

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6510326号  
(P6510326)

(45) 発行日 令和1年5月8日 (2019. 5. 8)

(24) 登録日 平成31年4月12日 (2019. 4. 12)

(51) Int. Cl.	F I
EO4H 9/02 (2006.01)	EO4H 9/02 331Z
F16F 15/02 (2006.01)	EO4H 9/02 301
F16F 15/027 (2006.01)	F16F 15/02 A
F16F 15/023 (2006.01)	F16F 15/027
	F16F 15/023 Z

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-107471 (P2015-107471)	(73) 特許権者	000001373
(22) 出願日	平成27年5月27日 (2015. 5. 27)		鹿島建設株式会社
(65) 公開番号	特開2016-223072 (P2016-223072A)		東京都港区元赤坂一丁目3番1号
(43) 公開日	平成28年12月28日 (2016. 12. 28)	(74) 代理人	100124316
審査請求日	平成29年11月15日 (2017. 11. 15)		弁理士 塩田 康弘
		(72) 発明者	丹羽 直幹
			東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内
		審査官	小池 俊次

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エネルギー変換型アクティブ制震システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

振動発生時に振動発生前の原位置に対して水平方向に相対変位を生じる構造物内のいずれかの領域に入力した振動エネルギーを制御力として利用可能な変換エネルギーに変換する変換装置と、この変換装置で変換された変換エネルギーを蓄積する蓄積装置と、この蓄積装置に蓄積された変換エネルギーを、相対変位を生じた前記いずれかの領域以外の領域に制御力として付与する再利用装置とを備え、

前記蓄積装置は前記再利用装置による前記制御力の発生に必要な量の変換エネルギーを蓄積できるだけの容量を有し、初期の時点で前記容量を満たす量の変換エネルギーを賄う常時用エネルギー源を共用していることを特徴とするエネルギー変換型アクティブ制震システム。

【請求項 2】

振動発生時に振動発生前の原位置に対して水平方向に相対変位を生じる構造物内のいずれかの領域に入力した振動エネルギーを制御力として利用可能な変換エネルギーに変換する変換装置と、この変換装置で変換された変換エネルギーを蓄積する蓄積装置と、この蓄積装置に蓄積された変換エネルギーを、相対変位を生じた前記いずれかの領域以外の領域に制御力として付与する再利用装置とを備え、

前記蓄積装置は前記再利用装置による前記制御力の発生に必要な量の変換エネルギーを蓄積できるだけの容量を有し、初期の時点で前記容量を満たす量の変換エネルギーを賄う非常時用エネルギー源を共用していることを特徴とするエネルギー変換型アクティブ制震システム。

**【請求項 3】**

前記振動発生前の原位置は構造物内の剛な支持層に支持された領域であり、前記いずれかの領域と前記いずれかの領域以外の領域は構造物内の柔な支持層に支持された領域であることを特徴とする請求項 1、もしくは請求項 2 に記載のエネルギー変換型アクティブ制震システム。

**【請求項 4】**

前記振動発生前の原位置は前記構造物が上下に区分されたときの下部構造であり、前記いずれかの領域と前記いずれかの領域以外の領域は上部構造であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載のエネルギー変換型アクティブ制震システム。

**【請求項 5】**

前記上部構造は前記下部構造上に水平方向に柔な支持層を介して支持され、前記変換装置は前記下部構造と前記上部構造との間に跨って架設され、前記再利用装置は前記上部構造の内、前記支持層の直上層に配置され、前記蓄積装置は前記変換装置と前記再利用装置の双方の近傍に配置されていることを特徴とする請求項 4 に記載のエネルギー変換型アクティブ制震システム。

**【請求項 6】**

前記支持層の直上層である前記上部構造の最下層の水平剛性はこの最下層より上層の水平剛性より低く設定されていることを特徴とする請求項 5 に記載のエネルギー変換型アクティブ制震システム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は構造物に入力した振動エネルギーを制御力として利用可能なエネルギーに変換し、この変換されたエネルギーを使用して構造物に制御力を付与し、構造物の振動を抑制するエネルギー変換型アクティブ制震システムに関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

エネルギー変換型アクティブ制震システムは、地震時等に構造物に入力した振動エネルギーを流体エネルギー等、蓄積可能なエネルギーに変換する油圧シリンダ等の変換装置と、変換装置で変換されたエネルギーを蓄積するアキュムレータ等の蓄積装置と、蓄積装置に蓄積されたエネルギーを構造物に制御力として付与する駆動装置（アクチュエータ）等の再利用装置から成立する（特許文献 1～4 参照）。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開平 8 - 218679 号公報（請求項 1、段落 0019～0029、図 1～図 3）

【特許文献 2】特開平 9 - 324552 号公報（請求項 1、段落 0015～0020、図 1、図 2）

【特許文献 3】特開平 11 - 94013 号公報（請求項 1、段落 0008～0021、図 1～図 5）

【特許文献 4】特開 2005 - 163317 号公報（請求項 1、段落 0012～0028、図 1～図 8）

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

上記の制震システムでは変換装置でのエネルギー変換から、再利用装置からの制御力の発生までにはある程度の時間を要する関係で、再利用装置からの制御力の発生に必要なエネルギー（変換エネルギー）を変換装置から時々刻々と供給できる保証がない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 5 】

また変換装置が振動エネルギーから変換できる変換エネルギー量が、再利用装置の制御力付与時に必要とされる使用エネルギー量（再利用エネルギー量）を上回る保証もない。すなわち、再利用装置の制御力付与時の使用エネルギー量（再利用エネルギー量）に対する、変換装置による変換エネルギー量の比率（エネルギー収支）が1より大きくなる保証がない。このため、最初に再利用装置から必要な大きさの制御力を発生させるには、蓄積装置に、再利用装置から上部構造に付与すべき制御力の発生に必要な量のエネルギーを蓄積可能な容量を持たせる必要がある。この容量は地震の初期に再利用装置で発生する制御力が大きい程、大きくなる。

## 【 0 0 0 6 】

一方、蓄積装置は地震時等、予期しない非常時にのみ稼働することから、地震等の発生時以外のときから常に多くの、使用の見込みがない可能性のある変換エネルギーを蓄積した状態を維持しなければならないため、変換エネルギー量に対する使用エネルギー量（再利用エネルギー量）の効率が必ずしも高いとは言えない。その上、蓄積装置において非常時の備えとして変換エネルギーの損失が生じないよう、変換エネルギーの蓄積状態を維持する必要があるため、そのための費用が掛かり過ぎ、実用的とは言えない。

## 【 0 0 0 7 】

本発明は上記背景より、蓄積装置に十分な容量を持たせながらも、地震時以外のときにも蓄積しているエネルギーの有効利用を図ることが可能なエネルギー変換型アクティブ制震システムを提案するものである。

## 【 0 0 0 8 】

請求項1に記載の発明のエネルギー変換型アクティブ制震システムは、振動発生時に振動発生前の原位置に対して水平方向に相対変位を生じる構造物内のいずれかの領域に入力した振動エネルギーを制御力として利用可能な変換エネルギーに変換する変換装置と、この変換装置で変換された変換エネルギーを蓄積する蓄積装置と、この蓄積装置に蓄積された変換エネルギーを、相対変位を生じた前記いずれかの領域以外の領域に制御力として付与する再利用装置とを備え、

前記蓄積装置が前記再利用装置による前記制御力の発生に必要な量の変換エネルギーを蓄積できるだけの容量を有し、初期の時点で前記容量を満たす量の変換エネルギーを賄う常時用エネルギー源を共用していることを構成要件とする。

## 【 0 0 0 9 】

「構造物内のいずれかの領域」は構造物内の平面上の、もしくは立面上のいずれかの領域であり、「原位置」は振動発生時にも振動発生前の位置に留まるか、相対的に他の領域との対比で振動発生前の位置に近い位置に留まる領域である。例えば構造物内が剛な支持層8に支持された領域と、柔な支持層8に支持された領域とに区分されたような場合、振動発生時には剛な支持層8に支持された領域が原位置に留まろうとし、柔な支持層8に支持された領域が振動発生前の原位置に対して水平方向に相対変位を生じようとする。支持層8が剛か柔かは相対的である。ここで言う「支持層8」は地中で構造物下の杭を安定的に支持する層ではなく、杭を除く構造物本体と地盤面との間に介在し、構造物を支持する層である基礎、免震層等を言う。

## 【 0 0 1 0 】

この関係から、構造物内が相対的に水平剛性（以下、剛性）の相違する2種類の支持層8に支持された2以上の領域に区分された場合には、相対的に「構造物内の剛な支持層8に支持された領域」が請求項1における「原位置」に相当し、「構造物内の柔な支持層8に支持された領域」が請求項1における「（構造物内の）いずれかの領域」と「相対変位を生じた前記いずれかの領域以外の領域」に相当する（請求項3）。

## 【 0 0 1 1 】

また構造物が下部構造6と上部構造7とに上下に区分された場合に、下部構造6と上部構造7が共に等しい剛性の支持層8に支持された場合には、相対的に地盤から遠い上部構造7が振動発生時に地盤寄りの下部構造6に対して水平方向に相対変位を生じ易いから、

10

20

30

40

50

相対的に下部構造 6 が原位置に留まろうとし、上部構造 7 が原位置に対して水平方向に相対変位を生じようとする。この関係から、構造物が上下に区分されたときの下部構造 6 が請求項 1 における「原位置」に相当し、上部構造 7 が「（構造物内の）いずれかの領域」と「相対変位を生じた前記いずれかの領域以外の領域」に相当する（請求項 4）。下部構造 6 と上部構造 7 は共に剛な支持層 8 に支持される場合と、柔な支持層 8 に支持される場合の他、一方が剛な支持層 8 に支持され、他方が柔な支持層 8 に支持される場合もある。

【 0 0 1 2 】

「構造物が上下に区分される」とは、構造物が下部構造 6 と上部構造 7 とに粗く（大まかに）区分されることを言い、構造物を立面で見たときに構造物を下層と上層に区分する境界線が直線状である場合のように、ある特定の層（階）を挟んで明確に下層と上層に区分される場合の他、構造物を下層と上層に区分する境界線が凹凸状になるような場合を含む。

10

【 0 0 1 3 】

構造物が下部構造 6 と上部構造 7 とに粗く区分された場合に、下部構造 6 と上部構造 7 のいずれか一方が剛な支持層 8 に支持され、他方が柔な支持層 8 に支持された場合には、柔な支持層 8 に支持された下部構造 6 と上部構造 7 のいずれか一方が振動発生時に振動発生前の原位置からの相対変位量が大きくなり、剛な支持層 8 に支持された他方に対して水平方向に相対変位を生じる状態になる。

【 0 0 1 4 】

但し、原位置に留まろうとする傾向は下部構造 6 と上部構造 7 とに区分された場合の下部構造 6 より、剛な支持層 8 に支持された領域が強いと考えられるから、構造物内が下部構造 6 と上部構造 7 とに区分され、それぞれが剛性の異なる支持層 8 に支持された場合で言えば、振動発生時には柔な支持層 8 に支持された上部構造 7 が剛な支持層 8 に支持された下部構造 6 に対して最も水平方向に相対変位し易いことになる。以下では説明の簡略化のため、便宜的に「原位置」を下部構造 6 に代表させて下部構造 6 等と言い、「原位置に対して水平方向に相対変位を生じる構造物内のいずれかの領域」を上部構造 7 に代表させて上部構造 7 等と言う。

20

【 0 0 1 5 】

請求項 1 における「蓄積装置が再利用装置による制御力の発生に必要な量の変換エネルギーを蓄積できるだけの容量を有し」とは、地震発生時等に再利用装置が上部構造 7 等に付与すべき制御力を発生するために要する量の変換エネルギーを蓄積可能な容量を蓄積装置が備えることを言う。蓄積装置がこの容量を満たす量の変換エネルギーを初期の時点で賄うために常時用エネルギー源が共用される。容量は想定される最大の制御力の大きさに応じて決められる。蓄積装置が初期の時点で蓄積すべき変換エネルギー量は再利用装置から上部構造 7 等に付与すべき制御力の発生に必要なエネルギー（後述の再利用エネルギー）の量を指す。「振動発生時」は地震発生時と風荷重作用時を言う。以下では地震発生時等と言う。

30

【 0 0 1 6 】

「蓄積装置が容量を満たす量の変換エネルギーを賄う常時用エネルギー源を共用している」とは、図 1 - ( a ) に示すように蓄積装置 3 が再利用装置 4 に供給する変換エネルギーを得るためのエネルギー源として常時用エネルギー源を兼用していることを言う。蓄積装置 3 は常時用エネルギー源を共用することで、地震発生時等の非常時に常時用エネルギー源のエネルギーを蓄積装置 3 の容量を満たす量の変換エネルギーとして使用する。蓄積装置 3 の容量を満たす量の変換エネルギーは前記のように地震発生時等に再利用装置 4 から上部構造 7 等に付与すべき制御力の発生のために使用される。

40

【 0 0 1 7 】

常時用エネルギー源は具体的には図 1 - ( b ) に示すように例えば常時、使用状態にある油圧エレベータのエネルギー源（油圧源）の一部として設置されるアキュムレータ 3 1 等を指す。油圧エレベータのエネルギー源としてアキュムレータ 3 1 が併用されることは通常、ないが、エネルギー源としてアキュムレータ 3 1 が使用されることで、油圧エレベータに付属する油圧ポンプを休止させながらも、地震発生時以外、アキュムレータ 3 1 が油圧ポン

50

プに代わって油圧エレベータに圧油を供給することが可能である。この結果、油圧エレベータの稼働の俊敏性が確保され、計画・非計画停電時にも油圧エレベータを稼働できる利点が生じる。この場合、常時用エネルギー源としてのアキュムレータ 31 が地震時には蓄積装置 3 として機能する。

【 0 0 1 8 】

アキュムレータ 31 が圧油を油圧エレベータに供給する状態と再利用装置 4 に供給する状態の切り替えは地震等の発生時に始動する制御装置 32 が行うが、制御装置 32 としては例えば図 2 に示すような方向切替弁等が使用される。この場合、方向切替弁は平常時にはソレノイドへの非通電によりアキュムレータ 31 の圧油が油圧エレベータのシリンダにのみ流れる状態にしており、地震等の発生時にソレノイドへの通電によりポートの状態が切り替わり、アキュムレータ 31 の圧油が再利用装置 4 にのみ流れる状態に移行する。

10

【 0 0 1 9 】

常時用エネルギー源が保有するエネルギーは地震発生時等の非常時に蓄積装置 3 に蓄積された変換エネルギーとして使用されるが、地震発生時以外の平常時には本来のエネルギーの供給先に油圧等のエネルギーを供給する目的で使用されるため、蓄積装置 3 が非常時にのみ変換エネルギーを使用する従来のシステムとの対比では変換エネルギー量に対する使用エネルギー量（再利用エネルギー量）の効率が向上する。

【 0 0 2 0 】

蓄積装置 3 が共用する常時用エネルギー源は非常時用エネルギー源に置き換え可能である（請求項 2）。非常時用エネルギー源も蓄積装置 3 が蓄積すべき変換エネルギーを賄うために蓄積装置が共用し、蓄積装置 3 は地震発生時等の非常時に非常時用エネルギー源のエネルギーを蓄積装置 3 の容量を満たす量の変換エネルギーとして使用する。

20

【 0 0 2 1 】

非常時用エネルギー源は例えば図 3 - ( b ) に示すように地震時等を除く停電時等に備えた非常時用の蓄電池 33 等、非常用電源等を指す。非常用電源は計画・非計画停電時にも有効に機能するが、地震時等には蓄積装置 3 として機能するため、停電時にのみ、あるいは地震時にのみ利用される場合より利用の機会が増える。この場合、変換装置 2 は振動エネルギーを変換エネルギーとして電力に変換することになる。蓄電池 33 はまた、地震（本震）時の振動エネルギーと地震後に発生する余震による振動エネルギーを圧電素子等を用いることで、電力の形で蓄えることができるため、地震時等を除く非常時に供給先に電力を供給することを可能にする。

30

【 0 0 2 2 】

非常時用エネルギー源が保有するエネルギーも常時用エネルギー源のエネルギーと同様、地震発生時等の非常時に蓄積装置 3 に蓄積された変換エネルギーとして使用されるが、地震発生時以外の平常時と停電時等の非常時には本来のエネルギーの供給先に電力等のエネルギーを供給する目的で使用されるため、非常時にのみ変換エネルギーを使用する場合との対比では変換エネルギー量に対する使用エネルギー量の効率が向上する。

【 0 0 2 3 】

変換装置 2 は図 4 に示すように例えばシリンダ内を往復動するピストンを挟んで区分されたシリンダ室を持つ油圧シリンダ等の液圧シリンダであり、上部構造 7 等に入力した地震時の揺れを受けて圧力が上昇した圧油等の圧液を流体エネルギー（圧力エネルギー）として蓄積装置 3 に送る。本発明ではこの流体エネルギーを変換エネルギーと呼ぶ。

40

【 0 0 2 4 】

蓄積装置 3 は圧液を流体エネルギーとして一旦、蓄積した後、再利用装置 4 の制御力発生時に圧液を再利用装置 4 に送り込み、再利用装置 4 が上部構造 7 等に制御力を付与する。本発明では蓄積装置 3 に蓄積されている変換エネルギーの内、再利用装置 4 が制御力の発生のために使用するエネルギーを再利用エネルギーと呼ぶ。再利用装置 4 は例えばシリンダ内を往復動するピストンを挟んで区分されたシリンダ室を持つ油圧アクチュエータ等の液圧アクチュエータであり、両側のシリンダ室内に供給される圧液量の差に応じた圧力を制御力として発生する。

50

## 【 0 0 2 5 】

蓄積装置 3 は例えば図 4 に示すように蓄積した変換エネルギーを圧液の放出により再利用装置 4 に付属したサーボ弁 4 5 を経由させて再利用装置 4 に送り込む。再利用装置 4 はサーボ弁 4 5 で各シリンダ室 4 3、4 4 に振り分けられた圧液を各シリンダ室 4 3、4 4 内に流入させることにより両シリンダ室 4 3、4 4 間の圧力差  $P$  を制御力  $F$  として上部構造 7 等に付与する。再利用装置 4 が制御力  $F$  の発生のために使用し、圧力の低下した圧液は変換装置 2 への復帰のために油圧タンク等の回収装置 5 へ放出される。変換装置 2 と蓄積装置 3 と再利用装置 4 はアクティブ制震システムを構成する単位となる制震装置 1 を構成する。制震装置 1 には回収装置 5 が含まれる場合もある。請求項 1 以下のアクティブ制震システムはアクティブ制震装置とも言い換えられる。

10

## 【 0 0 2 6 】

上部構造 7 等と下部構造 6 等は支持層 8 を挟んで上下に区分される構造体であり、下部構造 6 等は主に支持層 8 より上の構造体（上部構造 7 等）を支持する地盤、もしくは基礎になり、上部構造 7 等は下部構造 6 等に支持される支持層 8 上の地上構造物等の構造物になる。但し、支持層 8 は地盤面上、もしくは基礎上に介在するとは限らず、図 5 に示すように地上層に介在することもあるため、下部構造 6 等は地上構造物の一部を含むこともある。

## 【 0 0 2 7 】

また図 1 - ( a )、図 2 - ( a ) に示すように支持層 8 が地盤と地上構造物の境界に位置する場合には、地上構造物に基礎が含まれる場合もあり、その場合、下部構造 6 等は地盤になる。支持層 8 は図 5 に示すように上下（上部構造 7 等と下部構造 6 等）に分断された基礎の中間部に位置する場合もあり、その場合、基礎は上部構造 7 等側と下部構造 6 等側に分離する。支持層 8 は主に図 5 に示す免震層や図 6 に示す免震層に準ずる低剛性層等、水平方向に柔な支持層であるが（請求項 5）、必ずしも柔な支持層 8 である必要はない。請求項 1、2 における「構造物内のいずれかの領域が原位置との間で水平方向に相対変位を生じ得る」とは、構造物内のいずれかの領域（上部構造 7）が原位置（下部構造 6）との間で容易に水平方向に相対変位を生じる柔な支持層と、容易に相対変位を生じない、柔でない支持層を含む趣旨である。

20

## 【 0 0 2 8 】

但し、上部構造 7 等に制御力を付与したときに上部構造 7 等を下部構造 6 等に対して相対移動し易い状態に下部構造 6 等に支持させるには、より小さい制御力の付与によって上部構造 7 等を相対移動させることが合理的であるから、図 5、図 6 に示すように上部構造 7 等は水平方向に柔な支持層 8 に支持されることが適切である（請求項 5）。水平方向に柔な支持層 8 は免震装置からなる免震層と、下部構造 6 等の振動時に下部構造 6 等と上部構造 7 等間に相対変位を生じさせるソフトファーストストーリー（低剛性層）を含む。ソフトファーストストーリーは 1 階、または低層階を柔構造化した層であり、例えば「柔らかくて強い柱で支持された層」等を言う。

30

## 【 0 0 2 9 】

この場合、風荷重程度の外力を受けたときにも上部構造 7 等が下部構造 6 等に対して揺れ易い状態に置かれることから、上部構造 7 等の居住性が低下する可能性があるが、風荷重程度の外力で上部構造 7 等が振動を生じないようにすることは、例えば上部構造 7 等を再利用装置 4 で固定することにより可能になる。図 5 は地上構造物が支持層 8（免震層）を介して下部構造 6 等と上部構造 7 等に分断された場合の例を示す。

40

## 【 0 0 3 0 】

支持層 8 が水平方向に柔な支持層である場合（請求項 5）には、上部構造 7 等を下部構造 6 等に対して相対移動させるために要する制御力の大きさが、支持層 8 が柔でない場合より小さくて済むため、蓄積装置 3 に蓄積されている再利用エネルギーが消費されにくく、再利用エネルギーが温存され易い利点がある。

## 【 0 0 3 1 】

この場合、変換装置 2 は下部構造 6 等と上部構造 7 等との間に跨って架設され、再利用

50

装置 4 は上部構造 7 等の内、柔な支持層 8 の直上層に配置される（請求項 5）。変換装置 2 が下部構造 6 等と上部構造 7 等との間に跨って架設されることは、変換装置 2 が支持層 8 に配置されることである。蓄積装置 3 は変換装置 2 と再利用装置 4 の双方の近傍に配置される。「双方の近傍」とは、変換装置 2 と再利用装置 4 の中間部の意味であるが、必ずしも変換装置 2 と再利用装置 4 を結ぶ直線上に蓄積装置 3 が位置するとは限らない。

【0032】

請求項 5 では地震発生時等には、下部構造 6 等と上部構造 7 等を含めた構造物全体では柔な支持層 8 が変形を開始し、変形量が大きいことから、変換装置 2 が支持層 8 に配置されることで、上記の流体エネルギー（変換エネルギー）をより多く稼ぎ易い。

【0033】

また再利用装置 4 が上部構造 7 等内の支持層 8 の直上層に配置されることと、蓄積装置 3 が変換装置 2 と再利用装置 4 の双方の近傍に配置されることで、変換装置 2 から蓄積装置 3 を経由して再利用装置 4 に送り込むための配線・配管等のエネルギー伝達手段の距離が短縮される。この結果、振動エネルギーから変換された変換エネルギーを変換装置 2 から再利用装置 4 まで送り込むまでに失われるエネルギーの損失量が低減される。特に変換装置 2 と再利用装置 4 が同一位置に互いに併設された場合には、変換装置 2 と再利用装置 4 との間の距離が最短になるため、損失エネルギー量が最小になる。

【0034】

更に水平方向に柔な支持層 8 の直上層である上部構造 7 等の最下層の水平剛性が最下層より上層の水平剛性より低く設定されている場合（請求項 6）には、上部構造 7 等の全層の水平剛性が一様である場合との対比では、上部構造 7 等の最下層がそれより上層より相対変位し易いため、下部構造 6 等に対し、最下層に一定の相対変位を生じさせるのに要する制御力が小さくて済む。

【0035】

この場合、上部構造 7 等の最下層に下部構造 6 等に対する相対変位を生じさせれば、上部構造 7 等全体が下部構造 6 等に対して相対変位を生じる状態になるため、再利用装置 4 が上部構造 7 等に制御力を加える上で、より小さい制御力でも上部構造 7 等全体に下部構造 6 等に対して相対変位を生じさせることが可能である。上部構造 7 等の最下層の水平剛性をそれより上層の水平剛性より低く設定することは、最下層の柱、または柱と梁の剛性を低下させ、最下層をそれより上層より相対的に軟らかくすることにより得られる。

【発明の効果】

【0036】

蓄積装置が常時用エネルギー源、または非常時用エネルギー源を共用することで、常時用、または非常時用エネルギー源を地震時に蓄積装置として機能させながら、地震時以外のときに常時用、または非常時用のエネルギー源（電源）として利用することができるため、蓄積装置に蓄積されているエネルギー源の有効利用が図られ、制震システムの実用性が高まる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図 1】（a）は蓄積装置が常時用エネルギー源を共用している場合の制震システムの概要図、（b）は常時用エネルギー源が油圧エレベータの油圧ユニットである場合の制震システムの例を示した概要図である。

【図 2】図 1 - （b）に示す制御装置が方向制御弁である場合の具体例を示した概要図である。

【図 3】（a）は蓄積装置が非常時用エネルギー源を共用している場合の制震システムの概要図、（b）は非常時用エネルギー源が非常用電源である場合の制震システムの例を示した概要図である。

【図 4】本制震システムの構成例を示した概要図（油圧回路図）である。

【図 5】上部構造が下部構造上に免震層を介して支持され、変換装置が下部構造と上部構造との間に跨って架設された場合の制震システムの例を示した概要図である。

【図 6】図 5 に示す例の具体例を示した概要図である。

10

20

30

40

50

【図 7】免震層の直上層である上部構造の最下層の水平剛性が最下層より上層の水平剛性より低く設定された場合の制震システムの例を示した概要図である。

【図 8】(a) は図 5 ~ 図 7 に示す例以外の具体例を示した概要図、(b) は免震層を通る平面図、(c) は上部構造の平面図、(d) は免震層の平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

図 1、図 2 は地震時等に下部構造 6 等、構造物内の原位置に対して水平方向に相対変位を生じる上部構造 7 等、構造物内のいずれかの領域に入力した振動エネルギーを制御力として利用可能な変換エネルギーに変換する変換装置 2 と、変換装置 2 で変換された変換エネルギーを蓄積する蓄積装置 3 と、蓄積装置 3 に蓄積された変換エネルギーを、前記構造物内の、相対変位を生じた前記いずれかの領域以外の領域に制御力として付与する再利用装置 4 とを備えた制震システム（制震装置 1）の構成例を示す。蓄積装置 3 は再利用装置 4 による制御力の発生に必要な量の変換エネルギーを蓄積できるだけの容量を有し、初期の時点で容量を満たす量の変換エネルギーを賄う常時用エネルギー源、または非常時用エネルギー源を共用している。

10

【0039】

前記のように「構造物内の原位置」は振動発生時にも振動発生前の位置に留まるか、振動発生前の位置に近い位置に留まる領域であり、「構造物内のいずれかの領域」は構造物内の平面上の、もしくは立面上のいずれかの領域であるが、以下では「構造物内の原位置」を下部構造 6 に代表させ、「原位置に対して水平方向に相対変位を生じる構造物内のいずれかの領域」を上部構造 7 に代表させる。すなわち、以下では下部構造 6 が「構造物内の原位置」を指し、上部構造 7 が「原位置に対して水平方向に相対変位を生じる構造物内のいずれかの領域」を指す。

20

【0040】

上部構造 7 は下部構造 6 上に支持層 8 を介して支持されるが、変換装置 2 の設置位置以外の再利用装置 4 から上部構造 7 に付与すべき制御力の大きさを抑え、蓄積装置 3 に蓄積されている変換エネルギー（再利用エネルギー）を温存させる上では、図 5、図 6 に示すように支持層 8 は免震層のように水平方向に柔な層であることが有利である。

【0041】

変換装置 2 は地震時等にも生じる、上部構造 7 の下部構造 6 に対する相対変位を利用して振動エネルギーを変換エネルギーに変換するため、図 1 等にも示すように相対変位を生じる上部構造 7 と下部構造 6 との間に跨って架設される。変換装置 2 から再利用装置 4 への移動中に損失するエネルギー量を低減する上では、再利用装置 4 は主に上部構造 7 の内、支持層 8 の直上層に配置され、蓄積装置 3 は変換装置 2 と再利用装置 4 の双方の近傍、あるいは双方の中間位置に配置される。再利用装置 4 は変換装置 2 で変換され、蓄積装置 3 に蓄積された変換エネルギーを再利用エネルギーとして用い、例えば上部構造 7 に対し、下部構造 6 との間の相対変位に拘わらず、上部構造 7 を下部構造 6 の変位前の位置に留まらせ（地盤に対する相対変位量を小さくし）ようとし、絶対空間に静止させようとするための制御力を付与する。

30

40

【0042】

制震装置 1 は図 4 に示すように振動エネルギーを変換エネルギーとしての流体エネルギーに変換する油圧シリンダ等の変換装置 2 と、変換装置 2 に接続され、変換装置 2 で変換された流体エネルギーを蓄積するアキュムレータ等の蓄積装置 3 と、蓄積装置 3 に接続され、蓄積装置 3 に蓄積された流体エネルギー（圧液）を用いて上部構造 7 に付与すべき制御力を出力する再利用装置 4 から構成される。再利用装置 4 の下流側には、再利用装置 4 からの制御力の出力時にシリンダ室 43、44 から放出され、圧力の低下した圧液を回収し、変換装置 2 に復帰させるための油圧タンク等の回収装置 5 が接続される。回収装置 5 は変換装置 2 に接続される。

【0043】

50



変換装置 2 は具体的には図 4 に示すようにシリンダ 2 1 と、シリンダ 2 1 内を往復動するピストン 2 2 からなり、シリンダ 2 1 内はピストン 2 2 を挟んだ両側のシリンダ室 2 3、2 4 に区分され、前記のように支持層 8 を挟んで上下に区分された下部構造 6 と上部構造 7 との間に跨った状態で設置される。シリンダ 2 1 は図 3 に示すように下部構造 6 と上部構造 7 のいずれか一方に接続され、ピストン 2 2 が他方に接続される。

#### 【 0 0 4 4 】

変換装置 2 は地震による下部構造 6 の振動時に上部構造 7 が下部構造 6 に対して相対移動を生じたときに、一方のシリンダ室 2 3 ( 2 4 ) 内の圧液が上昇することで、高圧の圧液を発生させ、圧液を高圧の状態のまま蓄積装置 3 に送り込む。蓄積装置 3 は高圧の圧液を流体エネルギー ( 圧力エネルギー ) として保存する。下部構造 6 の振動時にはシリンダ 2 1 内をピストン 2 2 が往復動するため、高圧の圧液は両側のシリンダ室 2 3、2 4 内に交互に発生する。

10

#### 【 0 0 4 5 】

再利用装置 4 は変換装置 2 と同様に圧油等の圧液が充填されたシリンダ 4 1 と、シリンダ 4 1 内を往復動し、シリンダ 4 1 内を両側のシリンダ室 4 3、4 4 に区分するピストン 4 2 からなり、下部構造 6 と上部構造 7 との間に跨った状態で設置され、シリンダ 4 1 において下部構造 6 と上部構造 7 のいずれか一方に接続され、ピストン 4 2 において他方に接続される。

#### 【 0 0 4 6 】

再利用装置 4 のピストン 4 2 を挟んだ両側の各シリンダ室 4 3、4 4 と蓄積装置 3 との間には蓄積装置 3 内の圧液の各シリンダ室 4 3、4 4 への流入を制御するサーボ弁 4 5 が接続され、両側のシリンダ室 4 3、4 4 間には両側のシリンダ室 4 3、4 4 間の圧液の移動量を制御する流量制御弁 4 6 が接続される。流量制御弁 4 6 は変換装置 2 が変換した変換エネルギーの蓄積装置 3 への放出量を制限するために変換装置 2 にも接続されることがある。

20

#### 【 0 0 4 7 】

再利用装置 4 の流量制御弁 4 6 が両側のシリンダ室 4 3、4 4 間の圧液の移動量を制御することは、図 4 に示すように再利用装置 4 の両側のシリンダ室 4 3、4 4 間に流量  $Q_0$  を生じさせることであるから、サーボ弁 4 5 の開放時に  $Q_1 + Q_3$  の量の圧液が再利用装置 4 に送り込まれるときに、一方のシリンダ室 4 3 に  $Q_1 - Q_2 - Q_0$  の流量の圧液が送り込まれ、他方のシリンダ室 4 4 に  $Q_3 - Q_4 + Q_0$  の流量の圧液が送り込まれる。 -  $Q_2$  と -  $Q_4$  は回収装置 5 に回収される分の圧液を意味する。

30

#### 【 0 0 4 8 】

このとき、再利用装置 4 の各シリンダ室 4 3、4 4 には  $Q_1 - Q_2 - Q_0$  に応じた圧力  $P_{a1}$  と  $Q_3 - Q_4 + Q_0$  に応じた圧力  $P_{a2}$  が発生し、これらの圧力差  $P$  が制御力  $F$  として上部構造 7 に付与される。サーボ弁 4 5 と流量制御弁 4 6 の制御は両側のシリンダ室 4 3、4 4 内の圧力差  $P$ 、またはピストン 4 2 の移動速度  $V$ 、及び制御力指令  $F$  を用いたコントローラからの指令に基づいて行われる。

#### 【 0 0 4 9 】

図 1 は蓄積装置 3 が初期の時点で容量を満たす量の変換エネルギーを賄う常時用エネルギー源を共用している場合の例を、図 2 は非常時用エネルギー源を共用している場合の例を示す。図 1 - ( b ) は特に常時用エネルギー源が油圧エレベータの油圧源の一部を構成するアキュムレータ 3 1 である場合の例を示す。この例では常時用エネルギー源としてのアキュムレータ 3 1 が蓄積装置 3 を兼ねるため、アキュムレータ 3 1 が再利用装置 4 による制御力の発生に必要な量の変換エネルギーを蓄積できるだけの容量を有し、初期の時点でこの容量を満たす量の圧液を変換エネルギーとして蓄積している。

40

#### 【 0 0 5 0 】

地震の発生時にはアキュムレータ 3 1 に蓄積された変換エネルギーとしての圧液が再利用装置 4 に送り込まれ、再利用装置 4 が図 4 に示すように圧液を前記した各シリンダ室 4 3、4 4 内に振り分けて流入させることにより両シリンダ室 4 3、4 4 間に圧力差  $P$  を発

50

生させ、この圧力差  $P$  を制御力  $F$  として上部構造 7 に付与する。

【 0 0 5 1 】

図 2 は図 1 - ( b ) に示す制御装置 3 2 の具体例として方向切換弁を使用した場合の例を示す。この例では平常時のソレノイドが OFF の状態ではアキュムレータ 3 1 内の圧油が油圧エレベータの油圧シリンダに流れる状態にあり、ソレノイドが ON になったときには方向切換弁が切り替わり、アキュムレータ 3 1 内の圧油が再利用装置 4 に流れる状態に移行する。

【 0 0 5 2 】

図 3 - ( b ) は非常時用エネルギーが非常時用の蓄電池 3 3 である場合の例を示す。この例では蓄電池 3 3 が蓄積装置 3 を兼ねるため、蓄電池 3 3 が再利用装置 4 による制御力の発生に必要な量の変換エネルギーを蓄積できるだけの容量を有し、初期の時点でこの容量を満たす量の電力を変換エネルギーとして蓄積している。地震の発生時には蓄電池 3 3 に蓄積された変換エネルギーとしての電力が再利用装置 4 に送り込まれる。

【 0 0 5 3 】

図 5 は上部構造 7 が下部構造 6 上に免震層等、水平方向に柔な支持層 8 を介して支持された場合の制震システムの配置例を示す。図 5 は地上構造物の中間層に免震層を構成する免震装置 8 1 を介在させ、地上構造物を下部構造 6 と上部構造 7 に区分させた場合の例であるが、免震装置 8 1 ( 免震層 ) の配置位置は基礎、もしくは地盤と地上構造物との間である場合もある。

【 0 0 5 4 】

図 5 の例では地震等の発生時に免震装置 8 1 に支持された上部構造 7 が下部構造 6 に対して相対変位し易いことから、上部構造 7 を下部構造 6 に対して相対変位させ、地盤に対する相対変位量を小さくするために再利用装置 4 から付与すべき制御力は支持層 8 が免震層でない場合より小さくて済む。

【 0 0 5 5 】

図 6 は図 5 の例を少し具体化し、変換装置 2 を上部構造 7 と下部構造 6 との間に跨って架設すると共に、再利用装置 4 を上部構造 7 の最下層における下方側の床版 ( 底板 ) 7 1 と、上方側の床版 ( 天井版 ) 7 2 の下に突設されたブレース等の耐震要素 7 3 との間に架設した様子を示す。

【 0 0 5 6 】

図 7 は基礎 ( 地盤 ) と地上構造物との間に支持層 8 としての免震層 ( 免震装置 8 1 ) を配置し、より小さい制御力で上部構造 7 の下部構造 6 に対する相対変位を生じさせるために、支持層 8 の直上層である上部構造 7 の最下層の水平剛性を最下層より上層の水平剛性より低く設定した場合の例を示す。

【 0 0 5 7 】

図 7 の例でも支持層 8 が免震層であることで、地震等の発生時に免震装置 8 1 に支持された上部構造 7 が下部構造 6 に対して相対変位し易いが、それに加え、上部構造 7 の最下層がそれより上の上層より相対変位し易いことで、上部構造 7 の最下層を下部構造 6 に対して相対変位させれば、上層を含む上部構造 7 全体を最下層に追従させて下部構造 6 に対して相対変位させることができる。すなわち、上部構造 7 の最下層のみを下部構造 6 に対して相対変位させるだけで、上部構造 7 全体を下部構造 6 に対して相対変位させることができるため、上部構造 7 の全層の水平剛性が一樣な場合に、上部構造 7 全体に制御力を付与する場合より、再利用装置 4 が上部構造 7 に付与すべき制御力を小さく抑えることが可能になる。

【 0 0 5 8 】

図 8 は上部構造 7 が下部構造 6 上に柔な支持層 8 である免震層を介して支持される点では図 5 ~ 図 7 に示す例と共通するが、図 5 ~ 図 7 に示す例とは異なり、免震層で支持された、複数の層からなる上部構造 7 の各層に変換装置 2 を設置し、再利用装置 4 を下部構造 6 と上部構造 7 との間に架設し、再利用装置 4 の近傍である上部構造 7 の最下層に蓄積装置 3 を配置した場合の例を示す。

## 【 0 0 5 9 】

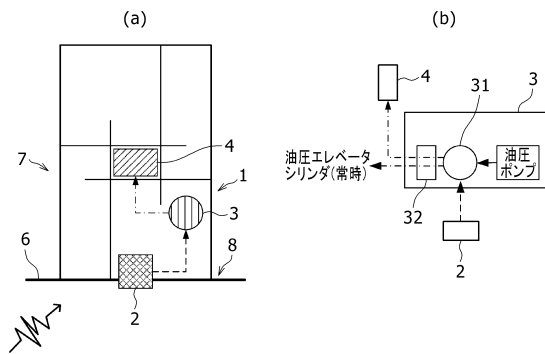
この例では上部構造 7 の各層に生じる振動エネルギーが各層単位で変換エネルギーに変換され、上部構造 7 最下層の蓄積装置 3 に送られ、回収された後、上部構造 7 全体に再利用装置 4 から制御力  $F$  が上部構造 7 に付与される。

## 【 符号の説明 】

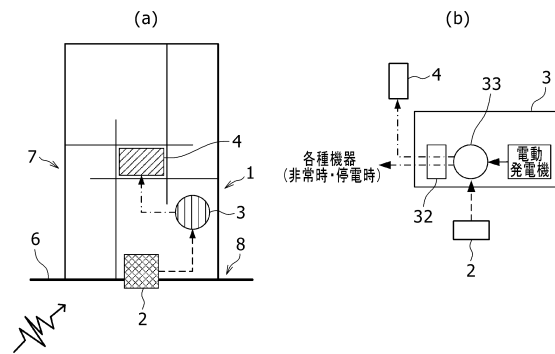
## 【 0 0 6 0 】

- 1 ..... 制震装置、  
 2 ..... 変換装置、 2 1 ..... シリンダ、 2 2 ..... ピストン、 2 3、 2 4 ..... シリンダ室、  
 3 ..... 蓄積装置、 3 1 ..... アキュムレータ、 3 2 ..... 制御装置、 3 3 ..... 蓄電池、  
 4 ..... 再利用装置、 4 1 ..... シリンダ、 4 2 ..... ピストン、 4 3、 4 4 ..... シリンダ室  
 10  
 、 4 5 ..... サーボ弁、 4 6 ..... 流量制御弁、  
 5 ..... 回収装置、  
 6 ..... 下部構造、  
 7 ..... 上部構造、 7 1 ..... 下方側の床版、 7 2 ..... 上方側の床版、 7 3 ..... 耐震要素、  
 8 ..... 支持層、 8 1 ..... 免震装置。

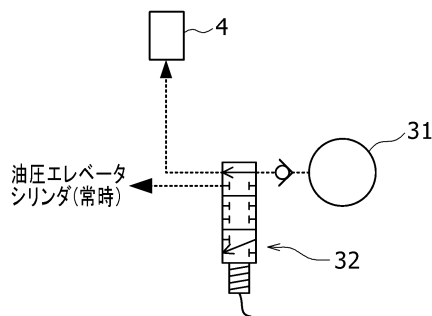
【 図 1 】



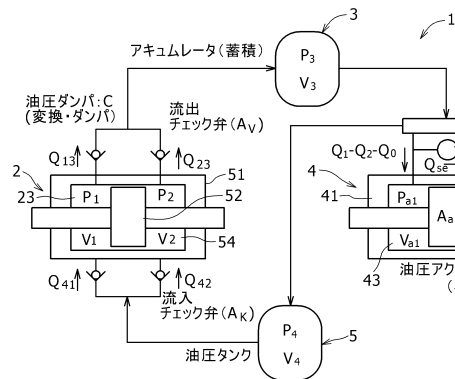
【 図 3 】



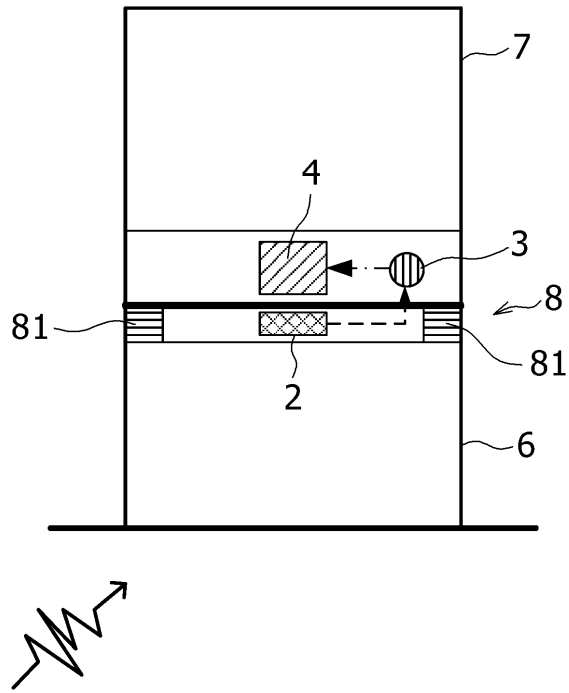
【 図 2 】



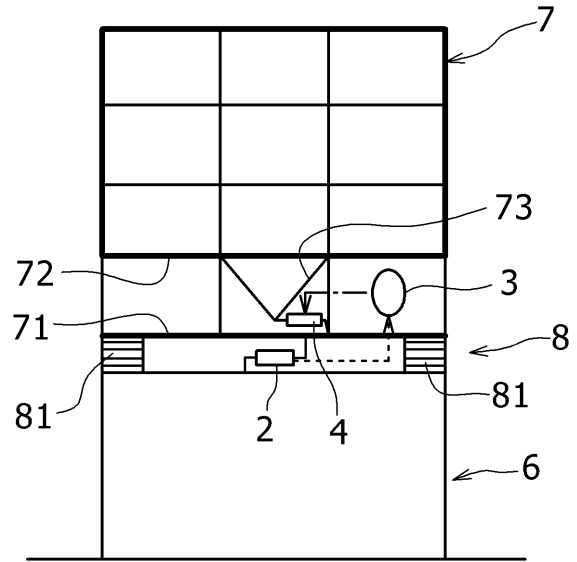
【 図 4 】



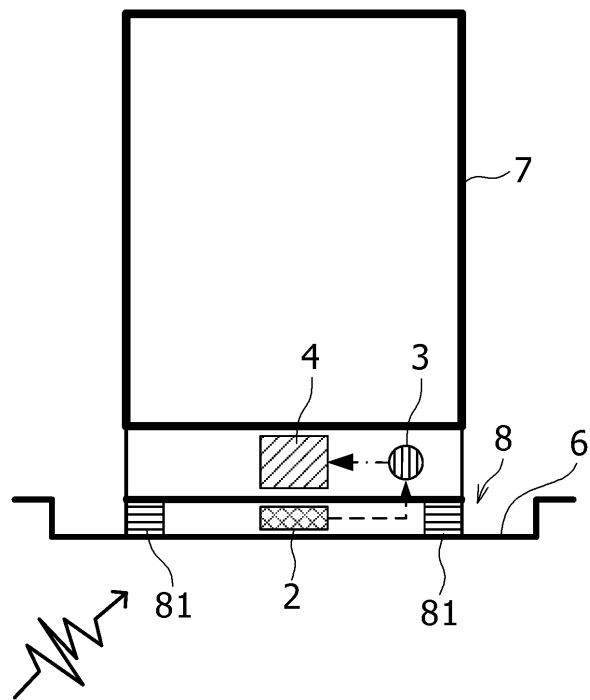
【図 5】



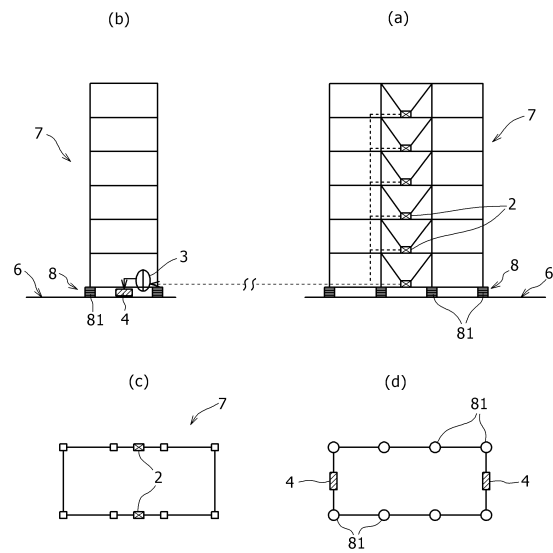
【図 6】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-163317(JP,A)  
特開2010-242971(JP,A)  
特開平10-267076(JP,A)  
特開平11-094013(JP,A)  
特開平10-061256(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E 0 4 H	9 / 0 2
F 1 6 F	1 5 / 0 2
F 1 6 F	1 5 / 0 2 3
F 1 6 F	1 5 / 0 2 7