダイヤグラムはあくまでも例示に過ぎず、安定な解であると判断する際の条件は、適宜決めることができる。

【 0 0 4 7 】

なお、上記の実施形態においては、検査対象物 M の表面に衝撃を与える衝撃源として加振用レーザ発信機 1 1 を採用したが、検査対象物 M の表面を打撃するハンマ、検査対象物 M に併設された音源から発せられる音波等を採用することができる。

【 0 0 4 8 】

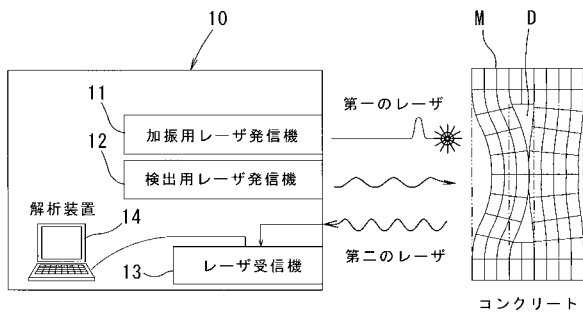
上記において説明した欠陥評価方法は例示に過ぎず、健全性評価に不要なノイズが重畳された環境下においても、検査対象物中の欠陥の有無の判定を高精度かつ安定的に行うとともに、欠陥が存在する場合は、その特徴量を物理的に有意な指標で定量化可能とする、というこの発明の課題を解決し得る限りにおいて、例えば、推定式  $f_k'(t_s)$  において考慮するパラメータを新たに加える等のように、その構成の一部を適宜変更することもできる。

【符号の説明】

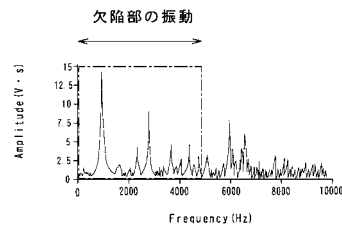
【 0 0 4 9 】

- 1 0 欠陥検査装置
- 1 1 加振用レーザ発信機
- 1 2 検出用レーザ発信機
- 1 3 レーザ受信機
- 1 4 解析装置
- M 検査対象物
- D 欠陥

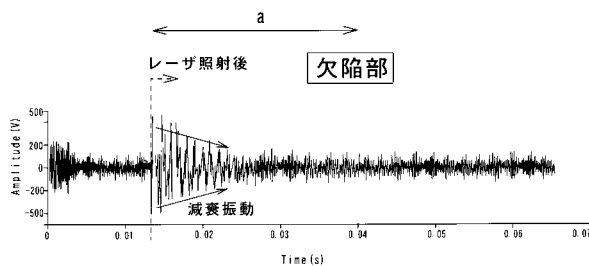
【 図 1 】



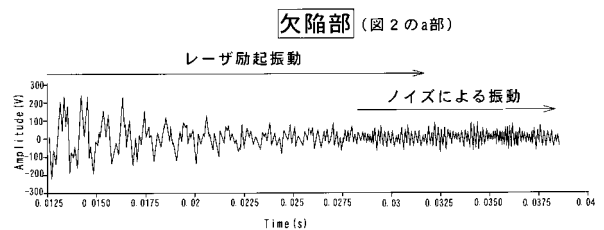
【 図 3 】



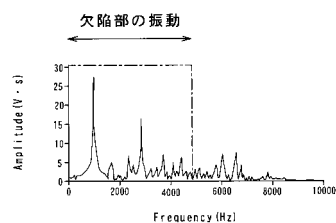
【 図 2 】



【 図 4 】



【 図 5 】

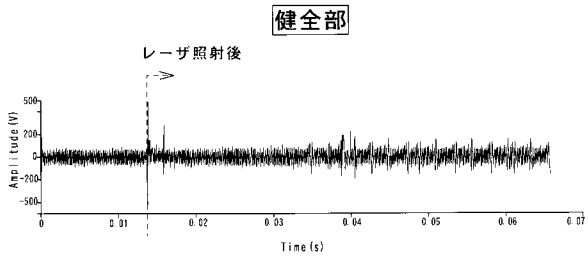


10

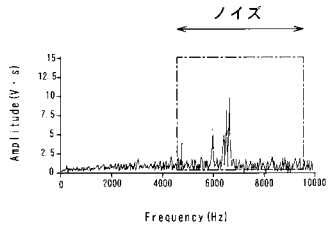
20



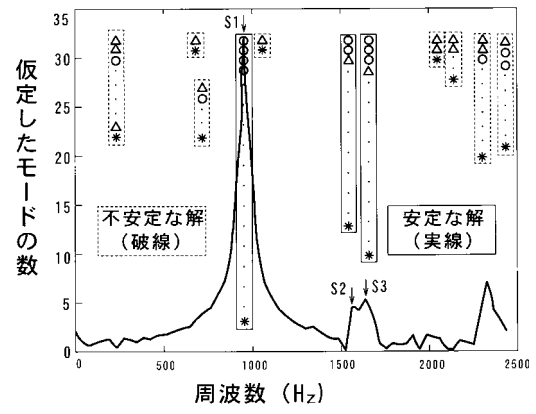
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 御 崎 哲一

大阪府大阪市北区芝田二丁目4番24号 西日本旅客鉄道株式会社内

(72)発明者 曾我 寿孝

大阪府大阪市北区芝田二丁目4番24号 西日本旅客鉄道株式会社内

(72)発明者 高山 宜久

大阪府大阪市北区芝田二丁目4番24号 西日本旅客鉄道株式会社内

(72)発明者 保田 尚俊

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) 2G047 AA06 AA08 AA10 BC03 BC07 CA03 CA04 CA07 EA10 GD01

GG12 GG33

2G059 AA05 BB08 EE02 EE09 GG01 JJ22 MM01