(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3988849号

(P3988849)

(45)発行日　平成19年10月10日(2007.10.10)　(24)登録日　平成19年7月27日(2007.7.27)

(51)Int.Cl.		F I		
F16F 15/04	(2006.01)	F16F	15/04	A
E01D 19/04	(2006.01)	E01D	19/04	B
E04B 1/36	(2006.01)	E04B	1/36	C
E04H 9/02	(2006.01)	E04H	9/02	331B

請求項の数 8　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願平11-35001
(22)出願日　平成11年2月12日(1999.2.12)
(62)分割の表示　特願平8-216605の分割
　原出願日　平成8年7月30日(1996.7.30)
(65)公開番号　特開平11-315884
(43)公開日　平成11年11月16日(1999.11.16)
　審査請求日　平成15年4月21日(2003.4.21)
　審判番号　不服2005-14080(P2005-14080/J1)
　審判請求日　平成17年7月21日(2005.7.21)
(31)優先権主張番号　特願平7-219594
(32)優先日　平成7年8月4日(1995.8.4)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000103644
　オイレス工業株式会社
　東京都港区浜松町一丁目３０番５号
(74)代理人　100098095
　弁理士　高田　武志
(72)発明者　岸園　司
　東京都港区芝大門１丁目３番２号　オイレス工業株式会社内
(72)発明者　下田　郁夫
　神奈川県藤沢市桐原町８番地　オイレス工業株式会社藤沢事業場内
(72)発明者　ウイリアム　ヘンリー　ロビンソン
　ニュージーランド国　イーストボーン　ニカウ　ストリート　９

最終頁に続く

(54)【発明の名称】免震装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

少なくとも一つの柱状鉛と、弾性材料層及び剛性材料層が交互に積層されてなる弾性体と、少なくともこの弾性体の内周面で規定されており、柱状鉛が密に配された少なくとも一つの中空部とを具備した免震装置であって、柱状鉛の剪断面の総面積Σａｐと弾性体の荷重面の面積Ａｒとの比Σａｐ／Ａｒが０．０１～０．１２であり、中空部に配された柱状鉛の体積Ｖｐと、柱状鉛が未挿入であって、弾性体に積層方向の荷重が加えられた状態での中空部の容積Ｖｅとの比Ｖｐ／Ｖｅが１．０２～１．１２であるようにして柱状鉛が中空部に密に配されてなり、前記積層方向の荷重を支持するようにした免震装置。

【請求項２】

比Ｖｐ／Ｖｅが１．０２～１．０７である請求項１に記載の免震装置。

【請求項３】

比Σａｐ／Ａｒが、０．０２～０．０７である請求項１又は２に記載の免震装置。

【請求項４】

比Σａｐ／Ａｒが、０．０３～０．０６である請求項１又は２に記載の免震装置。

【請求項５】

弾性材料層及び剛性材料層が交互に積層されてなる弾性体と、この弾性体の内周面で規定された少なくとも一つの中空部に配された柱状鉛とを具備した免震装置を一個以上有した免震システムであって、柱状鉛の剪断面の総面積Σａｐと弾性体の荷重面の総面積ΣＡｒとの比Σａｐ／ΣＡｒが０．０１～０．１２であり、中空部に配された柱状鉛の体積Ｖ

ｐと、柱状鉛が未挿入であって、弾性体に積層方向の荷重が加えられた状態での中空部の容積Ｖｅとの比Ｖｐ／Ｖｅが１．０２～１．１２であるようにして柱状鉛が中空部に密に配されてなり、前記積層方向の荷重を支持するようにした免震システム。

【請求項６】

比Ｖｐ／Ｖｅが１．０２～１．０７である請求項５に記載の免震システム。

【請求項７】

比Σａｐ／ΣＡｒが、０．０２～０．０７である請求項５又は６に記載の免震システム。

【請求項８】

比Σａｐ／ΣＡｒが、０．０３～０．０６である請求項５又は６に記載の免震システム。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、二つの構造物間に配されて両構造物間の相対的な水平振動のエネルギを吸収し、構造物への振動加速度を低減するための装置、特に地震エネルギを減衰して地震入力加速度を低減し、建築物、橋梁等の構造物の損壊を防止する免震装置及びこの免震装置を一個以上使用したシステムに関する。

【０００２】

【発明が解決しようとする課題】

振動エネルギ吸収体としては、例えば、特公昭６１－１７９８４号公報に記載のものが知られており、この振動エネルギ吸収体は、二つの構造物間に固定されていて剪断力を加えることによって塑性変形する鉛部材を有している。このような振動エネルギ吸収体の鉛部材は、その塑性変形において、亀裂等を生じることなしに振動エネルギを好ましく吸収するが、変形後も、通常のばねと異なり吸収したエネルギを構造物に戻さず、その変形した状態を維持し、構造物の元の位置への復帰を行わせ難いものである。

【０００３】

弾性材料層を構成するゴム等からなる弾性板と剛性材料層を構成する金属板とを交互に積層し、これらを互いに加硫接着等して相互に固着してなる免震装置としての弾性体は、地震入力加速度を低減し、構造物を地震の破壊力から一応保護するが、振動エネルギ吸収能力が低く、これを単独で免震装置として用いた場合、上記の鉛部材と比較して、地震動を受けた構造物の地震後の振動が鎮るまでに長時間を要する等の地震工学及び振動工学の観点から実用上種々の問題がある。

【０００４】

そこで、鉛部材の塑性変形における振動エネルギ吸収能と、弾性体の地震入力加速度の低減能及び復元能とを合せ持つべく、弾性体と、この弾性体を貫通して配された柱状鉛とを具備した免震装置も前記公報に提案されている。

【０００５】

図１及び図２に示す免震装置５は、弾性材料層を構成するゴム等からなる弾性板１と剛性材料層を構成する環状の剛性板２とを交互に積層して相互に固定してなる環状の弾性体３と、弾性体３の円筒状の内周面９で規定される中空部１２に配された円柱状鉛４と、円柱状鉛４の下面及び上面にそれぞれ当接して弾性体３の下面及び上面のそれぞれにボルト等により取り付けられたフランジプレート１８及び１９とを具備し、例えば、フランジプレート１８側が基礎等の一方の構造物に固定され、フランジプレート１９側に建築物等の他方の構造物が載置されて、フランジプレート１９を介して建築物等から鉛直方向荷重Ｘ、すなわち弾性板１と剛性板２との積層方向の荷重Ｘを受けるようにして、用いられる。

【０００６】

このような免震装置５に対して地震により横方向力Ｆが生じた場合の当該横方向力Ｆと横変位δとの関係は、対角剛性Ｋｅｒと弾性体３の横方向（水平方向）の剛性Ｋｒとが同程度の場合、換言すれば弾性体３で隙間なく拘束された円柱状鉛４の剪断降伏荷重Ａｕに基

づく剪断降伏荷重特性値Ｑｄ（このＱｄと剪断降伏荷重Ａｕとの間には、設計では、履歴曲線をバイリニア特性で表わした場合、便宜上、Ｑｄ＝０．８・Ａｕの関係をもたせており、本発明ではＱｄを剪断降伏荷重という）が小さくなる場合には、図３に示すような履歴曲線を描き、対角剛性Ｋｅｒが剛性Ｋｒに比較して大きい場合、換言すれば弾性体３で隙間なく拘束された円柱状鉛４の剪断降伏荷重Ｑｄが大きくなる場合には、図４に示すような履歴曲線を描くこととなる。ここで、剪断降伏荷重Ｑｄは、次式（１）で表される。

Ｑｄ＝ａｐ・σｐｄ・・・・・（１）

【０００７】

式（１）において、ａｐは、円柱状鉛４の剪断面の面積（本発明では、剛性材料層の内周で囲まれる円柱状鉛４の横断面積で定義する）で、免震装置５に加わる横方向力Ｆに対する円柱状鉛４の剪断面の面積に相当し、σｐｄは、弾性体３により隙間なしに拘束されていない円柱状鉛４自体の剪断降伏応力（本発明では、これを設計剪断降伏応力という）であり、純粋鉛（純度９９．９％以上）の場合、０．５Ｈｚ振動でかつ５０％以上の歪振幅では、設計値として８５ｋｇ／ｃｍ^2 である。

【０００８】

ところで、図３に示すような履歴曲線を描く免震装置５では、地震において、それに対する免震効果は優れるものの、これに載置される構造物と基礎との相対変位が大きく、また地震後の後揺れが比較的長く続き、長周期成分の大きな地震動では共振する虞を有し、更に、台風時のような強風時には、載置された構造物が大きく揺れる場合がある。一方、免震装置５による動的固有振動周期は、図３及び図４に示す対角剛性Ｋｅｒ で与えられるが、図４に示すような履歴曲線を描く免震装置５では、剛性Ｋｒが比較的小さくても、対角剛性Ｋｅｒ が大きい場合には、円柱状鉛４の剪断降伏荷重Ｑｄが大きくなり、免震効果を発揮するに十分な長周期化が困難となり、結果として、免震効果が悪くなる。

【０００９】

また、式（１）に従った円柱状鉛４の剪断降伏荷重Ｑｄを保証する要件としては、弾性体を構成する弾性材料層と剛性材料層とに円柱状鉛４がそれに周期的な剪断変形が生じている間及びその後も隙間なく拘束されていることである。そして中空部１２に配された円柱状鉛４が弾性体３に隙間なく拘束されていないと、地震による横方向力（水平方向力）Ｆが生じた場合、弾性体３の内周面９と、これに接する円柱状鉛４の円筒状の外周面との間に隙間が生じて、横方向力Ｆと横変位（水平方向変位）δとの関係において、図５の履歴曲線２１で示すような不安定な特性となり、円柱状鉛４による効果をそれ程得ることができず、所望の免震効果を得ることが困難となる。一方、弾性体３により必要以上に円柱状鉛４を拘束すると、地震による横方向力Ｆでの円柱状鉛４の塑性変形において、弾性体３の弾性材料層が過度に圧縮され、これによっても弾性体３の弾性材料層の早期の劣化を招来し、耐久性に問題が生じる。また、円柱状鉛４を形成するために、弾性体３の中空部１２に圧入する鉛の量には限度があり、一定量以上の鉛を弾性体３の中空部１２に圧入することは困難であり、無理にこれを行うと弾性体３自体が損壊してしまう虞がある。

【００１０】

そして、図１及び図２に示す免震装置５では、数度の地震により繰り返して横方向変位が生じると、円柱状鉛４の上下面の周縁部が丸み付けされて、当該周縁部と弾性体３との間に環状隙間が生じる虞もある。

【００１１】

本発明は、前記諸点に鑑みてなされたものであって、剪断降伏荷重Ｑｄと、以下述べる弾性体の支持荷重Ｗとの関係に着目して、この関係から得られる柱状鉛の剪断面の面積ａｐと、弾性体の荷重面の面積Ａｒとの比を所定の範囲内にすることにより、免震効果に優れる上に、構造物と基礎との相対変位を小さくすることができ、また地震後の後揺れも早期に減衰することができ、台風時のような強風時でも載置された構造物の横揺れを少なくし得、加えて免震効果を発揮するに十分な長周期化を計り得て長周期成分の地震動でも共振の虞がない免震装置を提供することを目的とする。

【００１２】

また本発明は、上記所定の面積比率を有する免震装置において、弾性体の中空部に配された柱状鉛を所定に隙間なしに拘束し得る結果、安定な免震特性を得ることができ、加えて弾性体の弾性材料層及び柱状鉛の疲労、損壊を回避することができ、耐久性及び免震効果並びに製造性に優れた免震装置を提供することを目的とする。

【００１３】

更に本発明では上記のような免震装置を少なくとも一個使用したシステムを提供することを目的とする。

【００１４】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば前記目的は、弾性材料層及び剛性材料層が交互に積層されてなる弾性体と、この弾性体を貫通して配された少なくとも一つの柱状鉛とを具備しており、当該柱状鉛の剪断降伏荷重Ｑｄが柱状鉛の剪断面の面積ａｐと設計剪断降伏応力σｐｄとの積となるように、柱状鉛がその剪断方向において弾性体に隙間なしに拘束されている免震装置であって、柱状鉛の剪断面の総面積Σａｐと弾性体の荷重面の面積Ａｒとの比Σａｐ／Ａｒが０．０１～０．１２である免震装置によって達成される。

【００１５】

また本発明によれば前記目的は、少なくとも一つの柱状鉛と、弾性材料層及び剛性材料層が交互に積層されてなる弾性体と、少なくともこの弾性体の内周面で規定されており、柱状鉛が密に配された少なくとも一つの中空部とを具備した免震装置であって、柱状鉛の剪断面の総面積Σａｐと弾性体の荷重面の面積Ａｒとの比Σａｐ／Ａｒが０．０１～０．１２であり、中空部に配された柱状鉛の体積Ｖｐと、柱状鉛が未挿入であって、弾性体に積層方向の荷重が加えられた状態での中空部の容積Ｖｅとの比Ｖｐ／Ｖｅが１．０２～１．１２であるようにして柱状鉛が中空部に密に配されてなり、前記積層方向の荷重を支持するようにした免震装置によっても達成される。

【００１６】

本発明は、柱状鉛が弾性体により隙間なく拘束されて、柱状鉛の剪断降伏荷重Ｑｄが当該柱状鉛の剪断面の面積ａｐと設計剪断降伏応力σｐｄとの積となる免震装置においては、その要求される特性を、柱状鉛の剪断降伏荷重Ｑｄと載置される構造物に対する弾性体の支持荷重Ｗとの比で評価することができることに着目し、剪断降伏荷重Ｑｄと支持荷重Ｗとの比Ｑｄ／Ｗが０．０２よりも小さい場合には、載置される構造物と基礎との相対変位が大きく、また地震後の後揺れが比較的長く続き、長周期成分の大きな地震動では共振する虞を有し、台風時のような強風時には載置された構造物が大きく揺れる虞がある一方、比Ｑｄ／Ｗが０．０８よりも大きい場合には、長周期化が困難となり、結果として、免震効果が悪くなる、という知見に基づいてなされたものである。

【００１７】

免震装置５においては、円柱状鉛４の剪断降伏荷重Ｑｄは、上記の式（１）で与えられ、また、弾性体３の支持荷重Ｗは、

Ｗ＝Ａｒ・Ｐ・・・・・・・・（２）

で与えられる。ここで、Ａｒは、弾性体３の荷重面の面積で、免震装置５に加わる鉛直方向荷重Ｘ、すなわち支持荷重Ｗに対する弾性体３の受圧面積に相当し、Ｐは、免震装置５に加わる鉛直方向荷重Ｘに対する弾性体３の平均圧縮応力で、免震装置の設計では、通常、６０ｋｇ／ｃｍ^2～１３０ｋｇ／ｃｍ^{2}程度の値がとられる。

【００１８】

ところで、比Ｑｄ／Ｗは、

$$\frac{Qd}{W} = \frac{ap \cdot \sigma pd}{Ar \cdot P} = 0.02 \sim 0.08$$

で表され、ここで、σｐｄ＝８０ｋｇ／ｃｍ^2、Ｐ＝１３０ｋｇ／ｃｍ^{2}とすると、比Ｑ

ｄ／Ｗの上限値は、換言すればａｐ／Ａｒの上限値は、約０．１２となり、σｐｄ＝１００ｋｇ／ｃｍ^2、Ｐ＝６０ｋｇ／ｃｍ^{2}とすると、比Ｑｄ／Ｗの下限値は、換言すればａｐ／Ａｒの下限値は、約０．０１となる。なお、上記のσｐｄの値は、０．５Ｈｚ振動でかつ５０％以上の歪振幅での値である。

【００１９】

すなわち、柱状鉛の剪断面の面積ａｐと、弾性体の荷重面の面積Ａｒとの比ａｐ／Ａｒを０．０１～０．１２の範囲内にすることにより、免震効果が優れ、構造物と基礎との相対変位を小さくすることができ、また地震後の後揺れも早期に減衰することができ、台風時のような強風時でも載置された構造物の横揺れを少なくし得、加えて長周期化を計り得て長周期成分の地震動でも共振の虞がないといえるのである。

【００２０】

なお、以下の実施例からも明らかであるように、比ａｐ／Ａｒを、０．０２～０．０７にすることにより、更に好ましい結果が得られ、比ａｐ／Ａｒを、０．０３～０．０６にすることにより、更により好ましい結果が得られることが判明した。

【００２１】

一つの弾性体に複数個の柱状鉛が配される場合も同様であって、本発明では、この場合をも含めて、柱状鉛の剪断面の総面積Σａｐと弾性体の荷重面の面積Ａｒとの比Σａｐ／Ａｒが上記の範囲内にされる。

【００２２】

また本発明は、中空部に配された柱状鉛の体積Ｖｐと、弾性体の内周面で規定される中空部の容積、具体的には、柱状鉛を配する前、換言すれば柱状鉛を形成するための鉛を圧入する前であって、弾性体に積層方向の荷重を加えた状態での中空部（以下、縮小中空部という）の容積Ｖｅとを一定の関係にすることにより、弾性体を構成する弾性材料層と剛性材料層とに柱状鉛が隙間なしに拘束される結果、式（１）に従った柱状鉛の剪断降伏荷重Ｑｄが保証され、而して上記効果に加えて耐久性及び免震効果並びに製造性に特に優れた免震装置を提供し得るという知見に基づいてなされたものである。

【００２３】

すなわち本発明の免震装置では、前記面積比率に加えて、中空部に配された柱状鉛の体積Ｖｐと、縮小中空部の容積Ｖｅとの比Ｖｐ／Ｖｅが１．０２～１．１２である。縮小中空部の容積Ｖｅは、弾性体に加えられる鉛直方向荷重である弾性材料層と剛性材料層との積層方向の荷重によって、換言すれば免震装置が支持する構造物の重量によって増減し、また縮小中空部の容積Ｖｅに対して１．００倍を越える体積の柱状鉛が配された状態における中空部の容積とも異なる。本免震装置においても、縮小中空部の容積Ｖｅに対して１．００倍を十分越える体積の柱状鉛を中空部に配して、柱状鉛を弾性体の弾性材料層に食い込ませ、中空部を規定する弾性体の内周面を、弾性材料層の位置で凹面となし、剛性材料層の位置で凸面となるようにしてもよい。

【００２４】

ところで、円柱状鉛４を縮小中空部の容積の１．００倍（比Ｖｐ／Ｖｅ＝１．００）よりも少なく配した場合には、弾性体３の内周面９と、内周面９に対面してこれに接する円柱状鉛４の外周面との間に隙間が生じ易くなり、したがって免震装置５の作動中に、すなわち免震装置５に繰り返し横方向力Ｆが加わっている間に、容易に弾性体３の内周面９と円柱状鉛４の外周面との間に隙間が生じ、履歴曲線２１で示すような不安定な免震特性を示すことになる。これは、円柱状鉛４が弾性体３に少なくとも剪断方向において隙間なく拘束されず、剪断変形以外の変形を生じ、円柱状鉛４が設計剪断降伏応力（通常、純度９９．９％以上の純粋度の鉛の場合には、設計値として８５ｋｇ／ｃｍ^2）を現出しないことにもよる、と推測される。

【００２５】

一方、円柱状鉛４を縮小中空部の容積の１．１２倍（比Ｖｐ／Ｖｅ＝１．１２）よりも多く配した場合には、円柱状鉛４が大きく弾性板１に食い込んで、図６の符号４１で示すように、弾性体３の内周面９が過度に凹面になり、この位置の近傍での弾性板１と剛性板２

との間の剪断応力が大きくなり過ぎることとなる。このように過度に応力が生じた状態であると、弾性板１の劣化を早め、耐久性が劣ることになる。また、免震装置５の製造において、中空部１２に円柱状鉛４を形成するために、鉛を縮小中空部の容積の１．１２倍より多く圧入することは、その圧入力を極めて大きくしなければならない上に、圧入により弾性体３を損壊してしまう虞があり、困難であることも判った。

【００２６】

なお、以下の実施例からも明らかであるように、小さな振動入力では、高い剛性を示し、大きな振動入力では、低い剛性を示す機能、いわゆるトリガ機能が特に要求され、かつ大振幅の地震動に特に好ましく対応し得るためには、比Ｖｐ／Ｖｅが１．０２以上であることがよい。また、比Ｖｐ／Ｖｅが１．０２～１．０７の範囲であると、製造性に極めて優れる。

【００２７】

本発明において、弾性材料層の素材としては、天然ゴム、シリコンゴム、高減衰ゴム、ウレタンゴム又はクロロプレンゴム等を挙げることができるが、好ましくは天然ゴムである。弾性材料層の各層の厚みとしては、無負荷状態において１ｍｍ～３０ｍｍ程度のものが好ましいが、これに限定されない。また、剛性材料層の素材としては、鋼板、炭素繊維、ガラス繊維若しくはアラミド繊維等の繊維補強合成樹脂板又は繊維補強硬質ゴム板等を挙げることができ、その厚みは、各厚肉剛性板には１０ｍｍ～５０ｍｍ程度、それ以外の各層には１ｍｍ～６ｍｍ程度のものが好ましいが、これに限定されず、更にその枚数においても特に限定されない。弾性体及び柱状鉛は、円環状体及び円柱状体が好ましいが、他の形状のもの、例えば楕円若しくは方形体及び楕円若しくは方形体のものであってもよい。弾性体を貫通して配される柱状鉛は、一つでもよいが、これに代えて、一つの弾性体に複数の中空部を形成し、この複数の中空部にそれぞれ柱状鉛を配して免震装置を構成してもよい。なお、これら複数の中空部の各柱状鉛を比Ｖｐ／Ｖｅに関して同一の上記条件下で配する必要はなく、それぞれ異なる条件下で配してもよく、また、各柱状鉛が比Ｖｐ／Ｖｅに関して上記条件を満足しているのが好ましいが、複数個の柱状鉛の内の一部の柱状鉛を、比Ｖｐ／Ｖｅに関して上記条件を満足しないようにして配してもよい。

【００２８】

また本発明は、弾性材料層及び剛性材料層が交互に積層されてなる弾性体と、この弾性体の内周面で規定される少なくとも一つの中空部に配された柱状鉛とを具備した上述の免震装置を一個以上、好ましくは複数個構造物と基礎との間に配するシステムにも適用することができ、この場合、柱状鉛の剪断降伏荷重Ｑｄが柱状鉛の剪断面の面積ａｐと設計剪断降伏応力σｐｄとの積となるように、柱状鉛が対応の弾性体に隙間なく拘束されて、柱状鉛の剪断面の総面積Σａｐと弾性体の荷重面の総面積ΣＡｒとの比Σａｐ／ΣＡｒが０．０１～０．１２であればよく、また、柱状鉛の剪断面の総面積Σａｐと弾性体の荷重面の総面積ΣＡｒとの比Σａｐ／ΣＡｒが０．０１～０．１２であり、中空部に配された柱状鉛の体積Ｖｐと、柱状鉛が未挿入であって、弾性体に積層方向の荷重が加えられた状態での中空部（縮小中空部）の容積Ｖｅとの比Ｖｐ／Ｖｅが１．０２～１．１２であるようにして柱状鉛が中空部に密に配されてなり、前記積層方向の荷重を支持するようにしたものであれば、上述の効果を同様に得ることができる。また、本システムにおいても、比Σａｐ／ΣＡｒを、０．０２～０．０７にすることにより、更に好ましい結果が得られ、比Σａｐ／ΣＡｒを、０．０３～０．０６にすることにより、更により好ましい結果が得られる一方、比Ｖｐ／Ｖｅが１．０２～１．０７であると、好ましい製造性を得ることができる。

【００２９】

加えて、本システムの免震装置において、中空部を規定する弾性体の内周面は、柱状鉛が弾性体の弾性材料層に食い込んで、当該弾性材料層の位置で凹面になり、剛性材料層の位置で凸面になっていてもよい。なお、複数の免震装置を配するシステムにおいて、これら複数の免震装置を比Ｖｐ／Ｖｅに関して同一の上記条件下で配する必要はなく、それぞれ異なる条件下で配してもよく、また、比Ｖｐ／Ｖｅに関して各免震装置が上記条件を満足

しているのが好ましいが、複数個の免震装置の内の一部の免震装置を、比Ｖｐ／Ｖｅに関して上記条件を満足しないようにして配してもよい。

【００３０】

更に、柱状鉛を具備した免震装置を一個以上構造物と基礎との間に配する上述のシステムにおいて、弾性材料層及び剛性材料層が交互に積層されてなり、中空部を有さない中実の弾性体を具備した少なくとも一個の他の免震装置を、柱状鉛を具備した免震装置と共に構造物と基礎との間に配してもよい。

【００３１】

柱状鉛を具備した少なくとも一個の免震装置と、柱状鉛を具備しなく、中実の弾性体を具備した少なくとも一個の免震装置とを構造物と基礎との間に配してなるこのようなシステムにおいては、弾性体の荷重面の総面積ΣＡｒに、柱状鉛を具備しない免震装置の中実の弾性体の荷重面を含めて、比Σａｐ／ΣＡｒが上記条件を満足するように、各免震装置を構成する。

【００３２】

上記柱状鉛を具備するいずれの免震装置においても、剛性材料層が、弾性体におけるその各端面側にそれぞれ配された厚肉剛性板を具備し、柱状鉛の一端部が、一方の厚肉剛性板の内周面によって規定される中空部の一端部に密に配されており、柱状鉛の他端部が、他方の厚肉剛性板の内周面によって規定される中空部の他端部に密に配されているとよい。

【００３３】

図２に示すような免震装置５では、前述のとおり、数度の地震が加わることにより、円柱状鉛４の上下面の周縁部と弾性体３との間に環状隙間が生じ、長期の使用によりこの環状隙間により免震特性が不安定となり得るが、本発明は、上記のように、柱状鉛の両端部のそれぞれを、各厚肉剛性板の内周面で規定される中空部の各端部に密に配して、環状隙間の発生を防止し、免震特性の劣化を防止しようとするものである。

【００３４】

【発明の実施の形態】

以下、本発明及び本発明の実施の形態を、好ましい実施例に基づいて更に説明する。

【００３５】

【実施例】

図７に示す本例の免震装置５は、環状の弾性板１からなる弾性材料層並びに環状の薄肉剛性鋼板２及び環状の厚肉剛性鋼板１５、１６からなる剛性材料層とが交互に積層されてなる環状の弾性体３と、少なくとも弾性体３の内周面９で規定される中空部１２に密に配された円柱状鉛４と、鋼板１５及び１６にぞれぞれボルト１７を介して連結されたフランジプレート１８及び１９と、円柱状鉛４の下面及び上面においてフランジプレート１８及び１９と鋼板１５及び１６とを互いに剪断方向（Ｆ方向）に固定する剪断キー２０とを具備しており、円柱状鉛４が密に配された中空部１２は、内周面９に加えて、下方の剪断キー２０の上面２１と上方の剪断キー２０の下面２２とによって規定されている。免震装置５において、鋼板１５及び１６は、弾性体３の上下端面側の弾性材料層に埋め込まれて配されており、円柱状鉛４の下端部２３は、鋼板１５の内周面によって規定される中空部１２の下端部に密に配されており、円柱状鉛４の上端部２４は、鋼板１６の内周面によって規定される中空部１２の上端部に密に配されている。

【００３６】

本免震装置５は、フランジプレート１８側が基礎１０に、フランジプレート１９側が構造物１１にそれぞれ連結されて用いられる。本例においては、弾性材料層を形成するために、厚さ５ｍｍの天然ゴム製の環状の弾性板１を２５枚使用し、剛性材料層を形成するために、厚さ２．３ｍｍの環状の鋼板２を２２枚と、厚さ３１ｍｍの環状の鋼板１５及び１６とを使用した。

【００３７】

本発明の免震装置５を製造する場合には、まず、環状の弾性板１と鋼板２とを交互に積層して、その下面及び上面に環状の鋼板１５及び１６を配置し、型内における加圧下での加

硫接着等によりこれらを相互に固定してなる環状の弾性体３を準備し、その後、円柱状鉛４を中空部１２に形成すべく、弾性体３の中空部１２に鉛を圧入する。鉛の圧入は、円柱状鉛４が弾性体３により中空部１２において隙間なしに拘束されるように、鉛を中空部１２に油圧ラム等により押し込んで行う。鉛の圧入後、剪断キー２０並びにフランジプレート１８及び１９を取り付ける。なお、型内における加圧下での加硫接着による弾性体３の形成において、鋼板２、１５及び１６の外周面を覆って、円筒状被覆層２５が形成されるようにするとよい。本例の被覆層の厚みは、１０ｍｍであった。また上記形成において、弾性板１の内周側の一部が流動して、鋼板２、１５及び１６の内周面を覆って、円筒状被覆層２５と同様であるがそれよりも極めて薄い円筒状被覆層が形成されてもよい。

【００３８】

無負荷状態における弾性体３の高さが２４０ｍｍの図７に示すような免震装置５において、比ａｐ／Ａｒを変化させて、各比ａｐ／Ａｒでの基礎１０の振動エネルギＥｂによる構造物１１への振動エネルギＥｓを求めた。得られた比ａｐ／Ａｒと免震装置５によるエネルギ伝達率Ｅｓ／Ｅｂとの関係を図８に示す。

【００３９】

なお、このエネルギ伝達率は、以上の各値に加えて、免震装置５の面圧を８０ｋｇ／ｃｍ^{2}とし、弾性板１の剪断弾性率Ｇを６ｋｇ／ｃｍ^{2}とし、入力として、エルセントロ地震波、十勝沖地震波、八戸地震波及びＴＡＦＴ地震波を用い、これに統計的処理を施して、求めた。

【００４０】

図８から明らかなように、比ａｐ／Ａｒが０．０１～０．１２の範囲内であれば、エネルギ伝達率Ｅｓ／Ｅｂが１／２以下となり、基礎１０の振動エネルギが十分に減衰されて構造物１１に伝達されることが判る。また、比ａｐ／Ａｒが０．１２を越えると、応答加速度比（応答／入力）が約５０％以上になることを確認し得た。また、比ａｐ／Ａｒが０．０１未満であると、構造物１１と基礎１０との相対変位が、例えば好ましい比ａｐ／Ａｒ＝０．０５におけるそれの２～３倍以上も生じ、実用的でないことが判った。

【００４１】

また、比ａｐ／Ａｒが０．０２～０．０７の範囲内の場合及び０．０３～０．０６の範囲内の場合は、図８から明らかなように、ぞれぞれ更に好ましいエネルギ伝達率Ｅｓ／Ｅｂが得られることが判る。

【００４２】

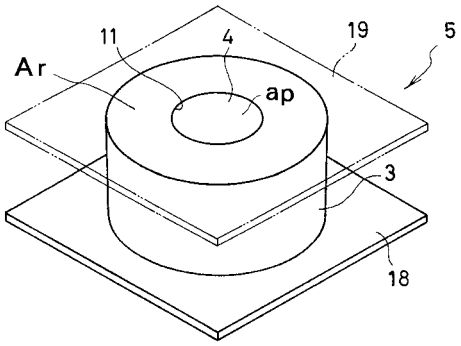
一方、図７に示す免震装置５であって、鋼板２、１５及び１６の外径を５００ｍｍ、内径を９０ｍｍとした免震装置５に対して、鉛直荷重５７ｔｏｎｆ（面圧３０ｋｇｆ／ｃｍ^2）～３４２ｔｏｎｆ（面圧１８０ｋｇｆ／ｃｍ^2）を加えて、水平方向の変位と水平方向力との関係を実験により求めた。これを図９～図１２に示す。図９～図１２において、（ａ）は、免震装置５の全弾性板１自体の横変位（水平方向変位）が１０％の場合、（ｂ）及び（ｃ）は、同じく５０％及び１００％の場合である。図９に示す鉛直荷重５７ｔｏｎｆ（面圧３０ｋｇｆ／ｃｍ^2）を加えた場合における比Ｖｐ／Ｖｅは１．０３、図１０に示す鉛直荷重１１４ｔｏｎｆ（面圧６０ｋｇｆ／ｃｍ^2）を加えた場合における比Ｖｐ／Ｖｅは１．００、図１１に示す鉛直荷重２２８ｔｏｎｆ（面圧１２０ｋｇｆ／ｃｍ^2）を加えた場合における比Ｖｐ／Ｖｅは１．０２及び図１２に示す鉛直荷重３４２ｔｏｎｆ（面圧１８０ｋｇｆ／ｃｍ^2）を加えた場合における比Ｖｐ／Ｖｅは１．１１であった。以上の場合における比ａｐ／Ａｒは、０．０３であった。

【００４３】

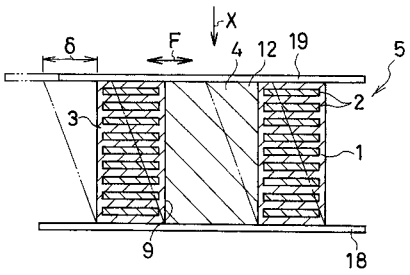
図９、図１１及び図１２から明らかであるように、比Ｖｐ／Ｖｅが１．０２以上では、トリガ機能が特に要求され、大振幅の地震に対して好ましく対応し得ることが判る。また図１０から明らかであるように、比Ｖｐ／Ｖｅが１．００～１．０２未満の場合には、トリガ機能を好ましく得ることができないといえる。なお、比Ｖｐ／Ｖｅが１．０７以下であれば、製造において中空部１２への鉛の圧入が容易であり、それほど困難を伴わないことが判明した。また、比Ｖｐ／Ｖｅが１．１２以上になるように、中空部１２へ鉛を圧入し

ようとしたが、弾性体３の損壊なしに、これを行うことは困難であることが判明した。
【００４４】
なお、免震装置５では、鋼板１５及び１６とフランジプレート１８及び１９とを別体で形成したが、フランジプレート１８及び１９に、厚肉剛性板を一体に形成して、免震装置を具体化してもよい。
【００４５】
【発明の効果】
以上のように本発明によれば、柱状鉛の剪断面の総面積Σａｐと、弾性体の荷重面の面積Ａｒとの比Σａｒ／Ａｒを所定の範囲内にするため、免震効果に優れ、構造物と基礎との相対変位を小さくすることができ、また地震後の後揺れも早期に減衰することができ、台風時のような強風時でも載置された構造物の横揺れを少なくし得、加えて免震効果を発揮するに十分な長周期化を計り得て長周期成分の地震動でも共振の虞がない免震装置を提供することができる。そして弾性体の中空部に配された柱状鉛を隙間なしに拘束し得る結果、安定な免震特性を得ることができ、しかも、トリガ機能を有して、大振幅の地震動に好ましく対応し得、加えて弾性体の弾性材料層及び柱状鉛の劣化を回避することができ、耐久性及び免震効果並びに製造性に特に優れた免震装置を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明に係る免震装置の斜視図である。
【図２】図１に示す免震装置の断面図である。
【図３】免震装置の動作説明図である。
【図４】免震装置の動作説明図である。
【図５】免震装置の動作説明図である。
【図６】図１に示す免震装置の一部拡大断面図である。
【図７】本発明の好ましい一実施例の断面図である。
【図８】図７に示す実施例の効果を示す図である。
【図９】図７に示す実施例の効果を示す図である。
【図１０】図７に示す実施例の効果を示す図である。
【図１１】図７に示す実施例の効果を示す図である。
【図１２】図７に示す実施例の効果を示す図である。
【符号の説明】
１　弾性板
２　剛性鋼板
３　弾性体
４　円柱状鉛
５　免震装置
１２　中空部

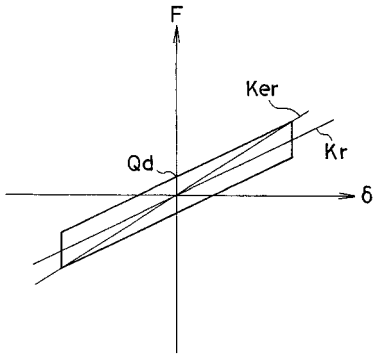
【図１】



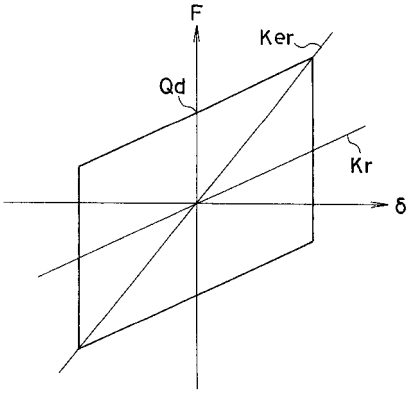
【図２】



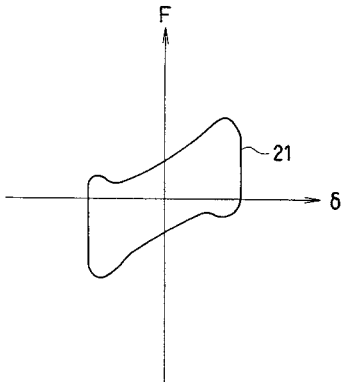
【図３】



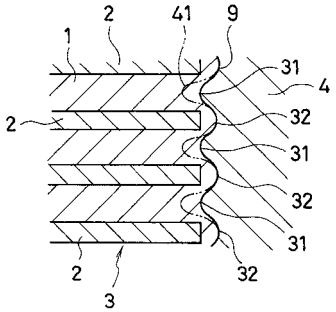
【図４】



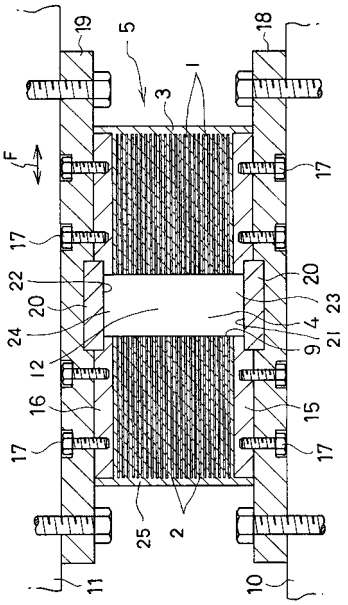
【図５】



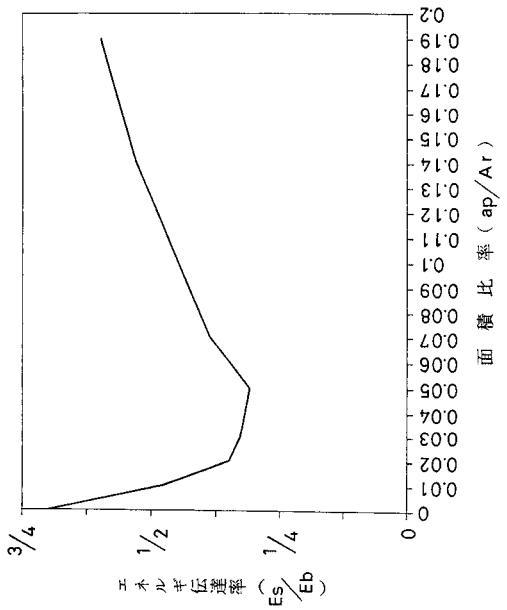
【図６】



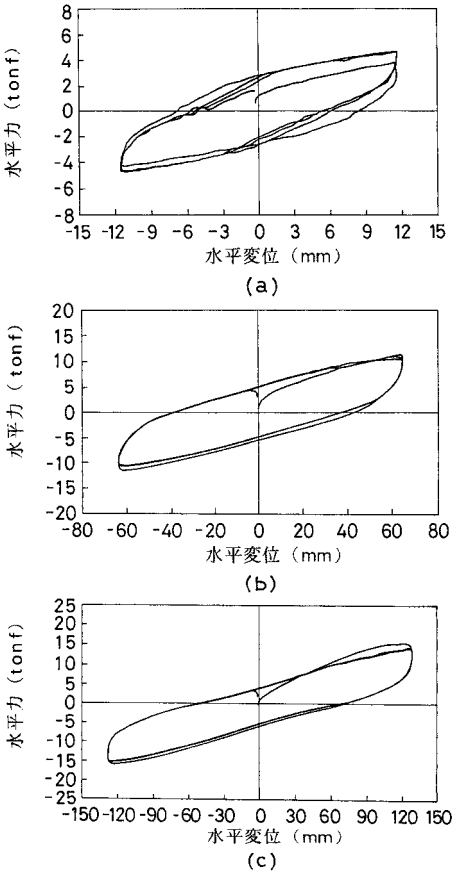
【図７】



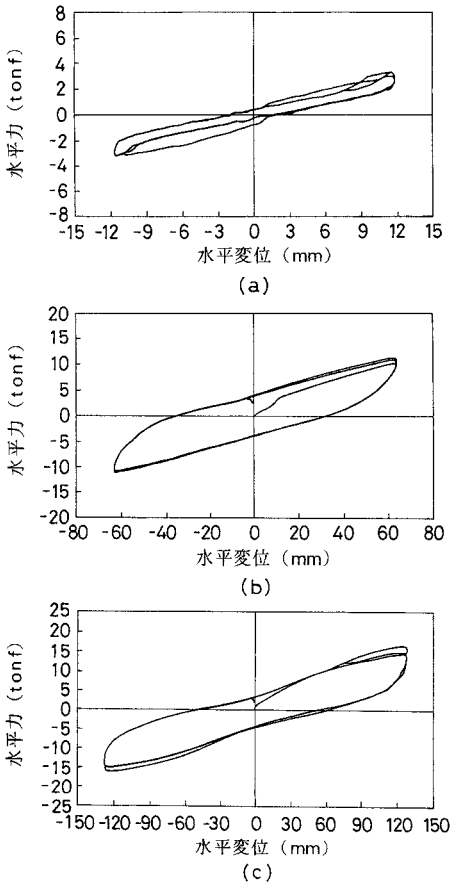
【図８】


面積比率（ap/Ar）
エネルギ伝達率（Es/Eb）
3/4
1/2
1/4
0

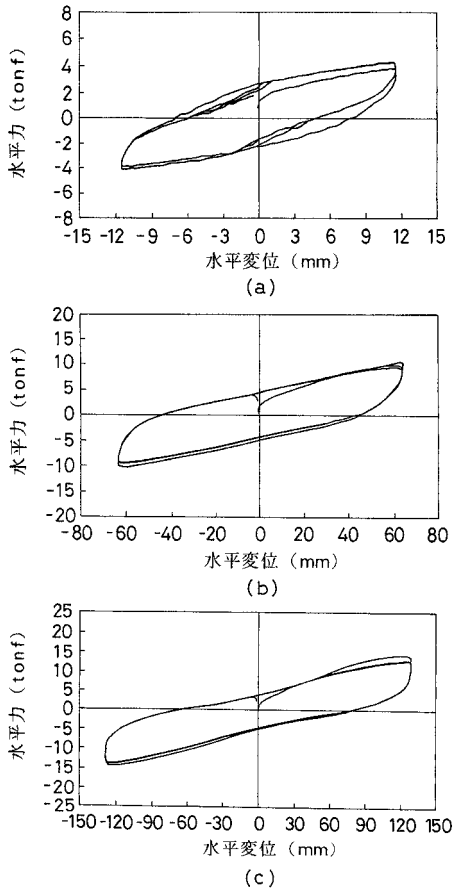
【図９】


水平力（tonf）
水平変位（mm）
(a)
(b)
(c)

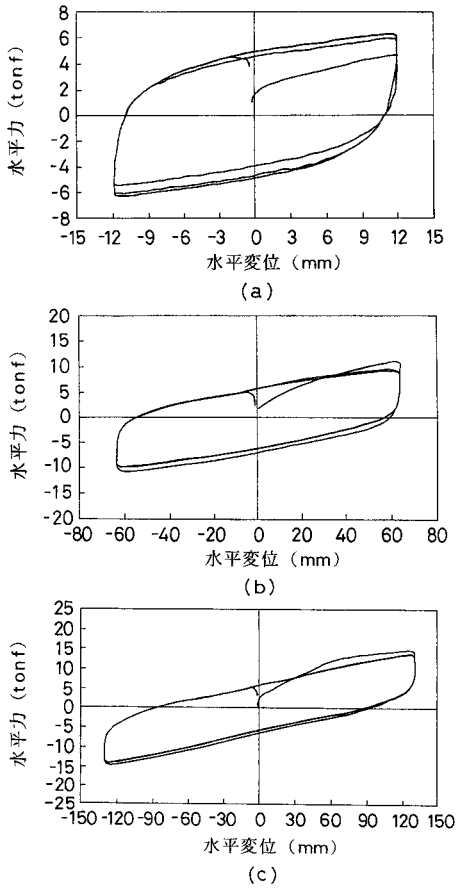
【図１０】


水平力（tonf）
水平変位（mm）
(a)
(b)
(c)

【図１１】


水平力（tonf）
水平変位（mm）
(a)
(b)
(c)

【図１２】


水平力（tonf）
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-15 -12 -9 -6 -3 0 3 6 9 12 15
水平変位（mm）
(a)
水平力（tonf）
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-80 -60 -40 -20 0 20 40 60 80
水平変位（mm）
(b)
水平力（tonf）
25
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-150 -120 -90 -60 -30 0 30 60 90 120 150
水平変位（mm）
(c)

フロントページの続き

合議体
審判長　村本　佳史
審判官　大町　真義
審判官　亀丸　広司

(56)参考文献　特開平４－５２３８４（ＪＰ，Ａ）
特許第３０２４５６２（ＪＰ，Ｂ２）
Ｒ．Ｉ．Ｓｋｉｎｎｅｒ，Ｗ．Ｈ．Ｒｏｂｉｎｓｏｎ，Ｇ．Ｈ．ＭｃＶｅｒｒｙ，”Ａｎ Ｉｎｔｒｏｄｕｃｔｉｏｎ ｔｏ Ｓｅｉｓｍｉｃ Ｉｓｏｌａｔｉｏｎ，”Ｊｏｈｎ Ｗｉｌｅｙ ＆ Ｓｏｎｓ Ｌｔｄ．，１９９３，ｐ．９６－９９
川島一彦，「道路橋の免震・制震設計技術開発の現況」，平成３年度土木研究所講演会講演集，建設省土木研究所，平成４年２月７日，ｐ．７７－８０
阪神高速道路公団，（財）国土開発技術研究センター，「免震装置を有する道路橋の耐震設計研究業務報告書」，昭和６２年３月，ｐ．５０－５１

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
F16F 15/00- 15/36
E01D 19/04
E04B 1/36
E04H 9/02