

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6666207号
(P6666207)

(45) 発行日 令和2年3月13日(2020.3.13)

(24) 登録日 令和2年2月25日(2020.2.25)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 C 7/04 (2006.01)	GO 1 C 7/04
GO 1 B 21/00 (2006.01)	GO 1 B 21/00 T
GO 1 B 11/30 (2006.01)	GO 1 B 11/30 W

請求項の数 10 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-132367 (P2016-132367)	(73) 特許権者	505398941
(22) 出願日	平成28年7月4日(2016.7.4)		東日本高速道路株式会社
(65) 公開番号	特開2018-4469 (P2018-4469A)		東京都千代田区霞が関三丁目3番2号
(43) 公開日	平成30年1月11日(2018.1.11)	(73) 特許権者	505398952
審査請求日	平成30年11月26日(2018.11.26)		中日本高速道路株式会社
			愛知県名古屋市中区錦二丁目18番19号
		(73) 特許権者	505398963
			西日本高速道路株式会社
			大阪府大阪市北区堂島一丁目6番20号
		(73) 特許権者	507194017
			株式会社高速道路総合技術研究所
			東京都町田市忠生一丁目4番地1
		(73) 特許権者	591280197
			株式会社構造計画研究所
			東京都中野区本町4丁目38番13号
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 構造体変状検知システム、構造体変状検知方法、及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車体と、該車体の進行方向に沿った前後位置関係で離間配置された少なくとも2組の車輪対を備えた車両と、

前記2組の車輪対に係わる各車輪の車軸の振動を検知する車軸振動センサと、

最前部の前記車輪対の車軸の前方に相当する前記車体の車体前部、前後の各車輪対の車軸間に相当する前記車体の車体中間部、及び最後部の前記車輪対の車軸の後方に相当する前記車体の車体後部のうちの何れか二箇所において前記進行方向に沿った直線状に配置されて路面の変位を検知する少なくとも2つの変位検知センサと、

前記路面上を前記車両が通過する際に、前記車軸振動センサ、及び前記変位検知センサにより夫々検知された振動データ、及び変位データを記憶する記憶手段と、

前記記憶手段から取得した前記振動データ、及び前記変位データに基づいて前記路面の非平坦部に係る平坦性及び段差量を算出する制御手段と、を備え、

前記変位検知センサは、前記車体前部、又は前記車体中間部に配置されて第1変位データを検知する第1変位検知センサと、前記車体中間部、又は前記車体後部に配置されて第2変位データを検知する第2変位検知センサと、を備え、

前記制御手段は、前記記憶手段から前記第1変位データ及び前記第2変位データを取得し、前記第1変位データと前記第2変位データとに挟まれた検知範囲に存在する車軸振動センサに係るデータを前記非平坦部に係る振動データとして特定し、特定された特定データに基づいて前記非平坦部に係る平坦性及び段差量を算出することを特徴とする構造体変

10

20

状検知システム。

【請求項 2】

前記制御手段は、前記記憶手段から前記第 1 変位データ及び前記第 2 変位データを取得し、前記第 1 変位データを時間軸に対して所定量ずらしながら前記第 2 変位データとの差の二乗平方根和を算出し、該差の二乗平方根和が最小になった場合に係るずらし時間に基づいて前記車両の速度を推定することを特徴とする請求項 1 に記載の構造体変状検知システム。

【請求項 3】

前記制御手段は、前記記憶手段からの複数の前記変位検知センサに係る変位データ及び前記車軸振動センサに係る振動データに基づいて、等間隔の 3 点の測定値 X_1 、 X_2 、 X_3 を抽出することにより当該 3 点の測定値に係わる区間の路面における平坦性を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の構造体変状検知システム。 10

【請求項 4】

前記制御手段は、前記複数の変位検知センサ及び前記車軸振動センサに係るデータから所定の移動距離内での鉛直方向の最大距離 D を算出することにより当該区間の路面における段差量を求めることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の構造体変状検知システム。

【請求項 5】

前記制御手段は、前記記憶手段から前記第 1 変位データ及び前記第 2 変位データを取得し、前記第 1 変位データから前記非平坦部の変位が発生した第 1 時刻を特定し、前記第 2 変位データから前記非平坦部の変位が発生した第 2 時刻を特定し、前記第 1 時刻と前記第 2 時刻との間に存在する前記振動データを前記非平坦部の振動を表すデータであると判断することを特徴とする請求項 2 に記載の構造体変状検知システム。 20

【請求項 6】

前記制御手段は、前記特定された前記非平坦部に係る前記振動データを取得する取得手段と、

前記振動データを高速フーリエ変換する高速フーリエ変換手段と、

前記高速フーリエ変換手段により生成されたレベルデータのうち、所定の周波数帯域の第 1 レベルデータを抽出する抽出手段と、を備え、

前記非平坦部に係る健全時の前記所定の周波数帯域の第 2 レベルデータと前記第 1 レベルデータとを比較して変化率を計算し、該変化率の傾向が特定の傾向を示した場合に前記非平坦部が損傷していることと判定することを特徴とする請求項 1 に記載の構造体変状検知システム。 30

【請求項 7】

位置情報を取得する位置情報計測手段を更に備え、

前記制御手段は、前記位置情報計測手段により取得された位置情報が、予め設定した前記路面に係わる構造体の位置情報に接近した場合、前記記憶手段の記憶動作を開始することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の構造体変状検知システム。

【請求項 8】

前記車軸振動センサは速度の変化を計測する加速度センサであり、前記変位検知センサは物体がある位置から他の位置へ移動したときにその移動量を測定するレーザ変位計であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の構造体変状検知システム。 40

【請求項 9】

車体と、該車体の進行方向に沿った前後位置関係で離間配置された少なくとも 2 組の車輪対を備えた車両と、

前記 2 組の車輪対に係わる各車輪の車軸の振動を検知する車軸振動センサと、

最前部の前記車輪対の車軸の前方に相当する前記車体の車体前部、前後の各車輪対の車軸間に相当する前記車体の車体中間部、及び最後部の前記車輪対の車軸の後方に相当する前記車体の車体後部のうちの何れか二箇所において前記進行方向に沿った直線状に配置されて路面の変位を検知する少なくとも 2 つの変位検知センサと、

前記路面上を前記車両が通過する際に、前記車軸振動センサ、及び前記変位検知センサ 50

により夫々検知された振動データ、及び変位データを記憶する記憶手段と、

前記記憶手段から取得した前記振動データ、及び前記変位データに基づいて前記路面の非平坦部に係る平坦性及び段差量を算出する制御手段と、

前記変位検知センサは、前記車体前部、又は前記車体中間部に配置されて第1変位データを検知する第1変位検知センサと、前記車体中間部、又は前記車体後部に配置されて第2変位データを検知する第2変位検知センサと、を備えた構造体変状検知方法であって、

前記制御手段が、前記記憶手段から前記第1変位データ及び前記第2変位データを取得する取得ステップと、前記第1変位データと前記第2変位データとに挟まれた検知範囲に存在する車軸振動センサに係るデータを前記非平坦部に係る振動データとして特定する特定ステップと、特定された特定データに基づいて前記非平坦部に係る平坦性及び段差量を算出する算出ステップと、を実行することを特徴とする構造体変状検知方法。 10

【請求項10】

請求項9に記載された構造体変状検知方法における各ステップをプロセッサに実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、構造体変状検知システム、構造体変状検知方法、及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、路面等の平坦性を測定するために、車両に搭載された加速度計やGPSレシーバによりデータを収集して、PCにより路面の平坦性を演算する路面平坦性測定装置が知られている。

このような路面平坦性測定装置においては、GPSレシーバにより試験車の走行速度を測定していた。

【0003】

このような従来の構造体変状検知システムの一例として、特許文献1が知られている。

特許文献1には、より精度の高い測定を可能にする路面平坦性測定装置を提供する目的を有しており、IRI（国際ラフネス指数）算出において、予め定められた測定区間長内で試験車の走行速度が変化してもそれに対応することを容易にすると共に、時々刻々の速度変化毎に速度補正ができるようにして、より精度の良い測定を可能にする技術が開示されている。 30

詳しくは、試験車が、サスペンションの減衰定数が周波数に依存して変化するような非線形特性を有するものであっても、より精度の高い測定を可能にする路面平坦性測定装置を提供することができる。このため、構成が簡略化されると共に、IRI算出において、予め定められた測定区間長内で試験車の走行速度が変化してもそれに対応することが可能となり、且つ時々刻々の速度変化毎に速度補正を行うことも可能となるので、より精度の高い平坦性の測定を可能にすることができるという利点を有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2010-66040公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1にあっては、試験車の走行速度を測定するためにGPSレシーバが受信した位置情報を使用しているため、測定精度はGPSレシーバが取得した位置情報の精度に制約されてしまい、精度の高い測定ができないといった問題があった。

ところで、道路橋の橋桁間の遊間（隙間）をつなぎ、橋桁の温度変化による伸縮や地震の揺れに追従させるための伸縮装置として、ジョイント部が設置されている。 50

そこで、ジョイント部のような非平坦部の段差等の変状を高精度で、且つ高速走行に対応した変状検知システムの開発が切望されていた。

本発明は、上記に鑑みてなされたもので、その目的としては、高速走行する試験車により測定した場合でも、非平坦部の位置と段差量を高精度で、且つ効率的に測定できることにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

請求項1記載の発明は、上記課題を解決するため、車体と、該車体の進行方向に沿った前後位置関係で離間配置された少なくとも2組の車輪対を備えた車両と、前記2組の車輪対に係わる各車輪の車軸の振動を検知する車軸振動センサと、最前部の前記車輪対の車軸の前方に相当する前記車体の車体前部、前後の各車輪対の車軸間に相当する前記車体の車体中間部、及び最後部の前記車輪対の車軸の後方に相当する前記車体の車体後部のうちの何れか二箇所において前記進行方向に沿った直線状に配置されて路面の変位を検知する少なくとも2つの変位検知センサと、前記路面上を前記車両が通過する際に、前記車軸振動センサ、及び前記変位検知センサにより夫々検知された振動データ、及び変位データを記憶する記憶手段と、前記記憶手段から取得した前記振動データ、及び前記変位データに基づいて前記路面の非平坦部に係る平坦性及び段差量を算出する制御手段と、を備え、前記変位検知センサは、前記車体前部、又は前記車体中間部に配置されて第1変位データを検知する第1変位検知センサと、前記車体中間部、又は前記車体後部に配置されて第2変位データを検知する第2変位検知センサと、を備え、前記制御手段は、前記記憶手段から前記第1変位データ及び前記第2変位データを取得し、前記第1変位データと前記第2変位データとに挟まれた検知範囲に存在する車軸振動センサに係るデータを前記非平坦部に係る振動データとして特定し、特定された特定データに基づいて前記非平坦部に係る平坦性及び段差量を算出することを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、高速走行する試験車により測定した場合でも、非平坦部の位置と段差量を高精度で、且つ効率的に測定できることにある。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の第1実施形態に係る構造体変状検知システムのブロック図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る構造体変状検知システムの機器構成を示す図である。

【図3】本発明の第1実施形態に係る構造体変状検知システムの動作を説明するための概略構成とその時の各センサの波形を示すグラフ図であり、(a)は車両と各センサの配置を示す図であり、(b)は車両がジョイント部27を通過する直前の図であり、(c)はその時の各波形を示すグラフ図であり、(d)は前方のレーザ変位センサがジョイント部27を検知したことを示す図であり、(e)はその時の各センサの波形を示すグラフ図であり、(f)は後方のレーザ変位センサがジョイント部27を検知したことを示す図であり、(g)はその時の各センサの波形を示すグラフ図である。

【図4】本発明の第1実施形態に係る構造体変状検知システムにおいて、ジョイント部27の振動データ位置を特定する動作を説明するための図であり、(a)は車両と各センサの位置関係を示す図であり、(b)はその時の各センサの波形を示すグラフ図である。

【図5】(a)は走行時の計測によって得られた車両側の振動データの抽出方法と分析方法を説明するための図であり、(b)は健全時と損傷時におけるFFT処理後の比較データを示すグラフ図であり、(c)は健全時に対する損傷時のスペクトル変化率を示すグラフ図である。

【図6】ジョイント部27の損傷判定を説明するためのフローチャートである。

【図7】本発明の構造体変状検知システムによるジョイント部27の段差量及び平坦性の評価を説明するためのサブルーチンのフローチャートである。

【図 8】(a) は図 7 の速度推定のサブルーチン動作を説明するためのフローチャートであり、(b) は車両の前後に配置したレーザ変位計に係るデータの差の二乗平方根和を算出する方法を説明するグラフ図であり、(c) は差の二乗平方根和から速度を推定する方法を説明するグラフ図である。

【図 9】(a) は平坦性算定方法の概要を示すグラフ図であり、(b) は平坦性の算出を説明するためのフローチャートであり、(c) 段差量の算出を説明するためのフローチャートである。

【図 10】(a) は段差量算定方法の概要を示すグラフ図であり、(b) はジョイント部 27 の段差量を説明するための図である。

【図 11】本発明の第 2 実施形態に係る構造体変状検知システムにおいて、ジョイント部 27 に係る振動データ位置を特定する動作を説明するための図であり、(a) は車両と各センサの位置関係を示す図であり、(b) はその時の各センサの波形を示すグラフ図である。

【図 12】本発明の第 3 実施形態に係る構造体変状検知システムにおいて、ジョイント部 27 に係る振動データ位置を特定する動作を説明するための図であり、(a) は車両と各センサの位置関係を示す図であり、(b) はその時の各センサの波形を示すグラフ図である。

【図 13】本発明の第 4 実施形態に係る構造体変状検知システムにおいて、ジョイント部 27 に係る振動データ位置を特定する動作を説明するための図であり、(a) は車両と各センサの位置関係を示す図であり、(b) はその時の各センサの波形を示すグラフ図である。

【図 14】本発明の第 5 実施形態に係る構造体変状検知システムにおいて、ジョイント部 27 に係る振動データ位置を特定する動作を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明を図面に示した実施の形態により詳細に説明する。

< 構造体変状検知システムの全体構成 >

本発明は、高速走行する試験車により測定した場合でも、非平坦部の位置と段差量を高精度で、且つ効率的に測定するために、以下の構成を有する。

すなわち、本発明の構造体変状検知システムは、車体と、車体の進行方向に沿った前後位置関係で離間配置された少なくとも 2 組の車輪対を備えた車両と、各車輪の車軸の振動を検知する車軸振動センサと、最前部の車輪対の車軸の前方に相当する車体前部、前後の各車輪対の車軸間に相当する車体中間部、及び最後部の車輪対の車軸の後方に相当する車体後部のうちの何れか二箇所において移動方向に沿った直線状に配置されて路面の変位を検知する少なくとも 2 つの変位検知センサと、路面上を車両が通過する際に、車軸振動センサ、及び変位検知センサにより夫々検知された振動データ、及び変位データを記憶する記憶手段と、記憶手段から取得した振動データ、及び変位データに基づいて路面の非平坦部に係る平坦性及び段差量を算出する制御手段と、を備え、制御手段は、非平坦部を検知した変位データに基づいて当該車両の速度を推定することにより非平坦部に係る振動データを特定し、特定データに基づいて非平坦部に係る平坦性及び段差量を算出することを特徴とする。

以上の構成を備えることにより、高速走行する試験車により測定した場合でも、非平坦部の位置と段差量を高精度で、且つ効率的に測定できる。

上記の本発明の特徴に関して、以下、図面を用いて詳細に説明する。

【0010】

< 第 1 実施形態 >

< 構造体変状検知システム >

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る構造体変状検知システムのブロック図である。

構造体変状検知システム 20 は、加速度センサ 2a、2b、レーザ変位計 4a、4b、4A、4B、GPS レシーバ 6、外部メモリ 8、データロガー 10a、10b、PC 12

等を搭載している。

この構造体変状検知システム 20 においては、車両 24 の進行方向 Z に対して左側に加速度センサ 2 a、レーザ変位計 4 a、4 b を備え、右側に加速度センサ 2 b、レーザ変位計 4 A、4 B を備えている。また、データロガー 10 a は左側の加速度センサ 2 a、レーザ変位計 4 a、4 b のアナログ信号をデジタル信号に変換する機能を有し、データロガー 10 b は右側の加速度センサ 2 b、レーザ変位計 4 A、4 B のアナログ信号をデジタル信号に変換する機能を有する。

上述したデータロガー 10 a、10 b は、加速度センサ 2 a、2 b が出力したアナログ信号を例えば 10 kHz のサンプリングクロックによりサンプリングして時系列のデジタル信号に変換して PC 12 に出力し、外部メモリに記憶させる。また、データロガー 10 a、10 b は、レーザ変位計 4 a、4 b、4 A、4 B が出力したアナログ信号を例えば 3000 Hz のサンプリングクロックによりサンプリングして時系列のデジタル信号に変換して PC 12 に出力し、外部メモリに記憶させる。

また、位置情報を取得する GPS レシーバ 6 を更に備え、PC 12 は、GPS レシーバにより取得された位置情報が、予め設定した被測定ジョイント部 27 の位置情報に接近した場合、外部メモリ 8 の記憶動作を開始する。これにより、予め設定した被測定ジョイント部 27 に係る振動データを特定して記憶するので、外部メモリ 8 の記憶容量を節約することができると共に、自動的に記憶動作を開始することができる。

上述した GPS レシーバ 6 は、例えば 5 Hz のサンプリングクロックによりサンプリングされた時系列の位置情報を出力する。

また、PC 12 は、内部に ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、CPU (Central Processing Unit)、HDD (Hard Disk Drive) を有し、HDD からオペレーティングシステム OS を読み出して RAM 上に展開して OS を起動し、OS 管理下において、HDD からプログラム (後述する各種フローチャートで示されるプログラム) を読み出し、各種処理を実行する。

なお、本実施形態では、道路橋の橋桁間の遊間 (隙間) をつなぎ、橋桁の温度変化による伸縮や地震の揺れに追従させるための伸縮装置であるジョイント部 27 を非平坦部として想定しているが、非平坦部は道路面から下方向に段差を有する凹所であればよく、この場合でもレーザ変位計を用いてその変位量を測定することが可能になる。

【0011】

< 構造体変状検知システムの機器構成 >

図 2 は、本発明の第 1 実施形態に係る構造体変状検知システムの機器構成を示す図である。

本実施形態では、構造体変状検知システムは、車体 16 と、この車体 16 の進行方向 Z に沿った前後位置関係で離間配置された 2 組の車輪対 18 a、18 c、及び 18 b、18 d を備えた車両 24 と、各車輪 18 a、18 c、及び 18 b、18 d の車軸 22 a、22 b の振動を検知する加速度センサ 2 a、2 b (車軸振動センサ) と、を備えている。

また、構造体変状検知システムは、最前部の車輪対 18 a、18 c の車軸 22 a の前方に相当する車体前部 17、前後の各車輪対 18 a、18 c、及び 18 b、18 d の車軸 22 a、22 b 間に相当する車体中間部 19、及び最後部の車輪対 18 b、18 d の車軸 22 b の後方に相当する車体後部 21 のうち、車体中間部 19 と車体後部 21 の二箇所において移動方向に沿った直線状に配置されて路面の変位を検知する 2 つのレーザ変位計 4 a、4 A 及び 4 b、4 B (変位検知センサ) と、を備えている。

【0012】

さらに、構造体変状検知システムは、路面上を車両 24 が通過する際に、加速度センサ 2 a、2 b、及びレーザ変位計 4 a、4 A 及び 4 b、4 B により夫々検知された振動データ、及び変位データを記憶する外部メモリ 8 (記憶手段) と、外部メモリ 8 から取得した振動データ、及び変位データに基づいて路面のジョイント部 27 (非平坦部) に係る平坦性及び段差量を算出する PC 12 (制御手段) と、を備えている。

PC 12 は、ジョイント部 27 を検知するための変位データに基づいて、当該車両 24

の速度を推定することによりジョイント部 27 に係る振動データを特定し、この特定データに基づいてジョイント部 27 に係る平坦性及び段差量を算出する。

なお、PC12 は、車両 16 が走行中には上述した振動データ及び変位データの収集に特化した処理を行い、収集後の振動データ及び変位データに対して、速度推定や平坦性及び段差量を算出する処理を行う。

【0013】

<動作説明>

図3は、本発明の第1実施形態に係る構造体変状検知システムの動作を説明するための概略構成とその時の各センサの波形を示すグラフ図であり、(a)は車両と各センサの配置を示す図であり、(b)は車両がジョイント部27を通過する直前の図であり、(c)はその時の各波形を示すグラフ図であり、(d)は前方のレーザ変位センサがジョイント部27を検知したことを示す図であり、(e)はその時の各センサの波形を示すグラフ図であり、(f)は後方のレーザ変位センサがジョイント部27を検知したことを示す図であり、(g)はその時の各センサの波形を示すグラフ図である。

10

図3では説明を簡略化するために、図3(a)に示すようにレーザ変位計をL1、L2、加速度センサをAとして説明する。この図では路面を25、路面25のジョイント部を27とし、同じ構成要件には同じ符号を付して説明する。

【0014】

図3(a)は、車両24が矢印の進行方向に進行したときにL1、L2がジョイント部27を検知しない場合を表している。

20

図3(b)は、車両24がジョイント部27を通過する直前の図であり、この時は各レーザ変位計L1、L2はジョイント部27を検知していないため、図3(c)に示す通り、各レーザ変位計L1、L2からは路面25の小さな変位のみを検知している波形信号が出力される。また、加速度センサAは路面の振動信号を出力する。これらの信号はデータロガー10a、10bにより上述したサンプリングクロックでA/D変換され、PC12によりタイムスタンプが付与され外部メモリ8に順次記憶される。

【0015】

図3(d)は、前方のレーザ変位計L1がジョイント部27を検知したことを示す図であり、図3(e)に示す通り、レーザ変位計L1からはジョイント部27の変位により信号Xが検知される。また、レーザ変位計L2は路面25の小さな変位のみを検知し、加速度センサAは路面の振動信号を出力する。

30

図3(f)は、後方のレーザ変位計L2がジョイント部27を検知したことを示す図であり、図3(g)に示す通り、この時はレーザ変位計L2からはジョイント部27の変位により信号Yが検知される。また、レーザ変位計L1は路面25の小さな変位のみを検知し、加速度センサAは路面の振動信号を出力する。

ここで、外部メモリ8に記憶された各データは、データ収集後に読み出されて分析される。一つの方法として第1実施形態では、レーザ変位計L1に係る変位データXとL2の変位データYに挟まれた検知範囲29に存在する加速度センサAに係るデータを路面25の変位データと特定して段差量及び平坦性が分析される。

【0016】

40

図4は、本発明の第1実施形態に係る構造体変状検知システムにおいて、ジョイント部27の振動データ位置を特定する動作を説明するための図であり、(a)は車両と各センサの位置関係を示す図であり、(b)はその時の各センサの波形を示すグラフ図である。

本発明の第1実施形態に係る構造体変状検知システムは、図4(a)に示す通り、2つのレーザ変位計L1、L2は、車両24の進行方向Zの前方に配置され第1変位信号を検知する第1レーザ変位計L1と、レーザ変位計L1よりも進行方向Zの後方で、且つ車軸22bの後方に配置され第2変位信号を検知するレーザ変位計L2と、を備えている。

PC12は、図4(b)に示す通り、外部メモリ8から第1変位データ及び第2変位データを取得し、第1変位データからジョイント部27の変位Xが発生した第1時刻t1を特定し、第2変位データからジョイント部27の変位Yが発生した第2時刻t2を特定し

50

、第1時刻 t_1 と第2時刻 t_2 との間29に存在する振動データADをジョイント部27の振動を表すデータであると判断する。

【0017】

<ジョイント部が健全か否かを判定するシステム>

図5(a)は走行時の計測によって得られた車両側の振動データの抽出方法と分析方法を説明するための図であり、(b)は健全時と損傷時におけるFFT処理後の比較データを示すグラフ図であり、(c)は健全時に対する損傷時のスペクトル変化率を示すグラフ図である。

図5(a)に示すPC12は、外部メモリ8から第1変位データ(L1)及び第2変位データ(L2)を取得して車両24の速度を推定して、ジョイント部27に係る振動データを取得する取得回路(取得手段)36と、振動データ42を高速フーリエ変換するFFT(高速フーリエ変換手段)30と、FFT30により生成された周波数毎のレベルデータのうち、所定の周波数帯域の第1レベルデータを抽出する抽出回路(抽出手段)32と、全体を制御する制御部34と、を備えている。

PC12は、ジョイント部27に係る健全時の所定の周波数帯域の第2レベルデータ37と第1レベルデータ38とを比較して変化率を計算し、この変化率の傾向が特定の傾向を示した場合に、ジョイント部27が損傷していることと判定する(更に詳しい判定フローを図6に示す)。

【0018】

図5(b)は健全時と損傷時におけるFFT処理後の比較データを示す図である。PC12は、計測された振動データ42からジョイント部27の直上通過時の128データ(0.0128秒)分を抽出し、FFT処理の後、健全ジョイントの第2レベルデータ37、第1レベルデータ(損傷ジョイントデータ)38のそれぞれで平均を採って比較する。

ここで、図5(b)で示した傾向のうち、健全ジョイントの第2レベルデータ37では、特徴的なピークの確認が難しい。一方、第1レベルデータ38では損傷によって1600Hz(E点)付近の低減と、700Hz(C点)と1200Hz(D点)へ分散してピークが現れる傾向を示す。

図5(c)に健全時に対する損傷時のフーリエスペクトルの比(以下、変化率)を示した。変化率には1600Hz付近(H点)の低減と700Hz(F点)と1200Hz(G点)へ分散してピークが現れるという特定の傾向がより明確に現れている。

【0019】

<ジョイント損傷判定フロー>

図6は、ジョイント部の損傷判定を説明するためのフローチャートである。

まず、抽出回路32は、計測された振動データ42からジョイント部27の直上を通過した時の所定時間分を抽出する(S11)。

次に、FFT30は、抽出した振動データ42をFFT30によりFFT処理する(S13)。

次に、制御部34は、健全ジョイントと損傷ジョイント(被測定ジョイント)の平均値を比較する(図5(b)により第2レベルデータ37と第1レベルデータ38を周波数毎に比較する)(S15)。

次に、制御部34は、ステップS15により比較した結果から健全時に対する損傷時のフーリエスペクトルの比(変化率)を求める(図5(c))(S17)。

次に、制御部34は、ステップS17で求めた変化率の傾向が特定の傾向を持つか否かを判断して(S19)、特定の傾向を持てば(S19でNo)健全ジョイントであると判断し(S21)、特定の傾向を持たなければ(S19でYes)損傷ジョイントであると判断する(S23)。

ここで、図5(c)に示すように、特定の傾向として、健全時に対する損傷時のフーリエスペクトルの比(変化率)が、1400~1600Hz付近(H点)、700Hz付近(F点)、1200Hz付近(G点)が、ジョイント損傷の状況に応じて、変化している場合に、ジョイント部27に損傷があることと判断してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

< 段差量及び平坦性の評価フロー >

図 7 は、本発明の構造体変状検知システムによるジョイント部の段差量及び平坦性の評価を説明するためのサブルーチンのフローチャートである。

本発明の構造体変状検知システムにおいて、P C 1 2 は、大きく分けて 4 つのサブルーチンを実行する。即ち、サブルーチンは、速度の推定 (S 3 1)、振動データの特定 (S 3 3)、平坦性の算出 (S 3 5)、及び段差量の算出 (S 3 7) である。そして夫々のサブルーチンの詳細は後述する。

更に詳しくは、P C 1 2 は、ジョイント部 2 7 を検知した変位データに基づいて当該車両 2 4 の速度を推定する速度推定ステップ (S 3 1) と、この速度推定ステップ (S 3 1) によりジョイント部 2 7 に係る振動データを特定する振動データ特定ステップ (S 3 3) と、振動データ特定ステップ (S 3 3) により特定された特定データに基づいてジョイント部 2 7 に係る平坦性を算出する平坦性算出ステップ (S 3 5) と、特定データに基づいてジョイント部 2 7 に係る段差量を算出する段差量算出ステップ (S 3 7) とを実行する。

【 0 0 2 1 】

< 速度の推定フロー >

図 8 (a) は図 7 の速度推定のサブルーチン動作を説明するためのフローチャートであり、(b) は車両の前後に配置したレーザ変位計に係るデータの差の二乗平方根和を算出する方法を説明するグラフ図であり、(c) は差の二乗平方根和から速度を推定する方法を説明するグラフ図である。ここでは、図 2 に示した車両 2 4 を参照して説明する。

まず、P C 1 2 は、車両 2 4 の進行方向 Z に対して車軸 2 2 b の前方に配置したレーザ変位計 4 A (4 a) に係る変位データと、車軸 2 2 b の後方に配置したレーザ変位計 4 B (4 b) に係る変位データとを取得する (S 5 1)。

【 0 0 2 2 】

次に、P C 1 2 は、図 8 (b) に示すように、前方のレーザ変位計 4 A (4 a) に係るデータ値を 0 . 0 0 0 1 秒ずつずらしながら、後方のレーザ変位計 4 B (4 b) との差の二乗平方根和を算出する (S 5 3)。算出の方法は (式 1) に基づいて行う。尚、図 8 (b) は横軸に時間 (s) を表し、縦軸に変位データから読み取られた距離 d (m m) を表す。

【 0 0 2 3 】

【数 1】

$$f(t) = \sum_{n=1}^N \sqrt{(d_3(n) - d_5(n+t))^2}$$

(式1)

【 0 0 2 4 】

詳しくは、P C 1 2 は、ずらし時間 t、計測データ配列変数 n、比較データ個数 N、前方のレーザ変位計に係る変位データから読み取られた距離 d 1、後方のレーザ変位計に係る変位データから読み取られた距離 d 2 に基づいて、(式 1) に従って差の二乗平方根和 F (t) を算出する。

【 0 0 2 5 】

次に、P C 1 2 は、ずらし時間 t に対応する差の二乗平方根和を内部 R A M に記憶する (S 5 5)。

次に、P C 1 2 は、図 8 (c) に示すように差の二乗平方根和が最小になったずらし時間 t を検出する (S 5 7)。尚、図 8 (c) の横軸にずらし時間 t を表し、縦軸に差の二乗平方根和 f (t) を表す。

次に、P C 1 2 は、検出したずらし時間 t に基づいて速度を推定する (S 5 9)。例えば、レーザ変位計 4 A (4 a) とレーザ変位計 4 B (4 b) の間隔を 0 . 7 m とした場合

、秒速 19.83 m となり時速で 71.39 km と推測できる。

【0026】

即ち、図 2 を参照して説明する。レーザ変位計は、車体前部 17、又は車体中間部 19（本実施形態では車体中間部 19）に配置されて第 1 変位データを検知するレーザ変位計 4A（4a）と、車体中間部 19、又は車体後部 21 に配置されて第 2 変位データを検知するレーザ変位計 4B（4b）と、を備えている。

PC12 は、外部メモリ 8 から第 1 変位データ及び第 2 変位データを取得し、第 1 変位データを時間軸に対して所定量ずつずらしながら第 2 変位データとの差の二乗平方根和 $f(t)$ を算出し、この差の二乗平方根和 $f(t)$ が最小になった場合（相関性が最も高い場合）に係るずらし時間 t に基づいて車両 24 の速度を推定するものである。

10

【0027】

< 平坦性の算出フロー >

図 9（a）は平坦性算定方法の概要を示すグラフ図であり、（b）は平坦性の算出を説明するためのフローチャートであり、（c）段差量の算出を説明するためのフローチャートである。

PC12 は、外部メモリ 8 から取得した複数のレーザ変位計に係る変位データ及び加速度センサに係る振動データに基づいて、等間隔（ここでは 15 m 間隔）の 3 点の測定値 X_1 、 X_2 、 X_3 を抽出することにより、（式 2）に従って当該区間の路面における平坦性を算出する。

即ち、図 9（b）を参照して説明する。まず、PC12 は、プロファイルと加速度センサに係るデータから、等間隔の 3 点の測定値 X_1 、 X_2 、 X_3 を抽出する（S71）。

20

【0028】

次に、PC12 は、当該区間の平坦性 σ を式 2 より計算する（S73）。

【0029】

【数 2】

$$d = \frac{X_1 + X_2}{2} - X_2$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}} \quad (\text{式2})$$

【0030】

詳しくは、PC12 は 3 点の距離 d 、計測データ配列変数 n に基づいて、（式 2）に従って平坦性 σ を算出する。

【0031】

< 段差量の算出フロー >

図 10（a）は段差量算定方法の概要を示すグラフ図であり、（b）はジョイント部 27 の段差量を説明するための図である。

40

まず、PC12 は、プロファイルと加速度センサ 2 に係るデータから図 10（b）で示す 2 m 間（W1）での位置 D を計算する（S81）。

次に、PC12 は、位置 D を作成する（S83）。

次に、PC12 は、最大値を当該区間（W1）の段差とする（S85）。

【0032】

次に、PC12 は、プロファイルと加速度センサ 2 に係るデータに基づいて、図 10（b）に示す 15 m 間（W2）での位置 D を計算する（S87）。

次に、PC12 は、位置 D を作成する（S89）。

次に、PC12 は、最大値を当該区間（W1）の段差とする（S91）。

50

このように P C 1 2 は、複数のレーザ変位計及び加速度センサに係る測定データに基づいて、所定の移動距離内での鉛直方向の最大距離 D を算出することにより当該区間の路面における段差量を求める。

これにより、高速走行する試験車により測定した場合でも、ジョイント部 2 7 の段差量を高精度で、且つ効率的に測定することができる。

【 0 0 3 3 】

< 第 2 実施形態 >

図 1 1 は、本発明の第 2 実施形態に係る構造体変状検知システムにおいて、ジョイント部 2 7 に係る振動データ位置を特定する動作を説明するための図であり、(a) は車両と各センサの位置関係を示す図であり、(b) はその時の各センサの波形を示すグラフ図である。 10

本発明の第 2 実施形態に係る構造体変状検知システムは、図 1 1 (a) に示す通り、第 1 の実施形態に係る構造体変状検知システムと異なり、前後の車軸 2 2 a、2 2 b に夫々加速度センサ B、A を備え、2 つのレーザ変位計 L 1、L 2 を、加速度センサ B を備えた車軸 2 2 a の前後に備えていることを特徴点とする。

図 1 1 (b) に示す通り、この構成では加速度センサ B によりジョイント部 2 7 の振動データを特定する場合は、レーザ変位計 L 1、L 2 によりジョイント部 2 7 の変位が検知された範囲 W 3 の加速度センサ B に係る振動データをジョイント部 2 7 に係るデータとして特定することができる。

【 0 0 3 4 】

また、加速度センサ A によりジョイント部 2 7 に係るデータを特定する場合は、図 1 1 (b) に示す通り、レーザ変位計 L 1、L 2 によりジョイント部 2 7 の変位が検知されたデータに基づいて、図 8 で説明した方法により車両 2 4 の速度を推定して、例えばレーザ変位計 L 1 又は L 2 と加速度センサ A の距離 W 4 は予め分かっているので、車両 2 4 の速度から加速度センサ A に係る振動データがジョイント部 2 7 の直上に来る時間を割り出し、その時間軸のデータをジョイント部 2 7 に係るデータと特定することができる。

これにより、同じジョイント部 2 7 に係る振動データを加速度センサ A、B により取得することができるため、例えば加速度センサ A、B に係るデータを比較して一致性があった場合に正式なデータと見做すことにより、データの信頼性を高めることができる。また、どちらかの加速度センサが故障した場合でも、故障していない他方の加速度センサに係るデータを採用することにより、再測定の必要がなくなり測定の効率を高めることができる。 30

【 0 0 3 5 】

< 第 3 実施形態 >

図 1 2 は、本発明の第 3 実施形態に係る構造体変状検知システムにおいて、ジョイント部 2 7 に係る振動データの位置を特定する動作を説明するための図であり、(a) は車両と各センサの位置関係を示す図であり、(b) はその時の各センサの波形を示すグラフ図である。

本発明の第 3 実施形態に係る構造体変状検知システムは、図 1 2 (a) に示す通り、第 1 の実施形態に係る構造体変状検知システムと異なり、前後の車軸 2 2 a、2 2 b に夫々加速度センサ B、A を備え、2 つのレーザ変位計 L 1、L 2 を、加速度センサ B を備えた車軸 2 2 a と加速度センサ A を備えた車軸 2 2 b との間に備えていることを特徴点とする。 40

【 0 0 3 6 】

図 1 1 (b) に示す通り、この構成では加速度センサ A によりジョイント部 2 7 に係る振動データを特定する場合は、レーザ変位計 L 1、L 2 によりジョイント部 2 7 の変位が検知されたデータ間隔 (W 5) に基づいて、図 8 で説明した方法により車両 2 4 の速度を推定して、例えばレーザ変位計 L 2 と加速度センサ A の距離 (W 6) は予め分かっているので、車両 2 4 の速度から加速度センサ A に係る振動データがジョイント部 2 7 の直上に来る時間を割り出し、その時間軸のデータをジョイント部 2 7 に係るデータと特定するこ 50

とができる。

【 0 0 3 7 】

また、加速度センサ B に係るデータによりジョイント部 2 7 に係るデータを特定する場合は、レーザ変位計 L 1、L 2 によりジョイント部 2 7 の変位が検知されたデータ間隔 (W 5) に基づいて、図 8 で説明した方法により車両 2 4 の速度を推定して、例えばレーザ変位計 L 1 又は L 2 と加速度センサ B の距離 (W 7) は予め分かっているので、車両 2 4 の速度から加速度センサ B に係る振動データがジョイント部 2 7 の直上に来る時間を割り出し、その時間軸のデータをジョイント部 2 7 に係るデータと特定することができる。

これにより、同じジョイント部 2 7 の振動データを加速度センサ A、B により取得することができるため、例えば加速度センサ A、B に係るデータを比較して一致性があった場合に正式なデータと見做すことにより、データの信頼性を高めることができる。また、どちらかの加速度センサが故障した場合でも、故障していない他方の加速度センサに係るデータを採用することにより、再測定の必要がなくなり測定の効率を高めることができる。

【 0 0 3 8 】

< 第 4 実施形態 >

図 1 3 は、本発明の第 4 実施形態に係る構造体変状検知システムにおいて、ジョイント部 2 7 に係る振動データ位置を特定する動作を説明するための図であり、(a) は車両と各センサの位置関係を示す図であり、(b) はその時の各センサの波形信号を示すグラフ図である。

本発明の第 4 実施形態に係る構造体変状検知システムは、図 1 3 (a) に示す通り、第 1 の実施形態に係る構造体変状検知システムと異なり、前後の車軸 2 2 a、2 2 b に夫々加速度センサ B、A を備え、レーザ変位計 L 1 を車軸 2 2 a の前方に備え、レーザ変位計 L 2 を車軸 2 2 b の後方に備えていることを特徴点とする。

この構成では、加速度センサ B に係るデータによりジョイント部 2 7 に係る振動データを特定する場合は、レーザ変位計 L 1、L 2 によりジョイント部 2 7 の変位が検知された範囲 (W 8) の加速度センサ B に係る振動データをジョイント部 2 7 に係るデータとして特定することができる。

【 0 0 3 9 】

また、加速度センサ A に係るデータによりジョイント部 2 7 に係る振動データを特定する場合も同様にして、レーザ変位計 L 1、L 2 によりジョイント部 2 7 の変位が検知された範囲 (W 8) の加速度センサ A に係る振動データをジョイント部 2 7 に係るデータとして特定することができる。

また他の方法として、加速度センサ B に係るデータによりジョイント部 2 7 に係る振動データを特定する場合は、レーザ変位計 L 1、L 2 によりジョイント部 2 7 の変位が検知されたデータに基づいて、図 8 で説明した方法により車両 2 4 の速度を推定して、例えばレーザ変位計 L 1 又は L 2 と加速度センサ B の距離は予め分かっているので、車両 2 4 の速度から加速度センサ B に係る振動データがジョイント部 2 7 の直上に来る時間を割り出し、その時間軸のデータをジョイント部 2 7 に係るデータと特定することができる。

【 0 0 4 0 】

また、加速度センサ A に係るデータによりジョイント部 2 7 に係るデータを特定する場合も、レーザ変位計 L 1、L 2 によりジョイント部 2 7 の変位が検知されたデータに基づいて、図 8 で説明した方法により車両 2 4 の速度を推定して、例えばレーザ変位計 L 1 又は L 2 と加速度センサ A の距離は予め分かっているので、車両 2 4 の速度から加速度センサ A に係る振動データがジョイント部 2 7 の直上に来る時間を割り出し、その時間軸のデータをジョイント部 2 7 に係るデータと特定することができる。

これにより、同じジョイント部 2 7 に係る振動データを加速度センサ A と B により取得することができるため、例えば加速度センサ A、B に係るデータを比較して一致性があった場合に正式なデータと見做すことにより、データの信頼性を高めることができる。また、どちらかの加速度センサが故障した場合でも、故障していない他方の加速度センサに係るデータを採用することにより、再測定の必要がなくなり測定の効率を高めることができ

る。

【 0 0 4 1 】

< 第 5 実施形態 >

図 1 4 は、本発明の第 5 実施形態に係る構造体変状検知システムにおいて、ジョイント部の振動データ位置を特定する動作を説明するための図である。

本発明の第 5 実施形態に係る構造体変状検知システムは、車輪対を 3 つ備えた大型車両、例えばバスやトラックに本発明を採用した場合である。

第 5 実施形態に係る構造体変状検知システムは、第 1 の実施形態に係る構造体変状検知システムと異なり、最後部の車軸 2 2 b に加速度センサ A を備え、2 つのレーザ変位計 L 1、L 2 を、車輪対 1 8 A と 1 8 B の間に備えていることを特徴点とする。

10

この構成では、加速度センサ A に係るデータによりジョイント部 2 7 に係る振動データを特定する場合は、レーザ変位計 L 1、L 2 によりジョイント部 2 7 の変位が検知されたデータに基づいて、図 8 で説明した方法により車両 2 4 a の速度を推定して、例えばレーザ変位計 L 1 又は L 2 と加速度センサ A の距離は予め分かっているので、車両 2 4 a の速度から加速度センサ A に係る振動データがジョイント部 2 7 の直上に来る時間を割り出し、その時間軸のデータをジョイント部 2 7 に係るデータと特定することができる。

これにより、車軸が 3 つの車長が長い大型車でも、第 1 実施形態～第 4 実施形態と同じように、レーザ変位計に係るデータに基づいて加速度データを測定することができる。尚、図 1 4 では加速度センサを車軸 2 2 b の 1 か所に備えた場合について説明したが、他の車軸に複数備えても構わない。

20

【 0 0 4 2 】

< 本発明の実施態様例の構成、作用、効果 >

< 第 1 態様 >

本態様の構造体変状検知システム 2 0 は、車体 1 6 と、この車体 1 6 の進行方向 Z に沿った前後位置関係で離間配置された少なくとも 2 組の車輪対 1 8 a、1 8 b を備えた車両 2 4 と、各車輪 1 8 a～1 8 d の車軸 2 2 a、2 2 b の振動を検知する加速度センサ 2 a、2 b と、最前部の車輪対 1 8 a、1 8 b の車軸 2 2 a の前方に相当する車体前部 1 7、前後の各車輪対の車軸間に相当する車体中間部 1 9、及び最後部の車輪対の車軸の後方に相当する車体後部 2 1 のうち何れか二箇所において移動方向 Z に沿った直線状に配置されて路面の変位を検知する少なくとも 2 つのレーザ変位計 4 A、4 B と、路面上を車両 2 4 が通過する際に、加速度センサ 2 a、2 b、及びレーザ変位計 4 A、4 B により夫々検知された振動データ、及び変位データを記憶する外部メモリ 8 と、外部メモリ 8 から取得した振動データ、及び変位データに基づいて路面のジョイント部 2 7 に係る平坦性及び段差量を算出する P C 1 2 と、を備え、P C 1 2 は、ジョイント部 2 7 を検知した変位データに基づいて当該車両 2 4 の速度を推定することによりジョイント部 2 7 に係る振動データを特定し、この特定データに基づいてジョイント部 2 7 に係る平坦性及び段差量を算出することを特徴とする。

30

本態様によれば、P C 1 2 は、ジョイント部 2 7 を検知した変位データに基づいて当該車両 2 4 の速度を推定することによりジョイント部 2 7 に係る振動データを特定し、この特定データに基づいてジョイント部 2 7 に係る平坦性及び段差量を算出する。

40

これにより、高速走行する試験車により測定した場合でも、ジョイント部の位置と段差量を高精度で、且つ効率的に測定することができる。

【 0 0 4 3 】

< 第 2 態様 >

本態様のレーザ変位計は、車体前部 1 7、又は車体中間部 1 9 に配置されて第 1 変位データを検知するレーザ変位計 4 A と、車体中間部 1 7、又は車体後部 2 1 に配置されて第 2 変位データを検知するレーザ変位計 4 B と、を備え、P C 1 2 は、外部メモリ 8 から第 1 変位データ及び第 2 変位データを取得し、第 1 変位データを時間軸 t に対して所定量ずらしながら第 2 変位データとの差の二乗平方根和を算出し、この差の二乗平方根和が最小になった場合に係るずらし時間に基づいて車両 2 4 の速度を推定することを特徴とする。

50

本態様によれば、短い離間距離に配置されたレーザ変位計 4 A と 4 B により検知された第 1 変位データと第 2 変位データの差の二乗平方根和に基づいて車両 2 4 の速度を推定するため、非常に高い精度で速度を推定することができる。

これにより、車両 2 4 がジョイント部 2 7 の直上にある時の振動データの位置を正確に特定することができる。

【 0 0 4 4 】

< 第 3 態様 >

本態様の P C 1 2 は、外部メモリ 8 から複数の変位検知センサに係る変位データ及び加速度センサに係る振動データに基づいて、等間隔の 3 点の測定値 X 1、X 2、X 3 を抽出することにより当該区間の路面における平坦性を算出することを特徴とする。

10

本態様によれば、等間隔の 3 点の測定値 X 1、X 2、X 3 に基づいて平坦性を算出するため、路面の平坦性を定量的に把握することができる。

【 0 0 4 5 】

< 第 4 態様 >

本態様の P C 1 2 は、複数のレーザ変位計及び加速度センサに係るデータから所定の移動距離内での鉛直方向の最大距離 D を算出することにより当該区間の路面における段差量を求めることを特徴とする。

本態様によれば、高速走行する試験車により測定した場合でも、ジョイント部 2 7 の段差量を高精度で、且つ効率的に測定することができる。

【 0 0 4 6 】

20

< 第 5 態様 >

本態様の P C 1 2 は、外部メモリ 8 から第 1 変位データ及び第 2 変位データを取得し、第 1 変位データからジョイント部 2 7 の変位が発生した第 1 時刻 t 1 を特定し、第 2 変位データからジョイント部 2 7 の変位が発生した第 2 時刻 t 2 を特定し、第 1 時刻 t 1 と第 2 時刻 t 2 との間に存在する振動データをジョイント部 2 7 の振動を表すデータであると判断することを特徴とする。

本態様によれば、第 1 時刻 t 1 と第 2 時刻 t 2 との間に存在する振動データをジョイント部 2 7 の振動を表すデータであると判断するので、簡単な構造で確実にジョイント部 2 7 直上の振動データを特定することができる。

【 0 0 4 7 】

30

< 第 6 態様 >

本態様の P C 1 2 は、外部メモリ 8 から第 1 変位データ及び第 2 変位データを取得して車両 2 4 の速度を推定して、ジョイント部 2 7 に係る振動データを取得する取得回路 3 6 と、振動データを高速フーリエ変換する F F T 3 0 と、F F T 3 0 により生成されたレベルデータのうち、所定の周波数帯域の第 1 レベルデータを抽出する抽出回路 3 2 と、を備え、ジョイント部 2 7 に係る健全時の所定の周波数帯域の第 2 レベルデータと第 1 レベルデータとを比較して変化率を計算し、この変化率の傾向が特定の傾向を示した場合にジョイント部 2 7 が損傷していることと判定することを特徴とする。

本態様によれば、健全なジョイント部 2 7 に係る振動データのスペクトルと被測定ジョイント部 2 7 に係る振動データのスペクトルとを比較して変化率を計算するので、健全データに対する損傷データの変化率が明確に判定できると共に、この変化率の傾向を明白に判断することができる。

40

【 0 0 4 8 】

< 第 7 態様 >

本態様の構造体変状検知システム 2 0 は、位置情報を取得する G P S レシーバ 6 を更に備え、P C 1 2 は、G P S レシーバ 6 により取得された位置情報が、予め設定した被測定ジョイント部 2 7 の位置情報に接近した場合、外部メモリ 8 の記憶動作を開始することを特徴とする。

本態様によれば、予め設定した被測定ジョイント部 2 7 に係る振動データを特定して記憶するので、外部メモリ 8 の記憶容量を節約できると共に、自動的に記憶動作

50

を開始することができる。

【 0 0 4 9 】

< 第 8 態様 >

本態様の車軸振動センサは、速度の変化を計測する加速度センサであり、変位検知センサは物体がある位置から他の位置へ移動したときにその移動量を測定するレーザ変位計であることを特徴とする。

本態様によれば、汎用の計測器を使用することができるので、システム構成が安価に構成できる。

【 0 0 5 0 】

< 第 9 態様 >

本態様の構造体変状検知方法は、車体 1 6 と、この車体 1 6 の進行方向 Z に沿った前後位置関係で離間配置された少なくとも 2 組の車輪対 1 8 a、1 8 b を備えた車両 2 4 と、各車輪 1 8 a ~ 1 8 d の車軸 2 2 a、2 2 b の振動を検知する加速度センサ 2 a、2 b と、最前部の車輪対 1 8 a、1 8 b の車軸 2 2 a の前方に相当する車体前部 1 7、前後の各車輪対の車軸間に相当する車体中間部 1 9、及び最後部の車輪対の車軸の後方に相当する車体後部 2 1 のうちの何れか二箇所において移動方向 Z に沿った直線状に配置されて路面の変位を検知する少なくとも 2 つのレーザ変位計 4 A、4 B と、路面上を車両 2 4 が通過する際に、加速度センサ 2 a、2 b、及びレーザ変位計 4 A、4 B により夫々検知された振動データ、及び変位データを記憶する外部メモリ 8 と、外部メモリ 8 から取得した振動データ、及び変位データに基づいて路面のジョイント部 2 7 に係る平坦性及び段差量を算出する P C 1 2 と、を備えた構造体変状検知方法であって、P C 1 2 が、ジョイント部 2 7 を検知した変位データに基づいて当該車両 2 4 の速度を推定する速度推定ステップと、この速度推定ステップによりジョイント部 2 7 に係る振動データを特定する振動データ特定ステップと、この振動データ特定ステップにより特定された特定データに基づいてジョイント部 2 7 に係る平坦性及び段差量を算出する算出ステップと、を実行することを特徴とする。

本態様によれば、P C 1 2 が、ジョイント部 2 7 を検知した変位データに基づいて当該車両 2 4 の速度を推定し、ジョイント部 2 7 に係る振動データを特定し、特定された特定データに基づいてジョイント部 2 7 に係る平坦性及び段差量を算出する。

これにより、高速走行する試験車により測定した場合でも、ジョイント部 2 7 の位置と段差量を高精度で、且つ効率的に測定することができる。

【 0 0 5 1 】

< 第 1 0 態様 >

本態様のプログラムは、請求項 9 に記載された構造体変状検知方法における各ステップをプロセッサに実行させることを特徴とする。

本態様によれば、各ステップをプロセッサに実行させることができる。このため、高速走行する試験車により測定した場合でも、ジョイント部 2 7 の位置と段差量を高精度で、且つ効率的に測定することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 2 】

2 ... 加速度センサ、4 ... レーザ変位計、6 ... G P S レシーバ、8 ... 外部メモリ、1 0 ... データロガー、1 2 ... P C、1 6 ... 車体、1 8 ... 車輪、2 0 ... 構造体変状検知システム、2 2 ... 車軸、2 4 ... 車両、2 7 ... ジョイント部

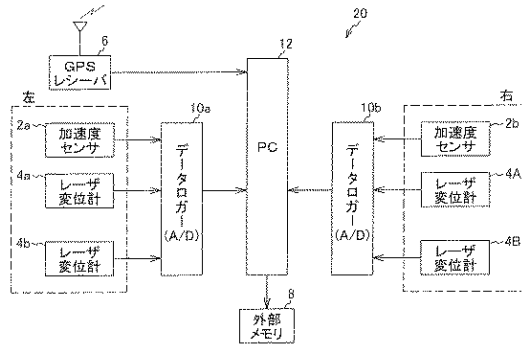
10

20

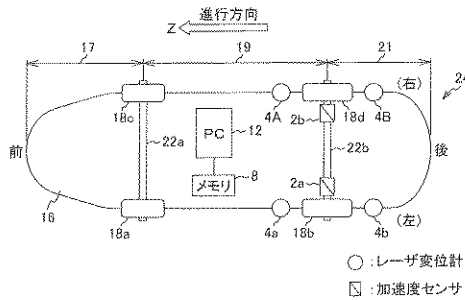
30

40

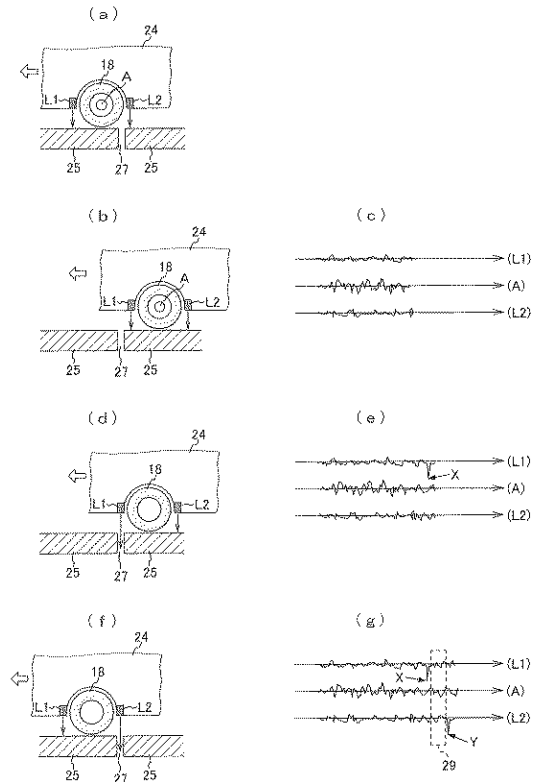
【図 1】



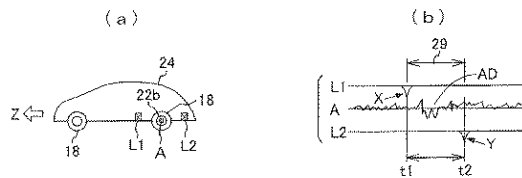
【図 2】



【図 3】

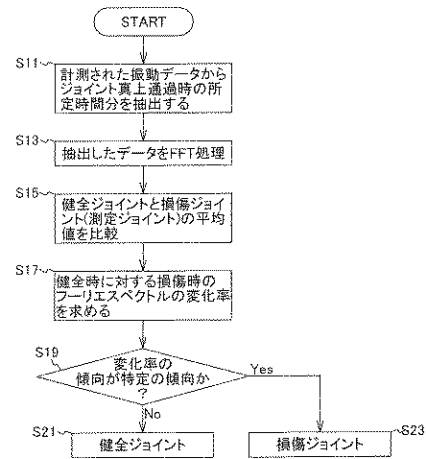


【図 4】

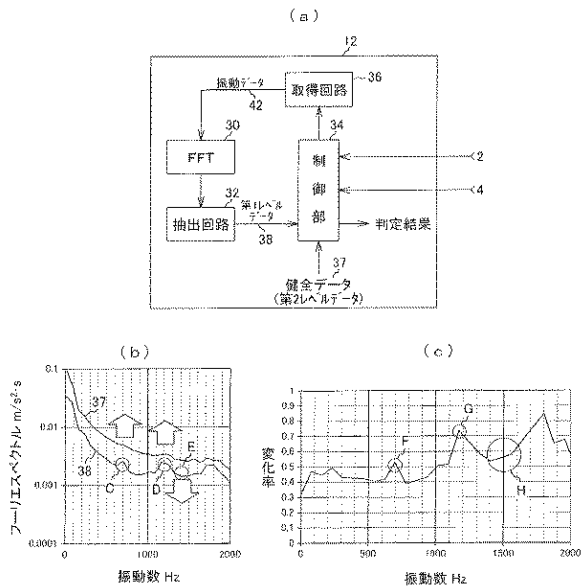


【図 6】

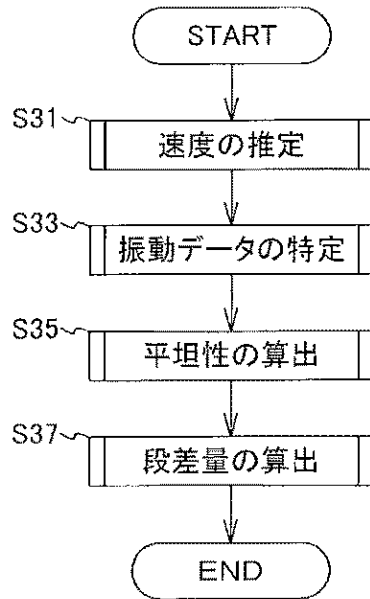
〈ジョイント損傷判定フロー〉



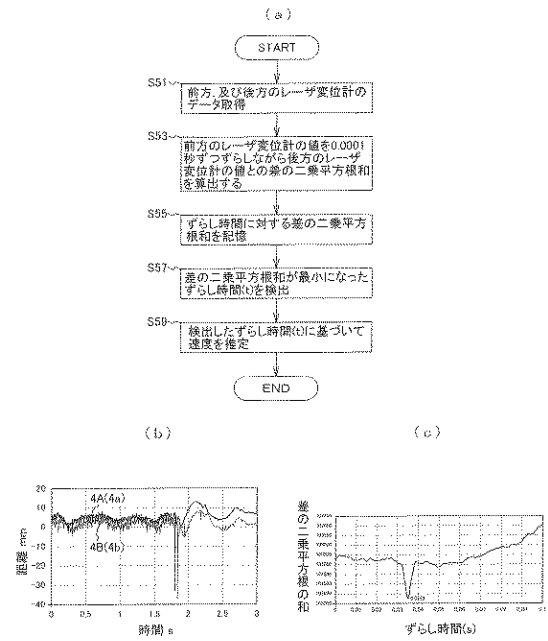
【図 5】



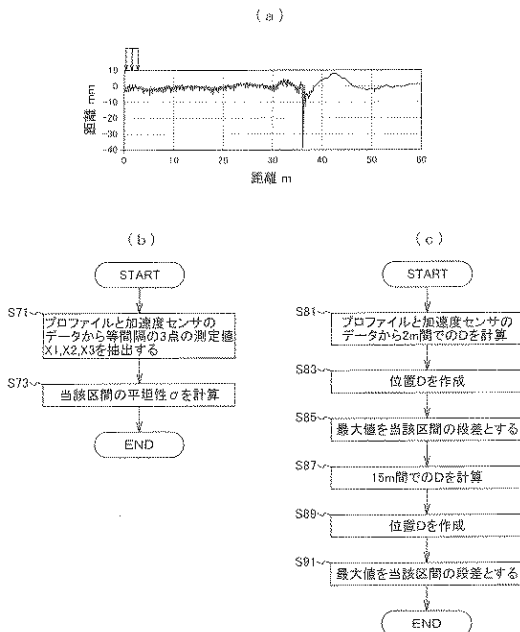
【図 7】



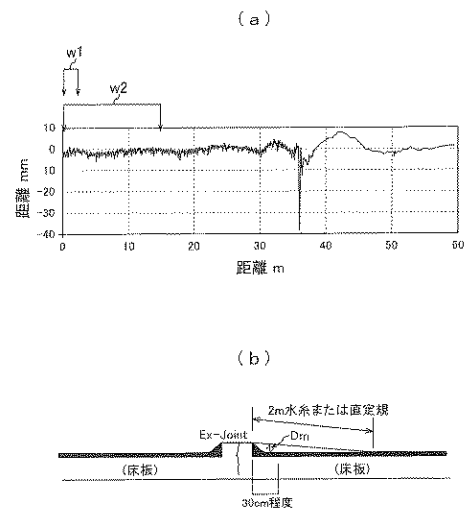
【図 8】



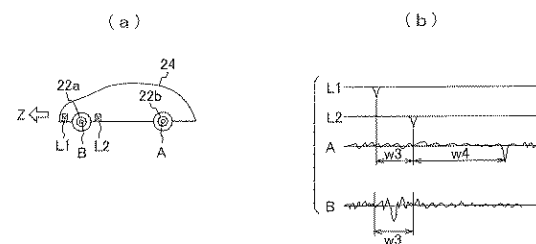
【図 9】



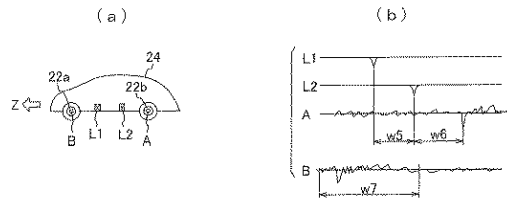
【図 10】



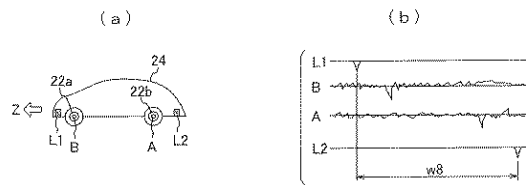
【図 11】



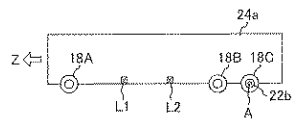
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(74)代理人 100085660

弁理士 鈴木 均

(74)代理人 100149892

弁理士 小川 弥生

(72)発明者 長船 寿一

東京都町田市忠生 1 丁目 4 番 1 号 株式会社高速道路総合技術研究所内

(72)発明者 中尾 剛士

東京都町田市忠生 1 丁目 4 番 1 号 株式会社高速道路総合技術研究所内

(72)発明者 岩吹 啓史

東京都八王子市宇津木町 2 3 1 番地 中日本高速道路株式会社 八王子支社内

(72)発明者 矢部 明人

東京都中野区本町 4 丁目 3 8 番 1 3 号 株式会社構造計画研究所内

審査官 國田 正久

(56)参考文献 特開昭 6 0 - 2 3 3 2 1 1 (J P , A)

特開平 0 7 - 2 4 8 2 2 1 (J P , A)

特開平 0 4 - 0 4 3 9 0 8 (J P , A)

特開 2 0 1 0 - 0 6 6 0 4 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 C 7 / 0 4

G 0 1 B 1 1 / 3 0

G 0 1 B 2 1 / 0 0