

(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2006-299524

(P2006-299524A)

(43) 公開日 平成18年11月2日(2006.11.2)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)
E O 4 H	9/02	(2006.01)	E O 4 H	9/02	3 3 1 Z
E O 4 B	1/36	(2006.01)	E O 4 B	1/36	N
F 1 6 F	15/02	(2006.01)	F 1 6 F	15/02	A
F 1 6 F	15/023	(2006.01)	F 1 6 F	15/023	Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2005-118280 (P2005-118280)	(71) 出願人	000000549
(22) 出願日	平成17年4月15日 (2005.4.15)		株式会社大林組
特許法第30条第1項適用申請有り 2005年3月1日 社団法人日本原子力学会発行の「日本原子力学会 2005年(第43回)春の年会 要旨集」に発表		(74) 代理人	110000176 一色国際特許業務法人
		(72) 発明者	蔭山 満 東京都清瀬市下清戸4丁目640番地 株式会社大林組技術研究所内
		(72) 発明者	白浜 健二 東京都港区港南2丁目15番2号 株式会社大林組東京本社内
		(72) 発明者	梅木 克彦 東京都港区港南2丁目15番2号 株式会社大林組東京本社内
		Fターム(参考)	3J048 AD03 BE02 CB19 DA01 EA38

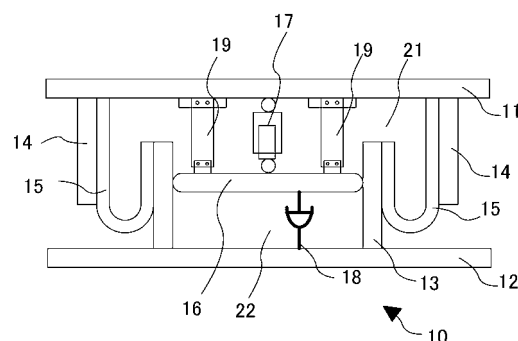
(54) 【発明の名称】 免震装置、免震システム

(57) 【要約】

【課題】建物の固有周期を長周期化することが可能であり、さらに、鉛直及び水平方向の免震機能が一体となった小型の免震装置を提供する。

【解決手段】免震装置10を、下部基礎版11と、下部基礎版11から突出する第1の筒部13と、上部基礎版12と、上部基礎版12から突出する第2の筒部14と、第1の筒部13と第2の筒部14との間に弛緩状態で取り付けられ、下部基礎版11と上部基礎版12との間に気密室を画成する可撓性シール部材15と、第1の筒部13の内側を気密状態で上下に昇降可能に設けられ、前記気密室を下方基礎版11側の第1気密室と、上方基礎版12側の第2気密室とに区画する水平力伝達板16とからなる3次元空気ばね免震装置に、水平力伝達板16と上部基礎版12との間の距離を一定に保ちつつ、上部基礎版12の水平変位を許容する案内機構19と、両端部が夫々水平力伝達板16と上部基礎版12とに回転可能に連結され、常時圧縮状態とされたばね部材17と、を備えることとする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

建物の振動を抑えるための免震装置であって、

前記建物側に設けられる上部基礎版と、前記建物が構築される支持地盤側に設けられる下部基礎版との間に設置された 3 次元空気ばね免震装置と、

前記 3 次元空気ばね免震装置の内部に設けられ、水平方向への変位が拘束され、鉛直方向に変位可能とされた水平力伝達板と、

前記水平力伝達板と前記上部基礎版との間に設けられ、前記水平力伝達板と前記上部基礎版との間の距離を一定に保ちつつ、前記上部基礎版の水平変位を許容する案内機構と、

両端部が夫々前記水平力伝達板と前記上部基礎版とに回動可能に連結され、常時圧縮状態とされたばね部材と、を備えることを特徴とする免震装置。 10

【請求項 2】

前記 3 次元空気ばね免震装置は、

前記上部基礎版及び前記下部基礎版の一方の基礎版から他方の基礎版に向けて突出する第 1 の筒部と、

他方の基礎版から前記一方の基礎版に向けて突出し、前記第 1 の筒部を、間隔をおいて取り囲むように設けられた第 2 の筒部と、

前記第 1 の筒部と前記第 2 の筒部との間に弛緩状態を取り付けられ、前記上部基礎版と前記下部基礎版との間に気密室を画成する可撓性シール部材と、を備え、

前記水平力伝達板は前記第 1 の筒部の内側を気密状態で上下に昇降可能に設けられ、前記気密室を前記他方の基礎版側の第 1 気密室と、前記一方の基礎版側の第 2 気密室とに区画しており、 20

前記第 2 気密室には前記第 1 気密室よりも高圧の気体が封入されていることを特徴とする免震装置。

【請求項 3】

前記一方の基礎版と前記水平力伝達板の間に、両者の鉛直方向相対変位に応じて鉛直方向の減衰力を発生するためのダンパーを接続したことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の免震装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 記載の免震装置と、

前記建物に水平方向制振力を作用させるアクチュエータと、を備えることを特徴とする免震システム。 30

【請求項 5】

前記アクチュエータの先端と前記建物との間にばねを介在させたことを特徴とする請求項 4 記載の免震システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、免震装置及び免震システムに関し、特に、鉛直及び水平方向の 3 次元免震及び水平方向の超長周期化が可能な免震装置及び前記免震装置とアクチュエータからなる免震システムに関する。 40

【背景技術】

【0002】

近年、建物の高層化にともない、固有周期の長い建物が増加してきているため、長周期振動に対しても免震可能な免震構造が望まれている。免震構造としては、建物支持構造に積層ゴムや空気ばねを介在させる方法等が広く用いられている。積層ゴムや空気ばねは、建物の自重を負担しなければならないので、所定の剛性を有していなければならない。しかし、積層ゴム等に所定の剛性を持たせると、建物の固有周期も短くなるので、免震効果が低下してしまう。 50

【 0 0 0 3 】

そこで、建物の下部に積層ゴムや空気ばね等のパッシブ免震装置に加えて、長周期地震動を吸収するためのアクチュエータを設置し、アクチュエータにより振動と逆向きに変位を与えて振動を吸収するアクティブ免震の手法が提案されている。しかし、積層ゴムや空気ばね等の免震装置では長周期の振動を十分に免震することができず、アクチュエータに非常に大きな駆動力が必要になるという問題があった。

【 0 0 0 4 】

これに対して、例えば特許文献 1 には、基礎と免震対象の構造物との間に鉛直方向の制振のための空気ばね及び油圧シリンダと、水平方向の制振のための積層ゴム及び油圧シリンダとを設け、さらに、油圧シリンダの制振作用方向に補助力を導入するために、構造物と基礎との間に鉛直及び水平方向に圧縮状態の鉛直及び水平方向弾性ばねを設けた 3 次元制振装置が記載されている。

10

【 0 0 0 5 】

上記の制振装置に微小な変位が生じると、積層ゴムは変位と逆向きの復元力を作用するが、圧縮状態の弾性ばねは変位と同じ方向に弾発力を作用する。このため、積層ゴムの復元力と弾性ばねの弾発力が互いに打ち消しあうので、免震装置全体とした剛性を小さくすることができる。これにより、建物の鉛直及び水平方向の固有周期を高周期化することが可能となる。

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 2 7 1 8 6 9 号公報

【 発明の開示 】

20

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

しかし、上記の制振装置は、鉛直及び水平方向の制振装置をそれぞれ独立に設けているため、制振装置の数が多くなる。このため、高額な設備費用がかかると共に、多数の制振装置を設置するために大きなスペースが必要となって設計の自由度が損なわれてしまうという問題がある。

【 0 0 0 7 】

そこで、本発明は、建物の固有周期を長周期化することでアクチュエータに必要とされる制振力を小さくすることが可能な 3 次元の免震装置を提供することを目的とし、さらに、このような免震装置とアクチュエータとからなる免震システムを提供することを目的とする。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の免震装置は、建物の振動を抑えるための免震装置であって、前記建物側に設けられる上部基礎版と、前記建物が構築される支持地盤側に設けられる下部基礎版との間に設置された 3 次元空気ばね免震装置と、前記 3 次元空気ばね免震装置の内部に設けられ、水平方向への変位が拘束され、鉛直方向に変位可能とされた水平力伝達板と、前記水平力伝達板と前記上部基礎版との間に設けられ、前記水平力伝達板と前記上部基礎版との間の距離を一定に保ちつつ、前記上部基礎版の水平変位を許容する案内機構と、両端部が夫々前記水平力伝達板と前記上部基礎版とに回動可能に連結され、常時圧縮状態とされたばね部材と、を備えることを特徴とする。

40

【 0 0 0 9 】

ここで、前記 3 次元空気ばね免震装置は、前記上部基礎版及び前記下部基礎版の一方の基礎版から他方の基礎版に向けて突出する第 1 の円筒部と、他方の基礎版から前記一方の基礎版に向けて突出し、前記第 1 の円筒部を、間隔をおいて取り囲むように設けられた第 2 の筒部と、前記第 1 の筒部と前記第 2 の筒部との間に弛緩状態で取り付けられ、前記上部基礎版と前記下部基礎版との間に気密室を画成する可撓性シール部材と、を備え、前記水平力伝達板は前記第 1 の円筒部の内側を気密状態で上下に昇降可能に設けられ、前記気密室を前記他方の基礎版側の第 1 気密室と、前記一方の基礎版側の第 2 気密室とに区画しており、前記前記第 2 気密室には前記第 1 気密室よりも高圧の気体が封入されていること

50

を特徴とする。

【0010】

また、前記一方の基礎版と前記水平力伝達板の間に、両者の鉛直方向相対変位に応じて鉛直方向の減衰力を発生するためのダンパーを接続してもよい。

【0011】

上記の免震装置によれば、水平変位を受けた際、圧縮された状態で挿入された負ばねと空気ばねがその復元力を違いに打ち消しあうため、変位が微少な領域での水平方向の剛性を小さくでき、これにより、建物の長周期化が可能である。さらに、鉛直方向も空気ばねにより免震されるので、3次元免震を一台の免震装置で実現できる。

【0012】

また、本発明の免震システムは、複数の上記の免震装置と、前記建物に水平方向制振力を作用させるアクチュエータとを備えることを特徴とする。ここで、アクチュエータの先端と前記建物との間にばねを介在させてもよい。

上記の免震システムによれば、上記の免震装置では免震できない水平方向の超長周期地震動をアクチュエータにより打ち消すことができる。また、上記の免震装置により、水平方向の剛性が低下しているため、アクチュエータの台数が少なくすみ、コストの削減が可能である。

【発明の効果】

【0013】

上記の免震装置によれば、建物の鉛直及び水平方向の固有周期を長周期化することができるため、3次元免震を一台の免震装置で実現できる。また、上記の免震システムによればアクチュエータの台数が少なくすみ、コストの削減が可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

(第1実施形態)

以下、本発明の免震装置の第1実施形態である免震装置を図面に基づき説明する。

【0015】

図1は、免震装置10の構成を示す鉛直断面図である。同図に示すように、免震装置10は、免震対象となる建物側に固定された上部基礎版11と、支持地盤側に固定された下部基礎版12と、下部基礎版12より上方に突出した第1円筒部材13と、上部基礎版11より下方に突出した第2円筒部材14と、第1円筒部材13と第2円筒部材14との間に配置された可撓性のシール部材であるローリングシール部材15と、第1円筒部材13の内面に気密かつ昇降可能に取付けられた水平力伝達板16と、上部基礎版11と水平力伝達板16との間に圧縮状態で配置された弾性ばね17と、水平力伝達板16と下部基礎版12との間に配置されたダンパー18と、上部基礎版11より下方に延びるリニアガイド19とから構成される。

【0016】

上部基礎版11は、その上部に免震の対象となる建物(図示せず)が一体に構築されており、地震時には建物と一体となって変位する。一方、下部基礎版12は、建物荷重を支持する基礎構造や支持地盤上に設置されており、地震時には基礎構造と一体となって変位する。第2円筒部材14は第1円筒部材13よりも大きい径を有し、第1円筒部材13を間隔をおいて取り囲み、かつ同心となるように設けられている。ローリングシール部材15は略円筒形に成形された例えばゴムなどの可撓性部材であり、その内周は第1円筒部材13の外周に沿って気密に取り付けられ、また、その外周は第2円筒部材14の内周面に沿って気密に取り付けられている。免震装置10に外力が作用していない状態では、ローリングシール部材15は第1円筒部材13と第2円筒部材14との間に垂れ下がるように、折り返されている。

【0017】

上部基礎版11と、第2円筒部材14と、ローリングシール部材15と、第1円筒部材13と、水平力伝達板16とで囲まれている部分は、気密性を持った閉空間(以下、第1

10

20

30

40

50

空気室 2 1 という)を形成している。上部基礎版 1 1 に作用する建物の鉛直荷重は第 1 空気室 2 1 に封入された空気を介して上部基礎版 1 1 から水平力伝達板 1 6 に伝達される。このため、第 1 空気室 2 1 内は、建物の荷重に耐えるのに十分な圧力に保たれている。

【0018】

また、同様に、下部基礎版 1 2 と、第 1 円筒部材 1 3 と、水平力伝達板 1 6 とで囲まれる部分も、気密性を持った閉空間(以下、第 2 空気室 2 2 という)を形成している。第 1 空気室 2 1 と第 2 空気室 2 2 とを区切る水平力伝達板 1 6 は、第 2 円筒部材の内周に鉛直方向に昇降可能に取付けられている。建物の自重は第 1 空気室を介して水平力伝達板 1 6 に伝達され、さらに、水平力伝達板 1 6 より第 2 空気室 2 2 内の空気を介して下部基礎版 1 2 に伝達される。また、上部基礎版 1 1 と水平力伝達板 1 6 との間には圧縮状態の弾性ばね 1 7 が配置されており、水平力伝達板 1 6 はその復元力を鉛直下向きに受けている。このため、第 2 空気室 2 2 内は、第 1 空気室 2 1 よりも高圧に保たれている。

【0019】

リニアガイド 1 9 は、例えば、水平力伝達板 1 6 より鉛直上向きに突出する部材の上端にローラーが設けられた部材などであり、上部基礎版 1 1 が水平力伝達板 1 6 との距離を一定に保ちつつ、水平方向に移動することを可能にするものである。

【0020】

次に、上記の免震装置 1 0 に水平方向荷重が作用した場合の動作について説明する。

免震装置 1 0 に水平方向荷重が作用すると、上部基礎版 1 1 と下部基礎版 1 2 とが相対的に水平変位する。図 2 は、上部基礎版 1 1 と下部基礎版 1 2 とが水平変位した時の、免震装置 1 0 の断面図である。また、図 3 は、空気ばね、弾性ばね 1 7、及び空気ばねと弾性ばね 1 7 を組み合わせた場合の水平方向荷重と水平方向変位の関係を示すグラフである。

【0021】

図 2 に示すように、上部基礎版 1 1 と下部基礎版 1 2 とが相対的に水平変位すると、上部基礎版 1 1 が移動した側(図 2 における右側)において第 1 円筒部材 1 3 と第 2 円筒部材 1 4 とが互いに離間するため、ローリングシール部材 1 5 のたわみが小さくなる。これに対し、第 1 円筒部材 1 3 と、第 2 円筒部材 1 4 とが離間する方向と逆側(図 2 における左側)では、第 1 円筒部材 1 3 と第 2 円筒部材 1 4 とが近接するため、ローリングシール部材 1 5 のたわみは大きくなる。このため、第 1 円筒部材 1 3 と第 2 円筒部材 1 4 とが近接する側は、離間する側に比べローリングシール部材 1 5 の水平方向投影面積が大きくなり、第 1 空気室 2 1 内の空気により水平方向の圧力を受ける面積が大きくなる。その結果、近接する側の第 1 円筒部材 1 3 には、離間する側に比べて大きな空気圧による荷重が作用し、免震装置 1 0 全体としてみると、離間する方向と逆向き(図 2 における左向き)に復元力が働くこととなる。このように、第 1 空気室 2 1 内の空気は水平方向変位が加わると、図 3 に破線で示す如く、水平方向変位に比例した復元力が作用して、水平方向の空気ばねとして機能する。

【0022】

また、弾性ばね 1 7 は、その両端を上部基礎版 1 1 及び水平力伝達板 1 6 にピン接合されているため、上部基礎版 1 1 が水平力伝達板 1 6 に対して水平方向に変位すると、それに応じて傾く。この時、弾性ばね 1 7 により上部基礎版 1 1 及び水平力伝達板 1 6 に働く復元力の水平方向成分 F は、ばね定数を K 、上部基礎版 1 1 の水平方向の変位を y 、弾性ばね 1 7 の傾斜角度を θ 、上部基礎版 1 1 と水平力伝達板 1 6 との間隔を D 、弾性ばね 1 7 の自然長を L とすると、以下の式(1)のように表される。

$$F = K \{ (D^2 + y^2)^{1/2} - L \} \cdot \sin \theta \quad \dots (1)$$

【0023】

ここで、 $\sin \theta = y / (D^2 + y^2)^{1/2}$ であるので、式(1)に代入すると、次の式(2)が得られる。

$$F = K \{ (D^2 + y^2)^{1/2} - L \} \cdot y / (D^2 + y^2)^{1/2} \quad \dots (2)$$

【0024】

この(2)式をグラフで示すと、図3の一点鎖線のようになる。このグラフからも分かるように、圧縮状態で鉛直方向に介装された弾性ばね17は、自然長に復元するまでの間、水平方向の変位と同じ向きの復元力を発生する(以下、このようなばねを負ばねという)。

【0025】

このように、上部基礎版11と下部基礎版12とが相対的に水平変位すると、上部基礎版11には、空気ばねの復元力と弾性ばね17の負ばねによる復元力とが作用する。そして空気ばねの復元力と上記負ばねの復元力とは逆向きであり、互いに打ち消し合うため、上部基礎版11に作用する水平方向復元力は図3に実線で示す通りとなり、免震装置10としての水平方向の剛性は低くなる。よって、免震装置10によれば、積層ゴムや空気ばねを用いた免震装置以上に建物の固有周期を長周期化することができ、非常に高い免震効果を持つことができる。

10

【0026】

次に、免震装置10に鉛直方向荷重が作用した場合の動作について説明する。

免震装置10に鉛直方向の振動が作用すると、上部基礎版11と下部基礎版12とが鉛直方向に互いに鉛直変位する。上部基礎版11と下部基礎版12とが鉛直変位すると、上部基礎版11と水平力伝達板16との間の距離は一定に保たれているため、水平力伝達板16は上部基礎版11とともに変位する。第2空気室22は気密性が保たれているため、水平力伝達板16の鉛直変位にともない、第2空気室22内部の気圧が変化し、内部の気圧に応じた復元力が水平力伝達板16に作用する。この復元力は、第2空気室22の体積変化に応じて変化するため、第2空気室22内の空気が鉛直方向に空気ばねとして機能する。

20

【0027】

空気ばねとしての機能により、建物の固有周期は長周期化されるため、免震効果を持たせることができる。さらに、建物に生じた揺れはダンパー18が振動エネルギーを吸収するため、振動を抑えることができる。

【0028】

上記のように、免震装置10によれば、水平方向振動に対して第1空気室21の空気ばねの作用及び負ばね17が互いに打ち消しあうため、長周期化することができ、非常に高い水平方向免震効果を得られる。また、鉛直方向の振動に対しても、第2空気室22の空気ばねの作用により免震効果を得られる。このように、免震装置10によれば鉛直及び水平方向の3次元免震を行う際に、鉛直及び水平方向それぞれに独立な免震装置を設ける必要がないため、設備が大規模にならず、設計の自由度を向上できる。

30

【0029】

上記の免震装置10を用いることで、以下に説明するような免震システムを構築できる。図4は免震システムの平面図である。免震システム30は、複数の前記の免震装置10と、強制的に建物32を変位させるアクチュエータ31とで構成される、いわゆるアクティブ免震システムである。免震装置10は、建物32と建物32を支持する基礎構造との間に設けられており、水平方向に適宜間隔をあけて配置されている。アクチュエータ31の先端には、ばね33が取り付けられており、このばね33を介して建物32に接続されている。アクチュエータ31は、建物32又は上部基礎版11と基礎構造との間に配置されており、水平方向に荷重を作用することができる。また、アクチュエータ31は、建物32から所定の距離だけ離れた位置に設けられたセンサ(図示せず)と回線を通じて結ばれている。

40

【0030】

地震時には、地震動は建物32周囲に設けられたセンサにより、地震動の周期や変位等が計測され、これらの情報はコンピュータ(図示せず)に送られる。コンピュータは、これらの情報に基づき、建物32に作用する水平方向加速度又は建物32が受ける変位等を計算し、上部基礎版11又は建物32に、地震により建物32が受ける変位を打ち消すような外力をアクチュエータ31により作用させる。これにより、免震装置10のみでは免

50

震できないような、地震動の長周期成分による変位を打ち消すことができ、長周期の水平方向の振動も免震することができる。

【 0 0 3 1 】

本発明の免震システム 3 0 によれば、免震装置 1 0 により、建物 3 2 の水平方向の固有周期が長周期化されているため、小さな制振力でアクティブ免震を実現することができるためアクチュエータの 3 1 の台数を減らすことができる。従来、アクチュエータ 3 1 にかかる負担が大きすぎるため、高コストとなってしまう、アクティブ免震の実現は困難であったが、アクティブ免震装置 3 0 によればアクチュエータ 2 1 にかかる負担が小さくなるため、より免震効果の大きいアクティブ免震が低コストで実現可能となる。

また、アクチュエータ 3 1 の先端にばね 3 3 を有することで以下の効果が得られる。アクチュエータは伝達される制御信号、特に信号中の高周波成分に対して極端な作動遅れを生ずるが、アクチュエータと構造物を直接結合して構成した場合、作動が遅れるアクチュエータ 3 1 の挙動が免震でなく反対に構造物のゆれを増幅させてしまうおそれがある。これに対し、本実施形態では、アクチュエータ 3 1 の先端にばね 3 3 を取り付けることにより、高周波成分に対応するアクチュエータ 3 1 の挙動をばね 3 3 によってカットでき、アクチュエータ 3 1 が免震とは反対に作用してもその挙動をばね 3 3 で制御してアクチュエータ 3 1 の作動遅れによる悪影響を取り除くことができる。さらに、フィードバック制御を行う際には、建物 3 2 から検出された制御に利用されるフィードバック信号に高周波成分が含まれていると制御系の発振の原因となるが、ばね 3 3 が介在することにより、建物 3 2 で検出される信号から高周波成分をカットでき、制御の安定性を向上してアクチュエータ 3 1 に十分な免震作用を発揮させることができる。

【 0 0 3 2 】

なお、本実施形態の免震装置 1 0 において、一方の基礎版を下方に、他方の基礎版を上方に配置する構成としたが、これに限らず、一方の基礎版を上方に、他方の基礎版を下方に配置する構成としてもよい。また、免震システム 3 0 は、必ずしも全ての免震装置 1 0 がダンパーを備える必要はなく、ダンパーを備えていない免震装置とダンパーを備える免震装置とを組み合わせたものとしてもよい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 3 】

【 図 1 】 免震装置の鉛直方向断面図である。

【 図 2 】 上部基礎版と下部基礎版とが互いに水平変位した時の、免震装置 1 0 の断面図である。

【 図 3 】 空気ばね、弾性ばね、及び空気ばねと弾性ばねを組み合わせた場合の水平方向荷重と水平方向変位の関係を示すグラフである。

【 図 4 】 免震システムの平面図である。

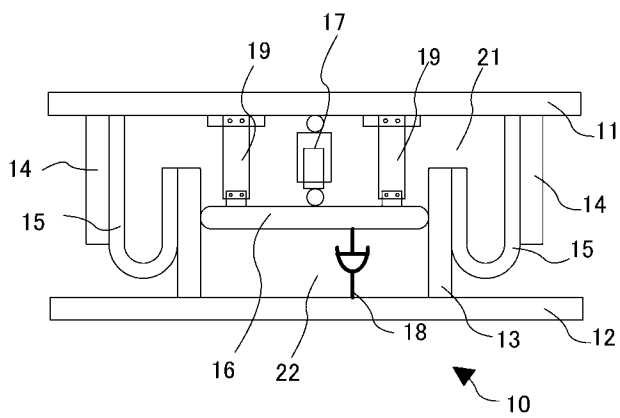
【 符号の説明 】

【 0 0 3 4 】

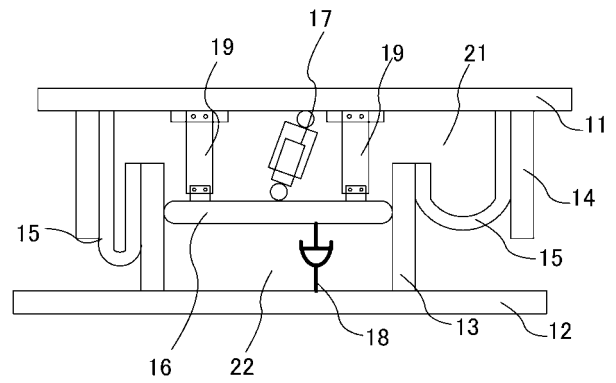
- 1 0 免震装置
- 1 1 上部基礎版
- 1 2 下部基礎版
- 1 3 第 1 円筒部材
- 1 4 第 2 円筒部材
- 1 5 ローリングシール部材
- 1 6 水平力伝達板
- 1 7 弾性ばね（負ばね）
- 1 8 ダンパー
- 1 9 リニアガイド
- 2 1 第 1 空気室
- 2 2 第 2 空気室
- 3 0 免震システム

- 3 1 アクチュエータ
- 3 2 建物
- 3 3 ばね

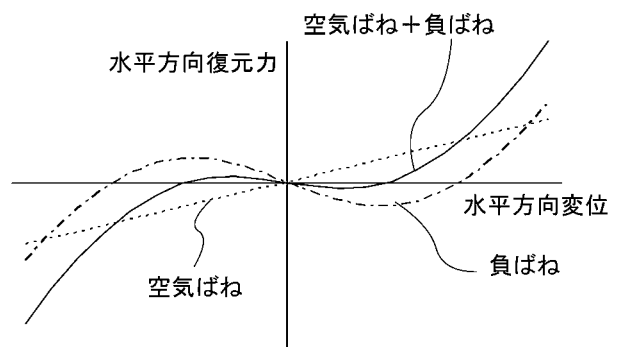
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【 図 4 】

