

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4278987号  
(P4278987)

(45) 発行日 平成21年6月17日(2009.6.17)

(24) 登録日 平成21年3月19日(2009.3.19)

(51) Int.Cl.	F 1
<b>B 6 1 D 33/00 (2006.01)</b>	B 6 1 D 33/00 Z
<b>B 6 1 D 17/00 (2006.01)</b>	B 6 1 D 17/00 Z
<b>F 1 6 F 15/02 (2006.01)</b>	F 1 6 F 15/02 C

請求項の数 1 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2003-226 (P2003-226)	(73) 特許権者 000173784 財団法人鉄道総合技術研究所 東京都国分寺市光町2丁目8番地38
(22) 出願日 平成15年1月6日(2003.1.6)	(74) 代理人 100100413 弁理士 渡部 温
(65) 公開番号 特開2004-1686 (P2004-1686A)	(72) 発明者 富岡 隆弘 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団法人 鉄道総合技術研究所内
(43) 公開日 平成16年1月8日(2004.1.8)	(72) 発明者 瀧上 唯夫 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団法人 鉄道総合技術研究所内
審査請求日 平成17年6月30日(2005.6.30)	審査官 西中村 健一
(31) 優先権主張番号 特願2002-94494 (P2002-94494)	
(32) 優先日 平成14年3月29日(2002.3.29)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	
特許法第30条第1項適用 2002年9月13日金沢大学において開催されたDynamics & Design Conference 2002 日本機械学会機械力学・計測制御部門講演会で発表	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鉄道車両の振動低減方法及び鉄道車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

乗客の座る腰掛の配列された車体床を備える鉄道車両であって、  
前記車体床と前記腰掛との間に介在された、弾性体又は粘弾性体からなる弾性支持体と

、  
前記腰掛に乗客が着座した場合に前記弾性支持体の動きがロックされるロック機構と、  
を備えることを特徴とする鉄道車両。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、鉄道車両の車体の弾性振動を低減する方法等に関する。特に、車体重量の大幅な増加を伴わずに車体弾性振動を低減することのできる方法等に関する。

【0002】

【背景技術及び発明が解決しようとする課題】

近年、鉄道車両の軽量化が進んでおり、これに伴って鉄道車両車体の剛性が低下する傾向がある。車体の剛性が低下すると、車体の弾性振動(上下曲げ振動)の発生が顕著となる。このような弾性振動は、乗客数の増減によって発生具合が変化するが、人間が最も敏感な周波数帯域において発生する場合も多く、乗り心地悪化の原因にもなっている。

【0003】

これに対し、現状では、車体に粘弾性層と拘束層からなる制振材を貼付したり、アクティ

ブあるいはセミアクティブ制御を行なう等をして、車体の弾性振動を低減することが提案されており、現在も研究が進められている。なお、車体に制振材を付加して弾性振動の低減を図る事例は、既に新幹線で実用化されている（鈴木康文らによる『鉄道車両の車体曲げ振動の制振法』、No. 97-1、日本機械学会第74期通常総会講演会講演論文集（I）、pp. 691～692参照）。

【0004】

あるいは、鉄道車両車体の弾性振動低減方法の一種として、付加質量と支持バネからなる動吸振器による制振効果を利用するものが知られている。その一例としては、石川龍太郎らによる『ダイナミックダンパによる車体曲げ振動の低減』、No. 910-17、日本機械学会第68期通常総会講演会講演論文集（Vol. C）、pp. 531～533を挙げることができる。

10

【0005】

この石川らによる論文においては、車体質量の5%程度の付加質量ダイナミックダンパ（動吸振器）を用いて車体上下曲げ振動を $1/3 \sim 1/4$ に低減できるという理論解析の結果、並びに、約1000kgのダイナミックダンパを用いて車体曲げ振動を半減できるという実車試験の結果が報告されている。しかしながら、この方法ではダイナミックダンパ分の大幅な付加質量が必要となる。

【0006】

本発明は、前述の課題を解決するためになされたものであって、車体重量の大幅な増加を伴わずに車体弾性振動を低減することのできる方法等を提供することを目的とする。

20

【0007】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するため、本発明のベースとなる第1の鉄道車両の振動低減方法は、乗客の座る腰掛の配列された車体床を備える鉄道車両における振動低減方法であって、前記車体床と前記腰掛との間に弾性体又は粘弾性体からなる弾性支持体を介在させ、前記腰掛の質量を利用した動吸振効果により前記鉄道車両の車体の弾性振動を低減することを特徴とする。

この方法によれば、乗客の座る腰掛の質量を利用した動吸振効果により車体の弾性振動を低減する。そのため、車体重量の大幅な増加を伴わずに車体弾性振動を低減することができる。

30

【0008】

本発明の鉄道車両は、乗客の座る腰掛の配列された車体床を備える鉄道車両であって、前記床と前記腰掛との間に介在された、弾性体又は粘弾性体からなる弾性支持体と、前記腰掛に乗客が着座した場合に前記弾性支持体の動きがロックされるロック機構と、を備えることを特徴とする。

本発明によれば、空席時の腰掛を利用して動吸振効果を実現できる。そのため、もっとも乗客に不快な振動の起き易い空車状態において、車体の振動低減効果を得ることができる。一方、着席時には腰掛を支持する弾性支持体がロックされることにより、乗客の違和感はない。

【0009】

40

本発明のベースとなる第2の鉄道車両の振動低減方法は、鉄道車両における振動低減方法であって、前記鉄道車両の車体と、該車体に複数分散配置されている装架物との間に、弾性体又は粘弾性体からなる弾性支持体を介在させ、前記装架物の質量を利用した動吸振効果により前記車体の弾性振動を低減することを特徴とする。

【0010】

本発明における装架物とは、車体内に設置される腰掛や棚、車体天井に設置されるエアコンユニット、あるいは、車体床下に設置される各機器（コンプレッサやトランス等）等、鉄道車両に装備される各種装架物を指す。本発明によれば、このような装架物を利用した動吸振効果により車体の弾性振動を低減できるので、車体重量の大幅な増加を伴わずに車体弾性振動を低減することができる。

50

## 【 0 0 1 1 】

上記第2の鉄道車両の振動低減方法においては、前記車体の各部位において発生する振動の振動数に対応させて、前記装架物の質量もしくは前記弾性支持体の剛性を変化させることにより、動吸振器の固有振動数を選択することができる。

この場合、車体の複数の弾性振動モード（特に乗り心地に悪影響を与えると考えられる主要な固有振動モード）に応じた振動低減を図ることができる。

## 【 0 0 1 2 】

鉄道車両の車体では、天井や床、側の各面が独立に振動する場合があります、それぞれの弾性振動モードが異なる場合があります。本発明のこの態様によれば、装架物やその配置部位に応じて弾性支持体の剛性を変化させることで、複数の弾性振動モードに応じた振動低減を図ることができる。

10

## 【 0 0 1 3 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る鉄道車両の車体及び腰掛を示す模式的側面図である。

図2は、同鉄道車両の車体及び腰掛を示すモデル図である。

図3は、同鉄道車両の床 腰掛接続部の構造（空席時）を示す拡大図である。

図4は、同鉄道車両の床 腰掛接続部の構造（着席時）を示す拡大図である。

## 【 0 0 1 4 】

20

図1及び図2に示す鉄道車両の車体10は、屋根11、床13、及び、これらの間の側板を備えている。車体10内において、床13の上には、乗客Hの座る腰掛15が複数配列されている。なお、特に図示されないが、床13の前後下面に設けられる台車や、車体10前後に設けられる連結器等の機器は、従来より使用されているものと同様である。

## 【 0 0 1 5 】

図3及び図4に示すように、腰掛脚部材15Xの下面部15Aには脚部16が設けられている。この下面部15Aには、ボルト21が固定されている。このボルト21の軸部21Aは、腰掛脚部材15Xの下面部15Aよりも下方に延び出しており、車体10の床13に上下方向に摺動可能に挿通されている。ボルト21の軸部21Aの下端には、ナット23が固定されている。このナット23は、ボルト21の上方向への抜け止めの役割を果たす（図3参照）。そして、腰掛脚部材15Xの下面部15Aと車体10の床13との間において、ボルト21の軸部21Aにはバネ25が外嵌している。

30

## 【 0 0 1 6 】

図3に示す空席時においては、腰掛脚部材15Xはバネ25に付勢されて、車体10の床13上面よりも上方に変位する。このとき、腰掛脚部材15Xは、バネ25に支持されて浮く形となる。この空席時においては、腰掛15はバネ25に付勢されつつ上下方向に振動可能である。

なお、バネ25は、弾性体としては板バネや皿バネ、コイルバネ等を用いることができ、粘弾性体としてはゴム等を用いることができる。

## 【 0 0 1 7 】

40

図4に示す着席時においては、腰掛脚部材15Xに乗員の体重が加わる。すると、腰掛脚部材15Xに固定されたボルト21が車体10の床13に支持されつつ下方に摺動し、腰掛脚部材15Xの下面部15Aと車体10の床13上面との間でバネ25が縮まる。最終的に、腰掛脚部材15Xは、下面部15Aの脚部16が床13上面に接することで拘束される。

## 【 0 0 1 8 】

次に、主に図2のモデル図を参照しつつ、鉄道車両の腰掛の弾性振動のシミュレーションについて説明する。

腰掛15の質量を $m_1$ とし、乗員Hの質量を $m_2$ とする。腰掛15と床13間のバネ25は、バネ定数を $k_1$ 、減衰係数を $c_1$ とする。さらに乗員H自体のバネ定数を $k_2$ 、減衰

50

係数を  $c_2$  とする。このシミュレーションでは、腰掛 15 の質量  $m_1$  を用いて、バネ 25 に適切な弾性 ( $k_1$ 、 $c_1$ ) を与えることで、動吸振効果が得られることを確認する。さらに、乗員 ( $m_2$ 、 $k_2$ 、 $c_2$ ) が腰掛 15 に腰掛けた場合は、バネ 25 が潰れて図 4 に示す着席時の状態となり、腰掛 15 が床 13 にロックされる場合の振動低減効果も確認する。なお、バネ 25 は、腰掛 15 及び乗員の質量 ( $m_1 + m_2$ ) が 30 kg 程度で潰れて変形しなくなるものとする。

#### 【0019】

このシミュレーションでは、車体 10 の前端 (図 2 の左端) から車体 10 全長の 5% の位置を、実際の走行時と同程度の振幅となるような力で加振し、車体 10 中央の振動を測定した。その結果、空席時 (図 3 参照) の腰掛 15 の振動ストロークが 1 ~ 2 mm 程度であり、着席時 (図 4 参照) のバネ変位が 10 mm 程度であった。したがって、バネ 25 のストロークが 3 ~ 8 mm 程度であれば、空席時 (図 3 参照) 及び着席時 (図 4 参照) の腰掛 15 の状態を実現することが可能であることがわかった。

#### 【0020】

前述のシミュレーションの結果について述べる。

図 5 は、本発明に係る鉄道車両の弾性振動低減のためのシミュレーションの結果を示すグラフである。図 5 は、縦軸が加振力に対する振動加速度の周波数応答 (FRF) ゲイン (単位 ( $m/s^2$ ) / N) を表し、横軸が振動周波数 (単位 Hz) を表す。

図中のグラフ (実線) は、従来の通常の車両であって、腰掛が最初から床に完全に固定されている場合を示す。

図中のグラフ (破線) は、本実施例で述べた腰掛の空席時の場合を示す。

図中のグラフ (一点鎖線) は、本実施例で述べた腰掛の着席時 (満席状態) で、仮にロック機構がない場合を示す。

図中のグラフ (二点鎖線) は、本実施例で述べた腰掛の着席時 (満席状態) の腰掛ロックの場合を示す。

#### 【0021】

図 5 のグラフからわかるように、従来の腰掛のグラフ は、12 Hz 程度において大きい振動のピークがある。一方、本実施例で述べた腰掛のグラフ は、13 Hz 程度においてグラフ よりも振動のピークが小さく、グラフ は 12 ~ 13 Hz 程度においてグラフ よりもさらに振動のピークが小さくなっている。そして、グラフ は、振動のピークがほぼなくなり、グラフ に比べてゲインが半分以下になっている。

#### 【0022】

結局、本実施例で述べた腰掛 (グラフ 、 ) は、いずれも従来の腰掛の場合 (グラフ ) よりも曲線のピークが減少している。これは、空席時 (グラフ ) には腰掛及びこれを支持するコイルバネの質量で動吸振効果が得られることと、着席時 (グラフ 、 ) には腰掛上部のクッションと乗客の体の相互作用で振動が低減されていることを示している。このように、本発明によれば、空車あるいは満車のいずれの状態においても、車体の振動低減効果が得られることがわかる。

#### 【0023】

次に、本発明の第 2 の実施の形態について述べる。

図 6 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る鉄道車両の車体及び装架物を示す模式的側面図である。

図 6 に示す鉄道車両の車体 10 は、屋根 11、床 13、及び、これらの間の側板を備えている。この車体 10 の屋根 11 上面側には、エアコンユニット 30 がバネ 40 を介して弾性支持されている。さらに、屋根 11 下面側 (車体 10 内) には、棚 32 がバネ 42 を介して弾性支持されている。一方、車体 10 の床 13 下面側には、トランス 31 a、31 b がそれぞれバネ 41 a、41 b を介して吊り下げられている。車体 10 内において、床 13 の上には、乗客 H の座る腰掛 15 がバネ 45 を介して複数配列され、分散型の動吸振器を形成している。各腰掛 15 下のバネ 45 のバネ剛性はそれぞれ異なっており、動吸振器の固有振動数は、各腰掛 15 の配置位置において車体 10 に生じる主な振動の周波数と一

致させている。

【 0 0 2 4 】

次に、第 2 の実施の形態について、F E M (有限要素法) モデルを用いて行なったシミュレーションの結果について述べる。

ここで述べるシミュレーションでは、車体の複数の振動モード (一次曲げ以上の高次の曲げ振動) を取り扱い、走行中の車両の乗り心地に対する振動モードの影響を調べる。そのため、図 7 あるいは図 8 に示すような、特急車両の先頭車部分の F E M モデルを作製した。この F E M モデルでは、車体幅方向の 1 / 2 の部分のみ (半車体: 図中符号 t = 全車幅の 1 / 2) を対象としている。F E M モデルの節点数は凡そ 2 6 0 0 であり、要素数は約 5 0 0 0 である。

10

【 0 0 2 5 】

まず、このような車体単体の F E M モデルを、腰掛のない車体単体に相当するものと考え、固有振動モード解析と周波数応答解析を行った。その結果、車両の乗り心地に対して影響を与えると考えられる主要な固有振動モードとして、図 7 ( B ) に示すモード 1 (モードの固有振動数  $f_1 = 8.9 \text{ Hz}$  の場合) と、図 8 ( B ) に示すモード 2 (モードの固有振動数  $f_2 = 15.3 \text{ Hz}$  の場合) が得られた。なお、これら各図において、( A ) は車体変形前のモデルの状態を表し、( B ) は車体変形後のモデルの状態を表す。

【 0 0 2 6 】

さらに、このシミュレーションでは、腰掛を固定した車体 (現状の車体) と、腰掛を弾性支持した車体 (本発明に係る動吸振器を有する車体) とについて、それぞれのモデルを作成した。このモデルで用いた腰掛は、1 列当たり (2 人掛  $\times$  2 脚) の質量  $m_s$  が約 7 2 k g であり、車体の前後の出入り台間 (図 7 及び図 8 の白抜き部分間: 図中符号 D) に全部で 1 2 列設置されている。F E M モデル上において、各腰掛は質点で表されている。腰掛を固定した車体のモデル (これをモデル 0 とする) では、質点 (腰掛) と車体床上の最も近い節点との間が剛結合されている。一方、腰掛を弾性支持した車体のモデル (これを後述するモデル 1 及びモデル 2 とする) では、質点 (腰掛) と車体床上の最も近い節点との間が、上下方向のみの成分をもつバネで結合されており、分散型の動吸振器を構成している。

20

【 0 0 2 7 】

本シミュレーションは、車体の複数の振動モードが乗り心地に影響を与えている場合に、動吸振器が分散型であることを利用して局所的にチューニング周波数を変化させ、複数の振動モードの振動低減効果を調べることを目的の一つとしている。そこで、腰掛を弾性支持した車体に関しては、以下の (モデル 1) 及び (モデル 2) の場合に分けてチューニングを行なった:

30

(モデル 1) 全ての腰掛の共振点をモード 1 (すなわちモードの固有振動数  $f_1 = 8.9 \text{ Hz}$ ) にチューニングする。

(モデル 2) モード 1 の振幅が比較的大きい車体中央部 (4 ~ 9 列目) の腰掛を 8.9 Hz にチューニングするとともに、モード 2 の振幅が比較的大きい前部 (1 ~ 3 列目) 及び後部 (10 ~ 12 列目) の腰掛を 15.3 Hz にチューニングする。

【 0 0 2 8 】

40

なお、動吸振器をチューニングする際には、

$$f = (2 \quad )^{-1} (k / m_s)^{1/2}$$

に基づき、バネ定数  $k$  を決定した。今の場合、モード 1 では  $f = 8.9$  であり、モード 2 では  $f = 15.3$  である。さらに、前述したように、腰掛の質量  $m_s = 72$  である。

【 0 0 2 9 】

図 9 に本シミュレーションの結果を示す。図 9 のグラフは、前述した 3 つの F E M モデル、すなわち、

(モデル 0) 腰掛を固定した現状の車体のモデル (図中一点鎖線のグラフ: 動吸振器なし)、

(モデル 1) 全ての腰掛の共振点をモード 1 にチューニングしたモデル (図中点線のグラ

50

フ：モード1を制振対象とした場合)、  
 (モデル2)車体中央部(4~9列目)の腰掛を8.9Hzにチューニングするとともに、前部(1~3列目)及び後部(10~12列目)の腰掛を15.3Hzにチューニングしたモデル(図中実線のグラフ:モード1とモード2を制振対象とした場合)、  
 について、輪軸位置からの変位加振に対する床上の振動加速度についてFRFを求めた結果が示されている。なお、実際のシミュレーションでは、最前列、中央列及び最後列の腰掛が取り付けられている位置の床面上を加速度の観測点としたが、図9では中央列のみの結果が示されている。

#### 【0030】

図9に示す結果から、前述の(モデル1)のチューニングを行なった場合(図9中点線のグラフ)は、前述の(モデル0)の動吸振器のない現状の場合(図9中一点鎖線のグラフ)と比較して、FRFの9Hz付近のピークが押し下げられ、振動低減効果が得られている。一方、前述の(モデル2)のチューニングを行なった場合(図9中実線のグラフ)は、FRFの9Hz付近の低減幅は(モデル1)の場合よりも小さいが、FRFの15Hz付近の大きさが大幅に低下していることがわかる。したがって、今回提案した分散型の動吸振器を用いて、複数の振動モードをターゲットとした制振を行なうことにより、単一モードのみのときよりもさらに乗り心地の改善を図ることができる可能性があると考えられる。

10

#### 【0031】

なお、動吸振器が設置されていない箇所においても同様の確認を行なった。その結果、車体中心線上(通路上)の前後台車直上及び中央の位置においても、腰掛が取り付けられている位置とほぼ同様の傾向が見られた。

20

#### 【0032】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、車体重量の大幅な増加を伴わずに車体弾性振動を低減することのできる方法を提供することができる。あるいは、空席時の腰掛を利用して動吸振効果を実現できる鉄道車両を提供することができる。車体の各部位において発生する振動の振動数に対応させて、装架物の質量もしくは弾性支持体の剛性を変化させることにより、動吸振器の固有振動数を選択する場合は、車体の複数の弾性振動モード(特に乗り心地に悪影響を与えると考えられる主要な固有振動モード)に応じた振動低減を図ること

30

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る鉄道車両の車体及び腰掛を示す模式的側面図である。

【図2】同鉄道車両の車体及び腰掛を示すモデル図である。

【図3】同鉄道車両の床 腰掛接続部の構造(空席時)を示す拡大図である。

【図4】同鉄道車両の床 腰掛接続部の構造(着席時)を示す拡大図である。

【図5】本発明に係る鉄道車両の弾性振動低減のためのシミュレーションの結果を示すグラフである。

【図6】本発明の第2の実施の形態に係る鉄道車両の車体及び装架物を示す模式的側面図である。

40

【図7】本実施の形態に係る鉄道車両の車体のFEMモデル(周波数 $f_1 = 8.9$ Hzの場合)を示す図である。(A)は変形前の形状を示すモデル図であり、(B)は変形後の形状を示すモデル図である。

【図8】本実施の形態に係る鉄道車両の車体のFEMモデル(周波数 $f_2 = 15.3$ Hzの場合)を示す図である。(A)は変形前の形状を示すモデル図であり、(B)は変形後の形状を示すモデル図である。

【図9】本実施の形態に係るFEMモデルを用いたシミュレーションの結果を示すグラフである。

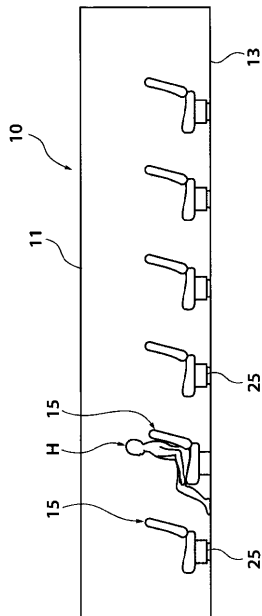
##### 【符号の説明】

50

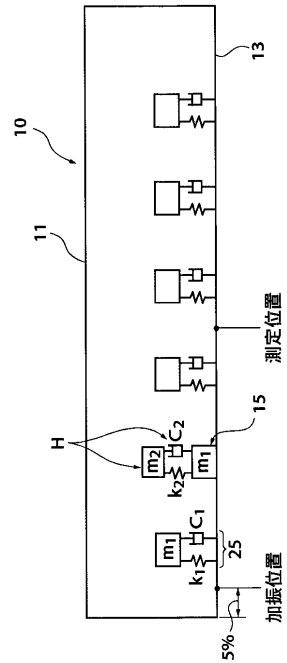
H 乗客

- 10 車体
- 11 屋根
- 13 床
- 15 腰掛
- 15 X 腰掛脚部材
- 15 A 腰掛脚下面部
- 16 脚部
- 21 ボルト
- 21 A 軸部
- 23 ナット
- 25 パネ
- 30 エアコンユニット
- 31 a、31 b トランス
- 32 棚
- 40、41 a、41 b、41、42、45 パネ

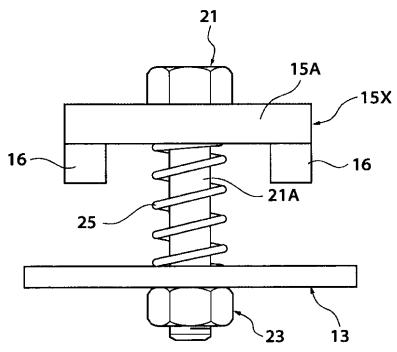
【図1】



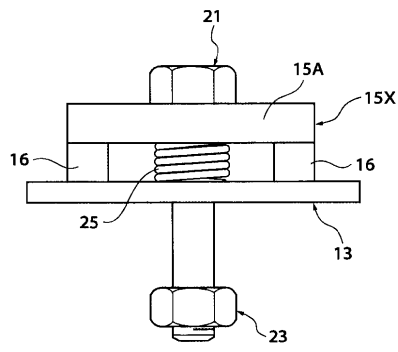
【図2】



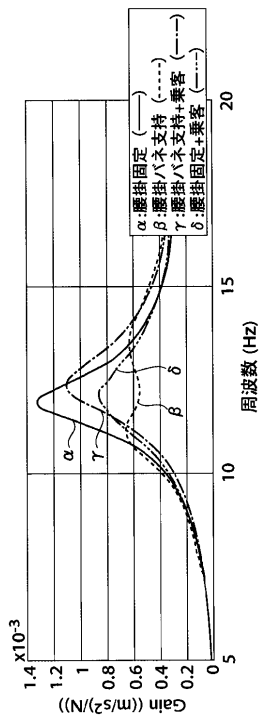
【 図 3 】



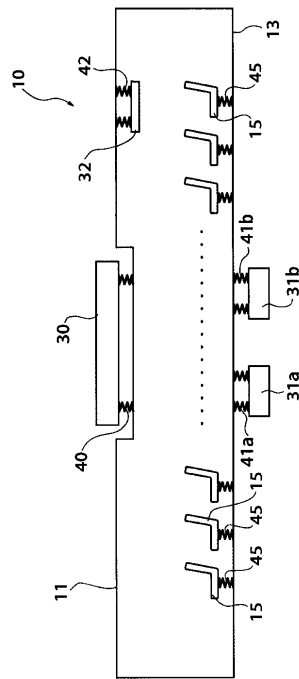
【 図 4 】



【 図 5 】

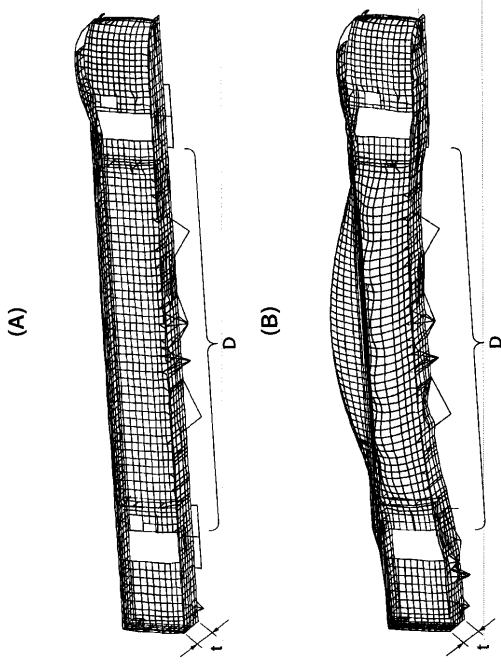


【 図 6 】

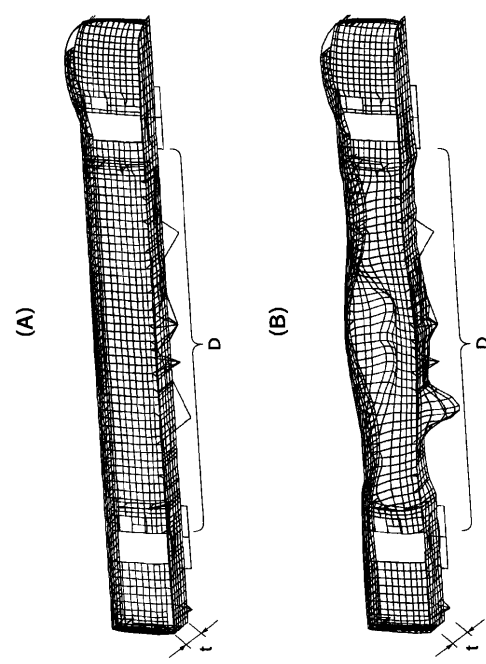




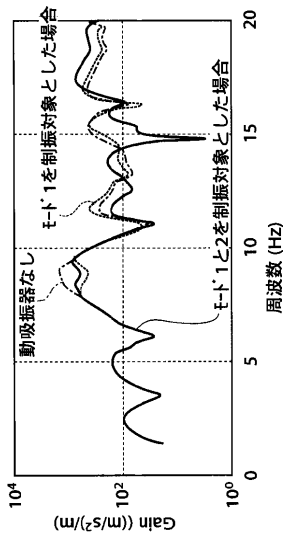
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平03 - 204369 (JP, A)  
特開平02 - 197446 (JP, A)  
特開2002 - 104181 (JP, A)  
特開2000 - 088044 (JP, A)  
特開2000 - 142396 (JP, A)  
特開2002 - 029420 (JP, A)  
特開平04 - 287760 (JP, A)  
特開平10 - 109551 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

- B61D 33/00  
B61D 49/00  
B61D 17/00、10  
B61C 17/12  
F16F 15/00-36