

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6633928号
(P6633928)

(45) 発行日 令和2年1月22日(2020.1.22)

(24) 登録日 令和1年12月20日(2019.12.20)

(51) Int. Cl.	F 1		
HO2N 2/18 (2006.01)	HO2N 2/18		
HO1L 41/113 (2006.01)	HO1L 41/113		
HO1L 41/053 (2006.01)	HO1L 41/053		
HO1L 41/12 (2006.01)	HO1L 41/12		
F16F 15/02 (2006.01)	F16F 15/02	C	
			請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-19242 (P2016-19242)	(73) 特許権者	000003148
(22) 出願日	平成28年2月3日(2016.2.3)		TOYO TIRE株式会社
(65) 公開番号	特開2017-139890 (P2017-139890A)		兵庫県伊丹市藤ノ木2丁目2番13号
(43) 公開日	平成29年8月10日(2017.8.10)	(73) 特許権者	505413255
審査請求日	平成30年12月19日(2018.12.19)		阪神高速道路株式会社
			大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号
		(74) 代理人	110000534
			特許業務法人しんめいセンチュリー
		(72) 発明者	森山 壮詞
			大阪府大阪市西区江戸堀1丁目17番18号
			東洋ゴム工業株式会社 社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 発電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

橋に設置された付属物と、
前記橋から振動が伝達された前記付属物の振動のエネルギーを電気エネルギーに変換する発電装置とを備え、
前記付属物は、前記橋の剛性より剛性が低い連続梁または両端支持梁を備え、
前記発電装置は、前記梁の支点間に配置され、
質量体と、
前記質量体の下方に配置されるベース板と、
前記梁の振動を前記ベース板から前記質量体に伝達する弾性部材と、
前記質量体から振動エネルギーが入力される磁歪材料製の磁歪棒とを備え、前記磁歪棒の変形を電気エネルギーに変換し、
前記質量体および前記弾性部材は、前記梁の振動を減衰するダイナミックダンパを構成し、
前記弾性部材は、第1方向の複数箇所で前記質量体を支持し、前記第1方向に垂直な第2方向における前記質量体の中心から前記第2方向の両側へ向かって下降傾斜し下端が前記ベース板と結合することを特徴とする発電システム。

【請求項2】

前記付属物は、水平方向の剛性より鉛直方向の剛性が低いことを特徴とする請求項1記載の発電システム。

【請求項 3】

前記発電装置は、作業者が持ち運び可能な大きさ及び質量に設定されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の発電システム。

【請求項 4】

前記発電装置は、前記磁歪棒を片持ち支持する支持部材を備え、

前記梁は、軸方向が、前記磁歪棒の軸方向と同一であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の発電システム。

【請求項 5】

前記第 1 方向は、前記梁の軸方向と同一であり、

前記支持部材は、前記質量体の前記第 2 方向の中心で前記質量体の上面に固定されていることを特徴とする請求項 4 記載の発電システム。

【請求項 6】

前記発電装置は、前記梁の上に置かれた状態で前記梁の振動エネルギーが下方から入力され、

前記梁の振動エネルギーを電気エネルギーに変換する変換部と、

前記変換部を収容するケースと、

前記ケースに第 1 端が固定され第 2 端が前記付属物に取り付けられるアームとを備え、

前記付属物は、前記梁の軸方向に延びる一部分を備え、

前記一部分に前記アームの前記第 2 端を取り付けた状態で前記磁歪棒の軸方向が前記梁の軸方向と同一になることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の発電システム。

【請求項 7】

前記発電装置は、80 Hz 以下の振動のエネルギーを電気エネルギーに変換することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の発電システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は発電システムに関し、特に橋の振動によって発電する発電システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

橋に設置される点検通路などの付属物に、振動のエネルギーを電気エネルギーに変換する発電装置を設置して発電を行う技術が知られている（特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2010 - 15705 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら上述した従来の技術では、橋が振動しても発電量を大きくできないことがある。

【0005】

本発明は上述した問題点を解決するためになされたものであり、橋が振動するときの発電量を大きくできる発電システムを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段および発明の効果】

【0006】

この目的を達成するために請求項 1 記載の発電システムによれば、橋に設置された付属物は、橋の剛性より剛性が低い連続梁または両端支持梁を備えている。発電装置は、橋から伝達された付属物の振動のエネルギーを電気エネルギーに変換するものであり、梁の支点間に配置される。橋の振動が伝達された付属物の梁は支点間で曲げ振動する。支点の振

幅より梁の支点間の振幅を大きくできるので、梁の支点間に配置された発電装置は、大きい振動のエネルギーが入力される。よって、橋が振動するときの発電量を大きくできる効果がある。

発電装置は梁の振動がベース板から弾性部材を介して質量体に伝達され、質量体から振動エネルギーが磁歪材料製の磁歪棒に入力される。発電装置は磁歪棒の変形を電気エネルギーに変換する。磁歪棒は耐熱性、耐寒性および耐久性に優れるので、発電の温度依存性を小さくできると共に発電装置の耐久性を確保できる。従って、年間を通して安定に発電できる効果がある。

質量体および弾性部材は梁の振動を減衰するダイナミックダンパを構成するので、梁の共振に起因する振動を抑制することができ、付属物の振動を低減できる効果がある。また、弾性部材で支持された質量体の振動を増幅できるので、質量体が磁歪棒に入力する振動エネルギーを大きくできる。その結果、磁歪棒を結合するダイナミックダンパを有しない場合に比べて発電装置の発電量を大きくできる効果がある。

弾性部材は第1方向の複数箇所では質量体を支持するので、第1方向に垂直な第2方向を軸にした回転運動を質量体に生じ難くすることができる。梁の振動が磁歪棒の振動を阻害することを抑制できるので、発電量を確保できる効果がある。

発電装置は質量体の下方にベース板が配置される。弾性部材は質量体の第2方向の中心から第2方向の両側へ向かって下降傾斜し下端がベース板と結合する。弾性部材は質量体を剪断方向および圧縮方向の合力で弾性支持するので、弾性部材の耐久性を向上できる効果がある。また、第1方向を軸にした回転運動を質量体に生じ難くすることができる。梁の振動が磁歪棒の振動を阻害することを抑制できるので、発電量をさらに増加できる効果がある。

【0007】

請求項2記載の発電システムによれば、付属物は水平方向の剛性より鉛直方向の剛性が低い。車両が橋を走行するときは、一般に、鉛直方向における橋の変位および加速度が水平方向における橋の変位および加速度より大きいので、付属物を鉛直方向に振動させ易くできる。よって、請求項1の効果に加え、車両の走行によって橋が振動するときの発電量を大きくできる効果がある。

【0008】

請求項3記載の発電システムによれば、発電装置は作業者が持ち運び可能な大きさ及び質量に設定されているので、請求項1又は2の効果に加え、橋ごとに発電装置を設置しなくても、発電装置を持ち運んで発電システムを簡易に構築できる効果がある。

請求項4記載の発電システムによれば、発電装置は支持部材が磁歪棒を片持ち支持し、梁の軸方向と磁歪棒の軸方向とが同一である。梁が主に振動する方向と磁歪棒が振動する方向とを一致させることができるので、質量体の振動を磁歪棒の振動に効率良く変換できる。よって、請求項1から3のいずれかの効果に加え、発電量を確保できる効果がある。

請求項5記載の発電システムによれば、第1方向は、梁の軸方向と同一である。支持部材は、質量体の第2方向の中心で質量体の上面に固定されている。よって、請求項4の効果に加え、発電量を増加できる効果がある。

【0009】

請求項6記載の発電システムによれば、発電装置は梁の上に置かれた状態で梁の振動エネルギーが下方から入力されるので、請求項4又は5の効果に加え、発電装置の設置を容易にできる効果がある。

【0010】

発電装置は梁の振動エネルギーを変換部が電気エネルギーに変換する。変換部はケースに収容され、ケースに第1端が固定されるアームの第2端が、梁の軸方向に延びる付属物の一部分に取り付けられる。この状態で磁歪棒の軸方向が梁の軸方向と同一になる。そして、アームが付属物に取り付けられるので、梁の上に置かれた発電装置が落下したり転倒したりすることを防止できる効果がある。

【0011】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

【 0 0 1 3 】

【 0 0 1 4 】

【 0 0 1 5 】

【 0 0 1 6 】

請求項 7 記載の発電システムによれば、発電装置は 80 Hz 以下の振動のエネルギーを電気エネルギーに変換する。80 Hz 以下の振動は振幅が比較的大きいので、振幅の比較的大きな梁の振動を利用して、弾性部材で支持された質量体の振動を増幅できる。その結果、請求項 1 から 6 のいずれかの効果に加え、共振に起因する梁の振動を抑え、且つ、発電量を確保できる効果がある。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 7 】

【図 1】第 1 実施の形態における発電システムの斜視図である。

【図 2】発電装置が配置された付属物の断面図である。

【図 3】図 2 の矢印 I I I - I I I 線における発電装置の断面図である。

【図 4】図 3 の矢印 I V - I V 線における発電装置の断面図である。

【図 5】付属物の振動の周波数分析結果である。

【図 6】第 2 実施の形態における発電システムの発電装置の断面図である。

【図 7】図 6 の矢印 V I I - V I I 線における発電装置の断面図である。

【発明を実施するための形態】

20

【 0 0 1 8 】

以下、本発明の好ましい実施形態について添付図面を参照して説明する。図 1 は本発明の一実施の形態における発電システム 10 の斜視図である。図 1 の矢印 X, Y, Z は、それぞれ橋軸方向、橋軸直角方向、鉛直方向を示している。なお、図 1 は橋 1 の上部構造が図示されており、橋台や橋脚等の下部構造の図示が省略されている。

【 0 0 1 9 】

図 1 に示すように発電システム 10 は、橋 1 に設置された点検通路 11 (付属物) と、点検通路 11 に配置された発電装置 20 とを備えている。橋 1 は、車両が通る床版 2 と、床版 2 を支持し橋軸方向 (X 方向) へ延びる主桁 3 とを備えている。本実施の形態では、橋 1 は高架橋を構成するものであり、形鋼により主桁 3 が形成された鋼板桁橋である。橋 1 は主桁 3 間に複数の受梁 4 が橋軸直角方向 (Y 方向) へ差し渡されている。なお、主桁 3 間を連結する橋軸直角方向に延びる横桁や対傾構などの図示は省略する。

30

【 0 0 2 0 】

図 2 は発電装置 20 が配置された付属物 (点検通路 11) の橋軸方向の断面図である。点検通路 11 は点検者などの作業者が床版 2 や主桁 3 等の点検や補修を行うための付属物であり、橋軸方向 (X 方向) へ延びる板状の歩廊 12 と、歩廊 12 の両側にそれぞれ立設される鉛直方向 (Z 方向) へ延びる複数の支柱 13 と、支柱 13 に支持されて歩廊 12 に沿って橋軸方向へ延びる手摺 14 とを備えている。歩廊 12 は複数の受梁 4 に支持されるので、歩廊 12 (梁) は受梁 4 を支点とする連続梁を構成する。

【 0 0 2 1 】

点検通路 11 は、剛性が、橋 1 の剛性より低く設定されており、鉛直方向 (Z 方向) の剛性が、水平方向 (X 方向および Y 方向) の剛性より低く設定されている。これにより点検通路 11 に橋 1 の振動が伝達されると、歩廊 12 (梁) は受梁 4 (支点) 間で鉛直方向 (Z 方向) に曲げ振動する。

40

【 0 0 2 2 】

発電装置 20 は、点検通路 11 の振動エネルギーを電気エネルギーに変換するための装置であり、受梁 4 (支点) 間の歩廊 12 の中央に配置される。発電装置 20 は横長の直方体の箱型のケース 21 と、ケース 21 から鉛直方向に延びるアーム 22 とを備えている。ケース 21 は振動エネルギーを電気エネルギーに変換する変換部 40 (後述する) が収納される金属製の部材であり、作業者が一人で持ち運びできる程度の大きさ (本実施の形態

50

では幅10cm高さ10cm長さ40cm程度)に設定されている。ケース21は長手方向の両端にアーム22が取り付けられている。アーム22は、ケース21が歩廊12から落下したりケース21が移動したりしないようにするための部材であり、第1端がケース21に取り付けられており、第2端(先端)が手摺14の高さに到達する長さに設定されている。アーム22は手摺14に係合するU字金具23(図3参照)が先端に取り付けられている。

【0023】

発電装置20は、発電した電力を供給するケーブル24に計測器25が接続されている。計測器25は橋1や付属物、周囲環境などに関する各種データを計測する装置である。計測器25は、橋1(床版2、主桁3等)や付属物の外観(発錆や漏水、コンクリートの亀裂の状態など)の画像データを取得するカメラ、床版2や主桁3等の振動を取得する加速度計、温度や湿度、風速等を計測する温度計や湿度計、風速計などが例示される。本実施の形態では、計測器25は手摺14に固定されているが、定点観測が不要な場合は、作業者が計測器25を手を持って各種データを計測できる。計測器25により計測されたデータは、計測器25に接続されたデータロガーやメモリカード等のメモリ(図示せず)に保存したり、計測器25に接続された送信機を使って外部装置(いずれも図示せず)に無線送信したりすることができる。

【0024】

図3は図2の矢印III-III線における発電装置20の断面図であり、図4は図3の矢印IV-IV線における発電装置20の断面図である。図3及び図4に示すように発電装置20は、ケース21の底に固定された板状のベース板26と、ベース板26に固定された弾性部材27と、弾性部材27を介してベース板26に連結された質量体30と、質量体30に固定された変換部40とを備えている。

【0025】

ベース板26は、平面視が矩形状の横長の金属製の板材である。弾性部材27は、ゴム状弾性体から構成される粘弾性部材であり、断面L字状の金属製の固定具28が第1端に接着され、立方体状の金属製の連結具29が第2端に接着されている。2つの弾性部材27は、連結具29の対向する2面に第2端がそれぞれ接着されることで、連結具29を頂点にして第1端へ向かってそれぞれ下降する逆V字状に配置されている。連結具29は質量体30の底面の中央に固定され、固定具28はベース板26の上面の短手方向(図3左右方向)の両側に固定される。2つの弾性部材27及び固定具28並びに連結具29は、それらを1組として、2組が、ベース板26の上面の長手方向(図4左右方向)の両側に間隔をあけて固定されている。

【0026】

質量体30は、横長の直方体状に形成された金属製の部材であり、厚さ(鉛直方向の寸法)が幅(短手方向の寸法)より小さく設定されている。これにより質量体30を低背化できるので、発電装置20の重心が高くなることを防止できる。その結果、重心が高くなって発電装置20の安定性が低下する(転倒し易くなる)ことを抑制できる。

【0027】

質量体30は、底面の長手方向(図4左右方向)の両側に連結具29がそれぞれ固定されることで、弾性部材27によりベース板26に弾性支持される。質量体30は、主に弾性部材27の圧縮方向および剪断方向に荷重を付加する。弾性部材27は、それらの合力で質量体30を支持するので、高い支持荷重を確保できる。

【0028】

床版2の振動が伝達されて歩廊12が鉛直方向に曲げ振動すると、弾性部材27に引張りおよび剪断力の合力が繰り返し作用し質量体30に鉛直方向(図4上下方向)の大きな加振力が作用する。よって、弾性部材27及び質量体30により歩廊12から発電装置20に入力される振動を鉛直方向(図4上下方向)に増幅できる。弾性部材27及び質量体30は、歩廊12(梁)の振動を減衰するダイナミックダンパを構成する。但し、質量体30は、点検者などの作業者が一人で持ち運びができる程度の質量に設定されている。本

実施の形態では、ダイナミックダンパの固有振動数は17Hzに設定されている。

【0029】

発電装置20は、歩廊12（梁）の長手方向（図4左右方向、X方向）に質量体30の長手方向を一致させるように歩廊12に配置される。質量体30は横長の直方体状に形成されているので、質量体30の短手方向（図3左右方向）が歩廊12の幅方向に一致する。よって、歩廊12に設定された発電装置20が、点検者など作業者の通行を妨げないようにできる。

【0030】

ベース板26は、変換部40により生じた電力を充放電できる蓄電池31が設置されている。計測器25等による電力消費量が少ないときは、余剰電力を蓄電池31に充電できる。蓄電池31は、直流と交流とを変換するパワーコンディショナーや保護回路、制御回路（いずれも図示せず）が内蔵されている。

【0031】

変換部40は、振動エネルギーを電気エネルギーに変換する装置であり、磁歪材料（磁性材料の1種）から構成されると共にコイル41が巻回される磁歪棒42と、磁性材料から構成される剛性棒43と、磁歪棒42及び剛性棒43の軸方向の第1端に取着される支持部材44と、磁歪棒42及び剛性棒43の軸方向の第2端に取着されるマス部材45とを備えている。

【0032】

コイル41は、銅線から構成される線材（導線）が巻回された筒状の部材であり、磁歪棒42との間に隙間を設けて磁歪棒42に外装される。磁歪棒42及び剛性棒43は、厚さに対して幅が大きな矩形の軸直角断面を有する長尺板状に形成される。磁歪棒42及び剛性棒43は、互いに略同一形状（寸法）に形成されると共に、面積が大きな平面（即ち、幅を含む平面）同士を対向させて平行に鉛直方向（図4上下方向）の上下に配置される。剛性棒43は、磁歪棒42より磁歪効果の低い磁性材料から構成される。本実施の形態では、磁歪棒42は鉄ガリウム合金製であり、剛性棒43は鉄鋼材料製である。磁歪棒42及び剛性棒43は、磁歪棒42と剛性棒43との間に取着された永久磁石（図示せず）によってバイアス磁界が加えられており、磁歪棒42、剛性棒43及び永久磁石によって磁気閉回路が形成されている。

【0033】

支持部材44は質量体30の上面に固定されている。磁歪棒42及び剛性棒43は、質量体30に対して支持部材44側を固定端、マス部材45側を自由端とした状態で設置され、質量体30の振動に伴って磁歪棒42及び剛性棒43が位置する平面（図4紙面）内を振動させて使用される。振動に伴う曲げ変形により軸方向の伸長および収縮が磁歪棒42及び剛性棒43に発生することで、磁歪棒42及び剛性棒43の軸方向と平行な方向に磁束密度が変化し、コイル41に電流が発生することで発電が行われる。コイル41により生じた電力は計測器25を作動させ、余剰分は蓄電池31に充電される。

【0034】

変換部40は、マス部材45の質量、磁歪棒42及び剛性棒43のばね定数により主に決まる固有振動数を有する振動体である。変換部40の共振周波数を質量体30から与えると、振動が増幅される。その結果、コイル41を貫く磁束密度の変化が大きくなるので、発生電圧を大きくできる。ダイナミックダンパ（弾性部材27及び質量体30）の質量体30が出力する振動のうち最も大きい振動加速度を示す周波数と、変換部40の固有振動数とを合致させることで、大きな発生電圧が得られる。なお、橋1の振動によって点検通路11から発電装置20に入力される振動は80Hz以下なので、変換部40の固有振動数はその範囲内にチューニングされる。本実施の形態では、変換部40は固有振動数が18Hzに設定されている。

【0035】

発電装置20は歩廊12の振動が弾性部材27を介して質量体30に伝達され、質量体30から振動エネルギーが磁歪棒42に入力される。磁歪棒42は耐熱性、耐寒性および

10

20

30

40

50

耐久性に優れるので、発電の温度依存性を小さくできると共に発電装置 20 の耐久性を確保できる。従って、夏季や冬季を問わず年間を通して安定に発電できる。点検通路 11 等の付属物は、外気に接触する環境におかれるものが多いので、温度依存性の小さい磁歪棒 42 を発電に利用することは好ましい。

【0036】

質量体 30 及び弾性部材 27 は歩廊 12 (梁) の振動を減衰するダイナミックダンパを構成するので、歩廊 12 の固有振動数周辺の共振現象を抑制できる。その結果、点検通路 11 の寿命 (特に疲労寿命) を向上できる。点検通路 11 の振動を低減できるので、点検通路 11 の騒音を抑制し、点検通路 11 の振動によるボルトの緩みを抑制できる。また、弾性部材 27 で支持された質量体 30 の振幅を増幅できるので、質量体 30 が磁歪棒 42 10
に入力する振動エネルギーを大きくできる。その結果、磁歪棒 42 が結合されたダイナミックダンパを有しない場合に比べて発電装置 20 の発電量を大きくできる。

【0037】

なお、質量体 30 及び弾性部材 27 は、質量体 30 の質量、弾性部材 27 のばね定数および損失係数を有する 1 自由度の振動系である。変換部 40 は、マス部材 45 の質量、磁歪棒 42 及び剛性棒 43 のばね定数および損失係数を有する 1 自由度の振動系である。発電装置 20 は、1 自由度の振動系 2 つを組み合わせた 2 自由度の振動系モデルとして考えることができる。発電装置 20 は 2 自由度以上の振動の共振周波数を利用できるので、振動周波数域を拡大できる。即ち、磁歪棒 42 が結合されたダイナミックダンパを有しない
20
場合に比べて、発電装置 20 は広帯域の共振周波数を利用して振動発電を行うことができる。本実施の形態では、変換部 40 と質量体 30 及び弾性部材 27 との組合せにより、発電装置 20 は 16 ~ 20 Hz の振動を利用して振動発電が行われる。

【0038】

この発電システム 10 は、橋 1 に設置された各種の付属物のうち、橋 1 の剛性より剛性が低い連続梁 (歩廊 12) をもつ付属物 (点検通路 11) の振動を利用する。発電装置 20 は、橋 1 から伝達された付属物の振動エネルギーを電気エネルギーに変換するものであり、梁 (歩廊 12) の支点 (受梁 4) 間に配置される。支点の振幅より梁の支点間の振幅を大きくできるので、梁の支点間に配置された発電装置 20 は、大きい振動のエネルギー
30
が入力される。よって、橋 1 が振動するときの発電量を大きくできる。

【0039】

車両が床版 2 を走行するときは、一般に、鉛直方向における床版 2 の変位および加速度が水平方向における床版 2 の変位および加速度より大きい。付属物 (点検通路 11) は、水平方向の剛性より鉛直方向の剛性が低く設定されるので、床版 2 の振動によって梁 (歩廊 12) を鉛直方向に振動させ易くできる。よって、車両の走行によって橋 1 が振動するときの発電装置 20 による発電量を大きくできる。

【0040】

発電装置 20 は、梁 (歩廊 12) の軸方向 (X 方向) に質量体 30 の長手方向が沿い、梁の軸直角方向 (Y 方向) に質量体 30 の短手方向が沿うように歩廊 12 に配置されている。梁 (歩廊 12) は複雑かつ多自由度な振動系であるが、弾性部材 27 は質量体 30 の長手方向の複数箇所 (本実施の形態では 2 か所) で質量体 30 を支持するので、梁の軸直角方向を軸にした回転運動 (ピッチ) を質量体 30 に生じ難くすることができる。梁および質量体 30 の振動が磁歪棒 42 の振動を阻害し難くできるので、発電装置 20 の発電量を
40
確保できる。

【0041】

発電装置 20 は、質量体 30 から梁 (歩廊 12) の軸直角方向へ向かって斜めに延びる 4 つの弾性部材 27 によって質量体 30 を弾性支持する。その結果、梁の軸方向を軸にした回転運動 (ロール) を質量体 30 に生じ難くすることができる。梁および質量体 30 の振動が磁歪棒 42 の振動を阻害することを抑制できるので、発電装置 20 の発電量をさらに増加できる。

【0042】

10

20

30

40

50

発電装置 20 は質量体 30 の下方にベース板 26 が配置される。弾性部材 27 は質量体 30 の短手方向の中心から質量体 30 の短手方向の両側へ向かって下降傾斜し、下端がベース板 26 と結合する。弾性部材 27 は質量体 30 を剪断方向および圧縮方向の合力で弾性支持する。弾性部材 27 に引張力を作用し難くできるので、弾性部材 27 の耐久性を向上できる。さらに、弾性部材 27 を略 V 型に配置することで、梁の軸方向の直線運動、及び、梁の軸方向を軸にした回転運動（ロール）を質量体 30 に生じ難くする効果を大きくできるので、質量体 30 の振動モードを単純化できる。

【0043】

発電装置 20 は支持部材 44 が磁歪棒 42 を片持ち支持する。磁歪棒 42 及び剛性棒 43 は質量体 30 の長手方向に軸方向を一致させるように支持部材 44 を介して質量体 30 に固定され、且つ、磁歪棒 42 及び剛性棒 43 は鉛直方向（図 4 上下方向）の上下に配置される。よって、梁（歩廊 12）の軸方向と磁歪棒 42 の軸方向とを同じにできる。梁（歩廊 12）が主に振動する方向と磁歪棒 42 が振動する方向とを一致させることができるので、質量体 30 の振動を磁歪棒 42 の振動に効率良く変換できる。発電装置 20 は質量体 30 及び弾性部材 27 により歩廊 12 の振動エネルギーを増幅できるので、質量体 30 及び弾性部材 27 を有しない発電装置に比べて発電量を大きくできる。よって、発電装置 20 の発電量を確保できる。

【0044】

発電装置 20 は、作業者が一人で持ち運び可能な程度の大きさ及び質量（約 10 kg 以下）に設定されているので、橋 1 ごとに発電装置 20 を設置しなくても、発電装置 20 を持ち運んで発電システム 10 を簡易に構築できる。また、計測器 25 を用いてデータを採取する必要のある橋 1 に発電装置 20 を複数台設置して、複数の発電システム 10 を構築することもできる。即ち、発電装置 20 が持ち運び可能なので、必要に応じて必要な箇所に発電システム 10 を自在に構築できる。

【0045】

発電装置 20 は梁（歩廊 12）の上に置かれた状態で梁の振動エネルギーが下方から入力されるので、発電装置 20 の設置を容易にできる。発電装置 20 はベース板 26 に質量体 30 が弾性支持されているので、質量体 30 を錘の代りにできる。錘として機能する質量体 30 によって、歩廊 12 の上に置かれた発電装置 20 が歩廊 12 の振動で勝手に移動してしまうことを防止できる。よって、歩廊 12 に置くだけで発電装置 20 の設置を完了できる。

【0046】

梁（歩廊 12）の振動エネルギーを電気エネルギーに変換する変換部 40 がケース 21 に収容され、ケース 21 に第 1 端が固定されるアーム 22 の第 2 端が付属物（手摺 14）に取り付けられる。アーム 22 が付属物（手摺 14）に取り付けられるので、梁（歩廊 12）の上に置かれた発電装置 20 が落下したり転倒したりすることを防止できる。

【0047】

発電装置 20 は 80 Hz 以下、好ましくは 40 Hz 以下の振動のエネルギーを電気エネルギーに変換するように弾性部材 27、質量体 30、磁歪棒 42、剛性棒 43 及びマス部材 45 がチューニングされている。80 Hz 以下の振動は振幅が比較的大きいので、振幅の比較的大きな梁（歩廊 12）の振動を利用して、弾性部材 27 で支持された質量体 30 の振動を増幅できる。その結果、共振に起因する梁（歩廊 12）の振動を抑え、且つ、発電量を確保できる。

【0048】

図 5 を参照して発電装置 20 を設置した付属物の振動減衰効果について説明する。発電装置 20 は、ダイナミックダンパ（弾性部材 27 及び質量体 30）の固有振動数が 17 Hz、変換部 40 の固有振動数が 18 Hz に設定されている。図 5 は振動分析計（VA-12、リオン株式会社製）による付属物の振動の周波数分析結果である。振動分析計に圧電式加速度ピックアップを接続し、道路の高架橋に設置された点検通路（付属物）の歩廊 12 の上面の振動を測定した。図 5 では、点検通路の歩廊 12（支点（受梁 4）と支点との

間)に発電装置20を置かないとき(比較例)を破線、歩廊12に発電装置20を置いたとき(実施例)を実線で示した。周波数分析の結果、歩廊12に10~30Hz, 40~70Hzの振動が発生していること、即ち点検通路から発電装置20に入力される振動は80Hz以下であり、40Hz以下の振動は加速度が大きいことがわかった。さらに、歩廊12に発電装置20を置くことによって10~30Hzの振動(加速度)を大幅に減衰できることがわかった。

【0049】

この測定とは別に、振動分析計(VA-12)により歩廊12の加速度を約6秒間測定したところ、歩廊12に発電装置20を置くことによって加速度のピーク値の平均を約1/2にできることがわかった。この間、発電装置20は歩廊12の振動を減衰する一方で、0.5~3V程度の発電を行った。以上の実施例によれば、発電システム10によって付属物(歩廊12)の振動を抑え、且つ、発電量を確保できることが明らかになった。

【0050】

図6及び図7を参照して第2実施の形態について説明する。第1実施の形態では、発電装置20の質量体30を弾性支持する弾性部材27が、質量体30の短手方向の中心から質量体30の短手方向(梁の軸直角方向)の両側へ向かって下降傾斜する場合について説明した。これに対し第2実施の形態では、質量体53の短手方向の側面から梁(歩廊12)の軸直角方向の両側(横方向)へ向かって延びる場合について説明する。なお、第1実施の形態で説明した部分と同一の部分については、同一の符号を付して以下の説明を省略する。

【0051】

図6は第2実施の形態における発電システムの発電装置50の断面図であり、図7は図6の矢印VII-VII線における発電装置50の断面図である。発電装置50は、第1実施の形態で説明した発電システム10の発電装置20に代えて設置される。なお、図6及び図7では、ケース21に取り付けられたアーム22(図3及び図4参照)の図示が省略されている。

【0052】

図6及び図7に示すように発電装置50は、ベース板26の長手方向(図6左右方向)の縁に設けられた互いに対面する壁部51と、壁部51の内面に端部がそれぞれ接着された一对の弾性部材52と、弾性部材52の端部が側面に接着された質量体53と、質量体53に固定された変換部40とを備えている。

【0053】

壁部51は、弾性部材52によって質量体53を弾性支持するための側面視が矩形状の横長の板材である。弾性部材52は、ゴム状弾性体から構成される粘弾性部材である。一对の弾性部材52はそれらを1組として、2組が壁部51の長手方向(図7左右方向)の両側に間隔をあけて固定されている。質量体53は、長手方向(図7左右方向)の両側が、弾性部材52により壁部51に弾性支持される。質量体53は、主に弾性部材52の剪断方向に荷重を付加する。床版2(図1参照)の振動が伝達されて歩廊12が鉛直方向に曲げ振動すると、弾性部材52に剪断力が繰り返し作用し質量体53に鉛直方向(図7上下方向)の大きな加振力が作用する。

【0054】

発電装置50は、梁(歩廊12)の軸方向(長手方向)に質量体53の長手方向が沿い、梁の軸直角方向(短手方向)に質量体53の短手方向が沿うように歩廊12に配置される。梁(歩廊12)は複雑かつ多自由度な振動系であるが、弾性部材52は質量体53の長手方向の複数箇所(本実施の形態では2か所)で質量体53を支持するので、梁の軸直角方向を軸にした回転運動(ピッチ)を質量体53に生じ難くすることができる。

【0055】

発電装置50は、質量体53の側面から梁(歩廊12)の軸直角方向へ向かって延びる4つの弾性部材52によって質量体53を弾性支持するので、梁の軸方向を軸にした回転運動(ロール)を質量体53に生じ難くすることができる。梁および質量体53の振動が

磁歪棒 4 2 の振動を阻害し難くできるので、発電装置 5 0 の発電量を確保できる。

【 0 0 5 6 】

以上、実施の形態に基づき本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に何ら限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で種々の改良変形が可能であることは容易に推察できるものである。例えば、発電装置 2 0 , 5 0 のケース 2 1 の大きさ等は一例であり、適宜設定できる。

【 0 0 5 7 】

上記実施の形態では、橋 1 (鋼板桁橋) に発電システム 1 0 を構築する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、鋼箱桁橋に発電システムを構築することは当然可能である。鋼桁橋に限るものではなく、鋼トラス橋、アーチ橋、ラーメン橋等の他の鋼橋に発電システムを適用することは当然可能である。鋼橋だけでなく、発電システムを鉄筋コンクリート橋に適用することも当然可能である。発電システム 1 0 は道路橋や鉄道橋など種々の橋に構築できる。また、高架橋に発電システム 1 0 を構築することに限定するものではなく、橋梁に発電システム 1 0 を構築することは当然可能である。

【 0 0 5 8 】

上記実施の形態では、発電装置 2 0 , 5 0 を配置する付属物が、主桁 3 (鋼板) 間に設置される点検通路 1 1 の場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、他の付属物に発電装置 2 0 , 5 0 を設置することは当然可能である。箱桁が床版 2 を支持する橋の場合は箱桁の内部を通路にできるので、わざわざ点検通路を設けなくても箱桁の内部の通路に発電装置 2 0 , 5 0 を設置できる。箱桁の内部の通路が付属物を構成し、橋台や橋脚で支持された箱桁は連続梁を構成する。当然のことながら、箱桁の外部に点検通路を設けることは可能である。箱桁の外部に設けられた点検通路を使って発電システム 1 0 を構築できる。

【 0 0 5 9 】

上記実施の形態では、点検通路 1 1 が受梁 4 に支持される場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、横梁や対傾構などに受け台を設け、その受け台によって点検通路 1 1 を支持することは可能である。また、受梁 4 や受け台に点検通路 1 1 が支持されるものに限定するものではなく、横梁や対傾構などから吊り下げられた吊下部材を設け、その吊下部材によって点検通路 1 1 (歩廊 1 2) を支持することは可能である。受け台や吊下部材はいずれも歩廊 1 2 の支点である。

【 0 0 6 0 】

他の付属物としては、橋 1 の上部構造の橋軸直角方向に延びる点検通路 ; 橋軸方向に敷設された通信用ケーブルや電源線用ケーブルを支持するケーブルラック ; 床版 2 から点検通路 1 1 に昇降するための昇降梯子、タラップ及び階段 ; 作業員の待避所として使用できる橋側歩道が挙げられる。ケーブルラックは通常は点検通路 1 1 と並んで設置されるので、作業者は点検通路 1 1 からケーブルラックに発電装置 2 0 , 5 0 を配置できる。

【 0 0 6 1 】

橋 1 の下部構造 (図示せず) に設置される付属物としては、橋台や橋脚回りの点検通路 ; 地表から点検通路に昇降するための昇降梯子、タラップ及び階段が挙げられる。下部構造に設置される付属物も上部構造から振動が伝達される場合には発電システム 1 0 を構築できる。

【 0 0 6 2 】

点検のための付属物ではないが、他の付属物として床版 2 に設置された防音壁、主桁 3 などに設置される雨樋や排水管が挙げられる。作業者は床版 2 から防音壁に発電装置 2 0 , 5 0 を設置することができ、点検通路 1 1 や箱桁の内部の通路から雨樋や排水管に発電装置 2 0 を設置できる。

【 0 0 6 3 】

上記実施の形態では、点検通路 1 1 により、歩廊 1 2 (梁) が受梁 4 を支点とする連続梁を構成する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、点検通路 1 1 以外の他の付属物 (ケーブルラック、昇降梯子、タラップ、階段、橋側歩道、防音壁

、雨樋、排水管など)であっても、3点以上の支点で梁を支持すれば連続梁を構成する。

【0064】

上記実施の形態では、連続梁を構成する梁(歩廊12)に発電装置20,50を配置する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではない。タラップや階段等のように2つの支点で梁(踏板)が支持される両端支持梁を構成する付属物であっても、その梁(踏板)に発電装置20,50を配置することは当然可能である。

【0065】

上記実施の形態では、橋1に既設の付属物(点検通路、ケーブルラック、昇降梯子、タラップ、階段、橋側歩道、防音壁、雨樋、排水管など)を用いて発電システム10を構築する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではない。板材(梁)を2点以上の支点で支持した、発電装置20,50を配置するための専用の付属物を橋1に設置することは当然可能である。板材(梁)を支持する支点は、主桁3、横桁、対傾構などの任意の構造物や点検通路11等の付属物に固定することができる。板材(梁)を固定する手段は、ボルト等の締結部材、磁石などの吸着部材などの着脱可能な部材を用いることができる。板材(梁)を固定した後、取り外さなくても良い場合には、溶接等によって板材(梁)を固定できる。

【0066】

上記実施の形態では、歩廊12に設置された発電装置20,50のアーム22がU字金具23によって手摺14に固定される場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではない。U字金具23の代りに、他の手段によってアーム22を手摺24に固定することは当然可能である。他の手段としては、例えばベルト、ロープ等が例示される。また、アーム22の先端(第2端)をU字状に曲げ、その曲げた部分を手摺14に引掛けてアーム22を固定することは可能である。

【0067】

上記実施の形態では、歩廊12(連絡通路11)に発電装置20,50を置き、アーム22を手摺14(連絡通路11)に固定する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、歩廊12(連絡通路11)に発電装置20,50を置き、アーム22を支柱13(連絡通路11)に固定することは当然可能である。また、連絡通路11にケーブルラックが並んで設けられている場合には、ケース21に対してアームを延ばす方向を変更し、歩廊12(連絡通路11)に発電装置20,50を置き、アームをケーブルラックに固定することは当然可能である。逆に、ケーブルラックに発電装置20,50を置き、アームを連絡通路11に固定することは当然可能である。

【0068】

上記実施の形態では、変換部40を構成する磁歪棒42にコイル41を巻回する場合を説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、磁歪棒42と剛性棒43の両者にそれぞれコイルを巻回しても良い。なお、この場合には磁歪棒42と剛性棒43を同じ磁歪材料から構成する(即ち、剛性棒43を磁歪棒42よりも磁歪効果の低い材料で構成する必要はない)。また、筒型のコイル41に限られるものではなく、平面コイルを採用することは当然可能である。

【0069】

上記実施の形態では、磁歪棒42と剛性棒43との間に永久磁石が配置される場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、永久磁石に代えて、電磁石を利用するものを採用できる。また、系外からの磁場により磁気回路に漏れ磁束が発生する構成であれば、磁歪棒42や剛性棒43から離れた位置に磁石を配置した構成とすることは可能である。また、永久磁石や電磁石の起磁力により磁歪棒42及び剛性棒43にバイアス磁界を印加するバックヨークを設けることも可能である。

【0070】

上記実施の形態では、磁歪棒42及び剛性棒43の寸法(即ち、厚さ及び幅)を略同一とする場合を説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、磁歪棒42の寸法に対し、剛性棒43の寸法を異なる値(厚さ及び幅の一方のみ又は両方が異なる値)としても

良い。

【 0 0 7 1 】

上記実施の形態では、磁歪棒 4 2 及び剛性棒 4 3 を断面矩形に形成する場合を説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、他の形状とすることは当然可能である。他の形状としては、断面方形、断面円形、断面楕円形、断面多角形（例えば、断面六角形）などが例示される。

【 0 0 7 2 】

なお、例えば、磁歪棒 4 2 等を断面円形としたことで、永久磁石と線接触となり、接触面積が確保できない場合には、永久磁石の寸法または起磁力を大きくするか、或いは、磁歪棒 4 2 等と永久磁石との間に磁性体からなり両者の形状に対応した形状（即ち、両者に面接触する形状）のスペーサを介在させ、接触面積を確保することが好ましい。これらにより、付与可能なバイアス磁界の増加を図ることができるからである。

10

【 0 0 7 3 】

上記実施の形態では、磁歪材料製の磁歪棒（磁歪素子）を使用した発電装置 2 0 , 5 0 を備える発電システム 1 0 について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、振動エネルギーを利用する他の発電装置を採用することは当然可能である。他の発電装置としては、例えば圧電素子や電歪素子を使用するものが挙げられる。

【 0 0 7 4 】

圧電素子や電歪素子などの磁歪素子（磁歪棒 4 2 ）以外の素子を使用する場合であっても、発電装置は、歪が生じるように素子が振動する方向と、質量体 3 0 , 5 3 を支持する弾性部材 2 7 , 5 2 が質量体 3 0 , 5 3 から延びる方向を含む面とを直交させる。質量体 3 0 , 5 3 が振動する方向と素子が振動する方向とを一致させることができるので、質量体 3 0 , 5 3 の振動を素子の振動に効率良く伝達し、素子に歪を与えることができる。その結果、発電量を確保できる。

20

【符号の説明】

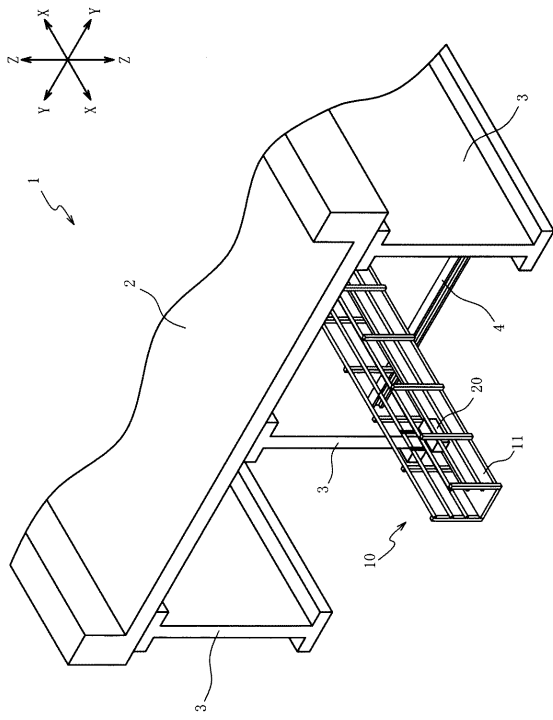
【 0 0 7 5 】

1	橋
4	受梁（支点）
1 0	発電システム
1 1	点検通路（付属物）
1 2	歩廊（梁）
1 4	<u>手摺（一部分）</u>
2 0 , 5 0	発電装置
2 1	ケース
2 2	アーム
2 5	計測器
2 6	ベース板
2 7 , 5 2	弾性部材
3 0 , 5 3	質量体
4 0	変換部
4 2	磁歪棒
4 4	支持部材

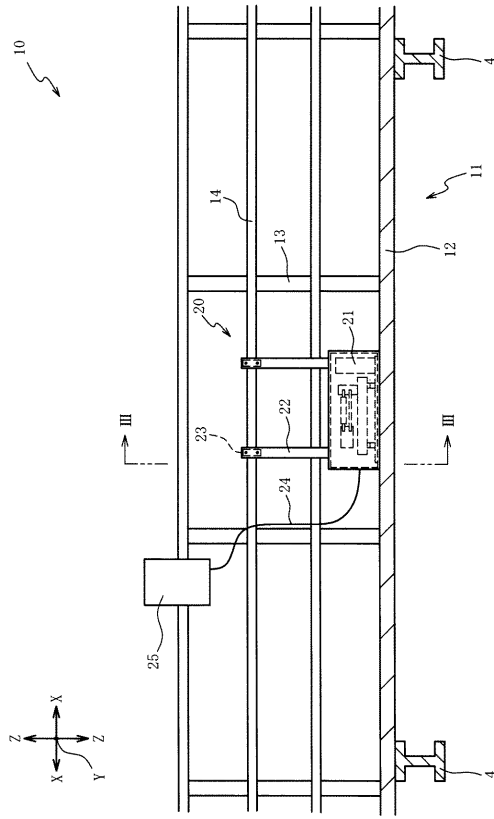
30

40

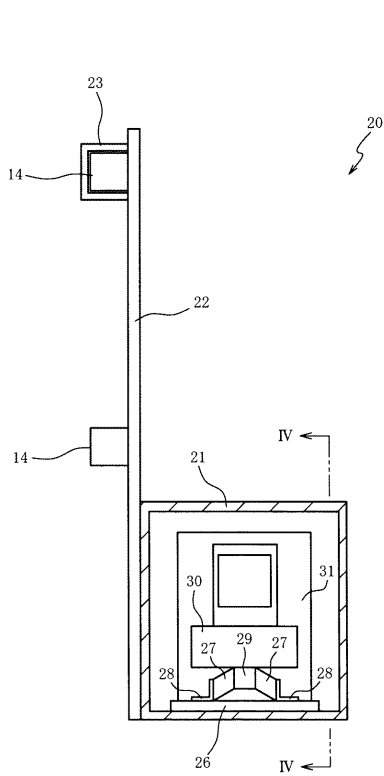
【図 1】



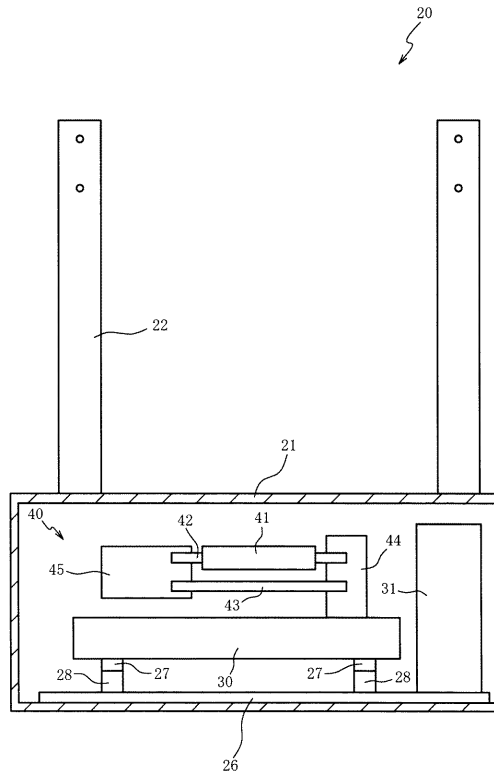
【図 2】



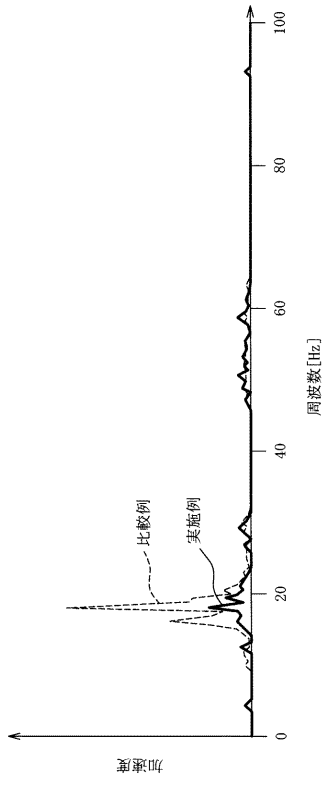
【図 3】



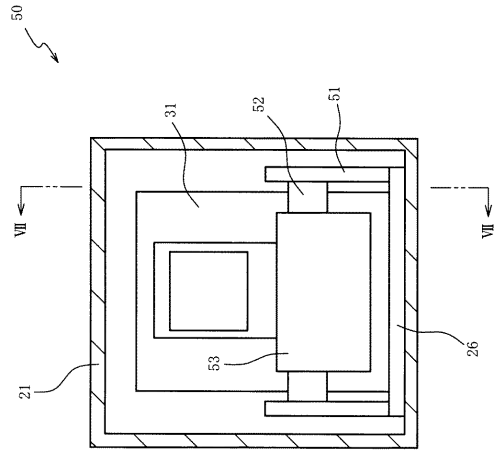
【図 4】



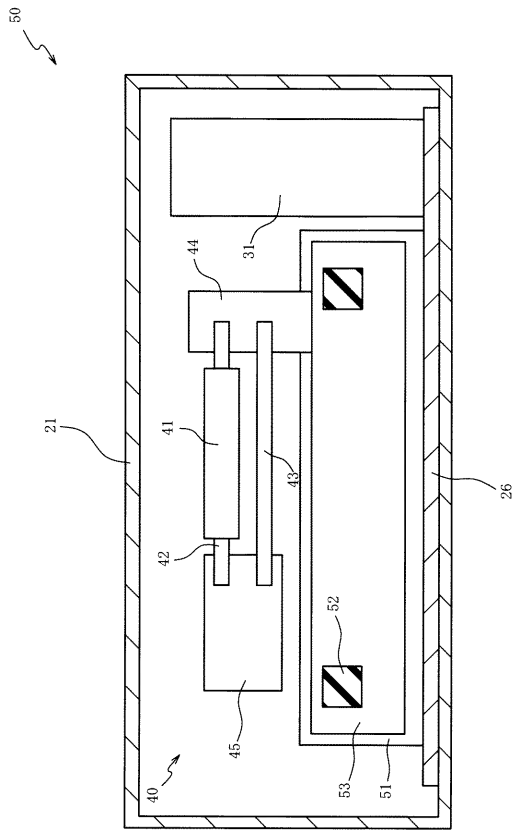
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 鈴木 威
大阪府大阪市中央区久太郎町四丁目1番3号 阪神高速道路株式会社内
- (72)発明者 八ツ元 仁
大阪府大阪市中央区久太郎町四丁目1番3号 阪神高速道路株式会社内
- (72)発明者 篠田 隆作
大阪府大阪市中央区久太郎町四丁目1番3号 阪神高速道路株式会社内

審査官 池田 貴俊

- (56)参考文献 特開2011-172352(JP, A)
特開2015-224514(JP, A)
特開2015-109350(JP, A)
国際公開第2014/141557(WO, A1)
特開平06-209128(JP, A)
特開2017-089559(JP, A)
米国特許出願公開第2012/0068473(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N 2/18
F16F 15/02
H01L 41/053
H01L 41/113
H01L 41/12