

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第3952851号
(P3952851)

(45) 発行日 平成19年8月1日 (2007.8.1)

(24) 登録日 平成19年5月11日 (2007.5.11)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 M	7/02	(2006.01)	GO 1 M	7/00	A
EO 4 B	1/00	(2006.01)	EO 4 B	1/00	ESW

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2002-151085 (P2002-151085)	(73) 特許権者	501267357 独立行政法人建築研究所 茨城県つくば市立原 1 番地 3
(22) 出願日	平成14年5月24日 (2002.5.24)	(73) 特許権者	502186693 応用地震計測株式会社 埼玉県さいたま市南区大田窪 2 丁目 2 番 1 9号
(65) 公開番号	特開2003-344213 (P2003-344213A)	(74) 代理人	100078961 弁理士 茂鬼 稔
(43) 公開日	平成15年12月3日 (2003.12.3)	(72) 発明者	勅使川原 正臣 茨城県つくば市立原 1 番地 独立行政法人 建築研究所内
審査請求日	平成17年5月20日 (2005.5.20)	(72) 発明者	齋 藩一 茨城県つくば市立原 1 番地 独立行政法人 建築研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 建物の耐震性能評価方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

建物の少なくとも基礎部と上層階に設置した加速度センサにより計測した加速度計測値を 2 階積分して計測点での絶対変位を算出し、建物の振動モード形を仮定して建物各階の相対変位と絶対加速度を算出し、それらの値から建物の応答変形量を代表する代表変位及び建物の応答加速度を代表する代表加速度を計算して建物の性能曲線を求め、他方、基礎部での加速度計測値を建物に入力した入力地震動として加速度応答スペクトル及び変位応答スペクトルを計算して建物の要求曲線を求め、それら性能曲線と要求曲線の比較から建物の残余耐震性能を判定することを特徴とする建物の耐震性能評価方法。

【請求項 2】

地震発生時に、建物の少なくとも基礎部と上層階に設置した加速度センサにより計測した加速度計測値を 2 階積分して計測点での絶対変位を算出し、建物の振動モード形を仮定して建物各階の相対変位と絶対加速度を算出し、それらの値から建物の応答変形量を代表する代表変位 S_d 及び建物の応答加速度を代表する代表加速度 S_a を計算して $S_a - S_d$ 曲線を作成し疑似包絡線としての性能曲線を求め、建物の限界変形までの性能曲線を推定し、他方、基礎部での加速度計測値を建物に入力した入力地震動として 5% 減衰での加速度応答スペクトル R_a 及び変位応答スペクトル R_d を計算して $R_a - R_d$ 曲線を作成して本震の要求曲線を求め、その要求曲線が建物の限界点を通るように拡大したときの拡大率によって残余耐震性能を評価することを特徴とする建物の耐震性能評価方法。

【請求項 3】

10

20

加速度センサを建物の少なくとも基礎部と上層階に設置し、A/D変換器とデータ収録部とデータ処理表示部を有するデータ収録・処理装置を設置して、アナログ信号ケーブルで各加速度センサとデータ収録・処理装置を接続し、該データ収録・処理装置に搭載した耐震性能評価プログラムによって請求項1又は2記載の方法を実行し判定結果を表示する建物の耐震性能評価装置。

【請求項4】

加速度センサとA/D変換器とCPUと記憶手段を有し、地震発生時にトリガ処理により加速度データをデジタルデータとして記憶手段に蓄積するユニット化されたデータ収録装置を、建物の少なくとも基礎部と上層階に設置し、収録したそれらのデジタルデータを有線方式もしくは無線方式で受け取るデータ処理表示装置を設け、該データ処理表示装置に搭載した耐震性能評価プログラムによって請求項1又は2記載の方法を実行し判定結果を表示する建物の耐震性能評価装置。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、地震時における建物の耐震性能を客観的に且つ迅速に評価するための技術に関し、更に詳しく述べると、建物の地震時の挙動を代表する位置での慣性力-水平変位関係を、建物に配置した加速度センサによって計測することにより、地震時に建物が経験した損傷を算出し、更に基礎部の加速度センサで計測された入力地震動から加速度・変位応答スペクトルを算出し、両者を比較することにより建物の被災度及び残余耐震性能を評価・表示可能な建物の耐震性能評価方法及び装置に関するものである。

20

【0002】

【従来の技術】

巨大地震発生時には、多くの建築物が被災することが予想される。例えば1995年兵庫県南部地震の際には、約31万人が被害を受け、全・半壊建物数は、神戸市内だけでも8万棟を超えた。

【0003】

震災後、建物への立ち入りの可否、居住の安全性などを判断することが必要であり、そのために応急危険度判定が行われる。この応急危険度判定は、専ら技術者・設計者等の目視による調査によってなされている。

30

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、技術者・設計者等の目視に頼る従来方法では、調査日数がかかり（例えば前記震災の場合、40日程度もかかった）、迅速な判定ができない。また、目視調査では、技術者・設計者等の経験や熟練度などによって判定結果が異なることも多く客観性が乏しい欠点がある。更に、「要注意」という灰色の判定となる件数が、「危険」や「安全」という明確な判定よりも格段に多くなり、これによる詳細調査の必要性が調査日数の増大を招いている。

【0005】

もし、震災後、どの程度の地震にまで耐えうる性能が残っているかを迅速に的確に判定できるような技術が確立されれば、被災建物の選別を適切に且つ迅速に行うことができ、余震に対する2次災害を軽減できると共に、不必要な避難者数を低減することが可能となる。

40

【0006】

本発明の目的は、地震発生後の建物の残余耐震性能（建物にどの程度の地震まで耐えうる性能が残っているか）を迅速に且つ客観的に判定できるような技術を提供することである。本発明の他の目的は、被災建物の選別を適切に且つ迅速に行うことができるため、余震に対する2次災害を軽減できると共に、不必要な避難者数を低減することが可能となるような建物の耐震性能評価方法及び装置を提供することである。

【0007】

50

【課題を解決するための手段】

本発明は、建物の少なくとも基礎部と上層階に設置した加速度センサにより計測した加速度計測値を2階積分して計測点での絶対変位を算出し、建物の振動モード形を仮定して建物各階の相対変位と絶対加速度を算出し、それらの値から建物の応答変形量を代表する代表変位及び建物の応答加速度を代表する代表加速度を計算して建物の性能曲線を求め、他方、基礎部での加速度計測値を建物に入力した入力地震動として加速度応答スペクトル及び変位応答スペクトルを計算して建物の要求曲線を求め、それら性能曲線と要求曲線の比較から建物の残余耐震性能を判定することを特徴とする建物の耐震性能評価方法である。

【0008】

また本発明は、地震発生時に、建物の少なくとも基礎部と上層階に設置した加速度センサにより計測した加速度計測値を2階積分して計測点での絶対変位を算出し、建物の振動モード形を仮定して建物各階の相対変位と絶対加速度を算出し、それらの値から建物の応答変形量を代表する代表変位 S_d 及び建物の応答加速度を代表する代表加速度 S_a を計算して $S_a - S_d$ 曲線を作成し疑似包絡線としての性能曲線を求め、建物の限界変形までの性能曲線を推定し、他方、基礎部での加速度計測値を建物に入力した入力地震動として5%減衰での加速度応答スペクトル R_a 及び変位応答スペクトル R_d を計算して $R_a - R_d$ 曲線を作成して本震の要求曲線を求め、その要求曲線が建物の限界点を通るように拡大したときの拡大率によって残余耐震性能を評価することを特徴とする建物の耐震性能評価方法である。

【0009】

更に本発明は、加速度センサを建物の少なくとも基礎部と上層階に設置し、A/D変換器とデータ収録部とデータ処理表示部を有するデータ収録・処理装置を設置して、アナログ信号ケーブルで各加速度センサとデータ収録・処理装置を接続し、該データ収録・処理装置に搭載した耐震性能評価プログラムによって上記の方法を実行し判定結果を表示する建物の耐震性能評価装置である。

【0010】

また本発明は、加速度センサとA/D変換器とCPUと記憶手段を有し、地震発生時にトリガ処理により加速度データをデジタルデータとして記憶手段に蓄積するユニット化されたデータ収録装置を、建物の少なくとも基礎部と上層階に設置し、収録したそれらのデジタルデータを有線方式もしくは無線方式で受け取るデータ処理表示装置を設け、該データ処理表示装置に搭載した耐震性能評価プログラムによって上記の方法を実行し判定結果を表示する建物の耐震性能評価装置である。データ収録装置とデータ処理表示装置の間での有線方式もしくは無線方式によるデータの送受は、LAN、電話線や電力線を利用する搬送、無線電話を利用する方式など、任意であってよい。但し、これらの構成では、波形データの収集にあたり時間軸が共通である必要があるため、同期信号用のケーブルを接続するか、あるいは各データ収録装置で正確な時刻を記録するなど、何らかの同期機能を持たせる必要がある。

【0011】

【発明の実施の形態】

基本となる機器配置構成としては、図1に示すように、建物の基礎部（例えば1階）と上層階（好ましくは最上階）にそれぞれ加速度センサ10a、10bを設置する。実際には、3～4階毎に1個の目安で建物床面の中央部に加速度センサを設けるのが好ましい。そして任意の位置（例えば基礎部）にデータ収録・処理装置12を設置する。このデータ収録・処理装置12によって、地震時の建物応答及び入力地震動を求め、残余耐震性能（どの程度の地震にまで耐えうる性能が残っているか）を求め危険か安全かを表示する。これによって、建物の地震後の安全性についてほぼリアルタイムで判定することが可能となる。

【0012】

データ収録・処理装置12は、次のような機能を有する耐震性能評価プログラムを搭載している。

(1) 加速度センサの計測値を2階積分することにより、建物全体の絶対応答変形量を算出する。

(2) 建物のモード形を適切に仮定することにより、建物各階の相対変位と絶対加速度を算出し、それらの値から建物の応答変形量を代表する代表変位及び建物の応答加速度を代表する代表加速度を計算して建物の性能曲線を求める。

(3) 基礎部の加速度計測値を建物に入力した入力地震動として加速度応答スペクトル及び変位応答スペクトルを計算して建物の要求曲線を求める。

(4) 得られた性能曲線と要求曲線の比較から、建物の残余耐震性能を評価し、結果を表示する。

【0013】

このように、実建物の応答に対して詳細な設計情報なしに性能曲線・要求曲線を適切に作成する点、及びそれらの曲線から残余耐震性能を判定する点は、従来技術にはない本発明の大きな特徴である。

【0014】

図2に判定の概要を示す。限界変形まで求めた建物の性能曲線に対して、その限界変形点で交わるよう、本震の5%減衰での要求曲線を拡大する。この拡大率 γ は耐震性能を意味し、この γ が1以上の場合は余震（通常、余震は本震を上回らないとされている）に対して『安全』と判断され、1未満の場合は『危険』と判断される。つまり、限界変形点が、本震の5%減衰での要求曲線に対して、その内側にあれば『危険』であり、外側にあれば『安全』となる。なお、建物が弾性範囲にとどまっている場合は、別途その剛性を確認することにより『弾性』と判断される。

【0015】

【実施例】

例えば、図3のAに示すような3階建ての建物を想定する。この3階建ての建物は、Bに示すように、各階に対応した3質点（質量： M_1 、 M_2 、 M_3 ）にモデル化できる。この3質点系モデルに、地震時に慣性によって生じる力を仮定した外力分布に応じて、Cに示すように地震時と同じように水平力（ P_1 、 P_2 、 P_3 ）を作用させると、Dに示すように変形（ X_1 、 X_2 、 X_3 ）を生じ、各階は水平力（層せん断力）を負担することになる。各階の層せん断力－層間変形関係は図4に示すようになり、各階とも、保有する耐力に応じて損傷を生じ、非線形を示すことが分かる。各階の層せん断力－層間変形関係は、図3のCに示す外力分布に応じて、それらを代表する性能曲線に置き換えることができる。

【0016】

一方、地震動の加速度応答スペクトル R_a を縦軸に、変位応答スペクトル R_d を横軸にとったものを要求曲線と呼ぶ。この R_a 及び R_d を計算するためには、減衰定数を仮定する必要があるが、一般的な建物の弾性時の減衰定数は5%とすることができる。なお、建物に損傷が生じた場合、その損傷による非線形性に応じて付加的に減衰力が作用する。地震時の建物の応答は、図5に示す性能曲線とこの付加減衰力を考慮した要求曲線が交わる点となる。従って、性能曲線及び要求曲線が得られると、建物の応答は予測可能である。

【0017】

本発明方法では、この応答スペクトル法を、実建物の実地震応答に対して適用する。実地震動下では、建物に作用する外力は、図3のCに示すような単純なものではなく、3次モードまでの高次モード成分も含む。この実応答を、比較的少ない加速度センサによって計測し、計測していない階は建物のモード形を仮定することによって算出し、実建物の応答から性能曲線を得る。建物の基礎部（例えば1階）に設置した加速度センサにより、建物に入力する地震動を計測することができる。この地震動から要求曲線を得る。

【0018】

応答スペクトル法では、要求曲線から応答値を得る。しかし、本方法では、性能曲線の限界点から、要求曲線がその点を通るように要求曲線を拡大することにより、建物が耐えうる最大の要求曲線を得る（図7参照）。この最大の要求曲線の地震動レベルから、建物の耐震性能を評価する。

10

20

30

40

50

【0019】

図6は、本発明による建物の耐震性能評価方法の一実施例を示す処理・判定のフロー図である。以下の括弧内数字は、図6の括弧内数字に対応している。

(1) 建物の基礎部と最上階に配置した加速度センサにより、加速度 a_j を計測する。

(2) 計測した加速度 a_j を2階積分し、計測点での絶対変位を算出する。各絶対変位から、基礎部での絶対変位を引くことにより、計測点での基礎部に対する相対変位 X_j を算出する。

(3) 建物の振動モード形を仮定する（ここでは計測点を直線で結んだモード形を採用している）。勿論、モード形自体を計測してもよい。

(4) 上記(3)のモード形及び(2)の相対変位 X_j から、各階の相対変位 cX_j を算出する。

10

(5) 上記(3)のモード形及び(1)の計測加速度 a_j から、各階の絶対加速度 c_a を算出する。

(6) 高さ方向の各階の質量比 m_i を入力する。この質量比は、例えば床面積の比とする。各階とも質量が同じならば $m_i = 1$ 、0となる。

(7) 上記(4)の cX_j 及び(6)の m_i を用いて、建物の応答変形量を代表する代表変位 Sd を次式により計算する。

$$Sd = (\sum m_i \cdot cX_j) / (\sum m_i \cdot cX_j^2)$$

(8) 上記(5)の c_a 及び(6)の m_i を用いて、建物の応答加速度を代表する代表加速度 Sa を次式により計算する。

20

$$Sa = (\sum m_i \cdot c_a) / (\sum m_i)$$

(9) 上記(7)の Sd を横軸、(8)の Sa を縦軸にとった $Sa - Sd$ 曲線（性能曲線）を作成する。

(10) 実際の地震時には、(9)の性能曲線はループを描く。そこで、性能曲線のそれまでの時刻の最大値となる点を抽出する（疑似包絡線）。これにより、図7中のaに示す性能曲線が得られる。また、本震の最大応答点 a-1 は、地震終了時に自動的に得られることとなる。

(11) 建物の限界変形 Ru を入力する（図7中のa-2）。この限界変形は、現時点では建築基準法が大きく改正された1971年、1981年を境に、建築年に応じて建物を3グループに分け、各グループに対して限界変形量を仮定する方法をとる。その際、耐震診断を行った建物は、その診断結果に応じて限界変形を決めてもよい。あるいは各階の高さに対する水平変形量の比（層間変形角）を用いて、建築年代や構造形式によって数バターの限界変形角を仮定し（例えば層間変形角1/50を限界変形角とするなど）、限界変形量を仮定する方法もある。また、性能曲線において、変形が進行するにもかかわらず耐力が低下する点（例えば耐力が50%に低下する点）を限界点とする方法もある。将来的には、更にセンサを柱や梁などに埋め込み、限界変形量についての情報を計測する方法を採用することも可能である。

30

(12) 上記(10)で得られた性能曲線を、限界変形まで延ばすことにより、限界変形点までの性能曲線を推定する（図7中のa-3）。

(13) 前記(1)で計測した基礎部での加速度 a_j を建物に入力した入力地震動と考え、 a_j から加速度応答スペクトル Ra 及び変位応答スペクトル Rd を計算する。この際の減衰定数は5%とする。ある周期に対して角振動数を計算し、減衰定数を仮定すると、地震動の継続時間に対して1質点系の弾性の建物の運動方程式を積分することにより建物の応答時刻歴が計算できる。地震動の継続時間中、最大の絶対加速度応答と最大の応答変形量を選出できる。周期を横軸にとって最大の絶対加速度応答を縦軸にとったものが加速度応答スペクトル Ra 、最大の応答変形量を縦軸にとったものが変位応答スペクトル Rd となる。

40

(14) 上記(13)の Ra を縦軸に、 Rd を横軸にとった $Ra - Rd$ 曲線を作成する。この $Ra - Rd$ 曲線は、5%減衰での要求曲線となる。実建物では、建物が非線形になると、非線形によってエネルギーが吸収され、それによって5%以上の減衰が作用する。減

50

衰は $R_a - R_d$ 曲線を低下させる。

(15) 将来の地震動に対して、どの程度の大きさまで建物が耐えられるかを、上記(14)の5%減衰での $R_a - R_d$ 曲線及び(12)の性能曲線から判断する。具体的には、得られた $R_a - R_d$ 曲線が、建物の限界点(図7中 a-2)を通るように $R_a - R_d$ 曲線を拡大する。こうして得られる $R_a - R_d$ 曲線は建物が耐えうる最大の要求曲線となる(図7中 c)。この拡大率を γ とすると、本被災建物は本震の γ 倍の地震まで耐えうることとなる。この際、 $\gamma < 1.0$ の場合は、本震レベルの地震動に対して耐えられないことになり、「危険」と判断される。 $\gamma \geq 1.0$ の場合は「安全」と判断される。ここで、非線形性により付加減衰が作用するにもかかわらず、判断用の最大の要求曲線(図7中 c)では5%減衰を用いているが、これは非線形性による付加減衰を正確に判断することが難しく安全側の評価を行うためである。なお、地震後においても建物の性能曲線が弾性範囲の場合、その直線を限界変位まで延長しても性能曲線とはならないため、この場合は「弾性」という判断が下される。

10

(16) 実際に装置としては、上記(15)で得られた判定結果を分かり易く判定装置で表示する。また、どの程度の残余耐震性能があるかを数値的に表示することもできる。

【0020】

加速度記録から変位を得るための2階積分は、大別して、時間領域で行う方法と周波数領域で行う方法がある。前者には、加速度記録を直接積分する方法と積分回路をシミュレートしたデジタルフィルタを通す方法などがあり、後者は、通常、FFT(高速フーリエ変換)を用いる。本発明では、これらを含めて任意の手法を用いてよい。

20

【0021】

本発明に係る建物の耐震性能評価装置の基本的な構成は、図1に示すとおりである。加速度センサ10a、10bのみを必要階(図示の例では1階と最上階)に設置し、A/D変換器とデータ収録部とデータ処理表示部などを有するデータ収録・処理装置12を例えば1階に設置して、各加速度センサ10a、10bとデータ収録・処理装置12との間をアナログ信号ケーブルで接続する。データ収録・処理装置12に搭載した耐震性能評価プログラムを実行して判定結果を表示する。加速度センサ10a、10bからの信号はデータ収録・処理装置12で受信され、データ収録・処理装置12側でA/D変換及びデータ収録が行われ、それに基づくデータ処理が行われる。この方式は最も一般的なもので、既存の地震観測システムで用いられているのと同様の方式である。

30

【0022】

本発明に係る建物の耐震性能評価装置の他の構成例を図8に示す。データ収録装置をユニット化して、建物に所定の位置に容易に設置できるようにした点に特徴がある。ここでは建物を10階建てと想定しており、その場合には例えば最上階(10階)と基礎部(1階)、及び中間階(例えば5階)にそれぞれデータ収録装置20を設置する。そして、各データ収録装置20で収録したそれぞれのデータを受け取るデータ処理表示装置40を1箇所、例えば1階に設置する。ここでは、RS232CあるいはLANなどケーブル42を用いてデータを送受する構成となっている。この構成は、インテリジェントビルなどで、ビル内のLANに直接接続できる利点がある。なお、データ処理表示装置には耐震性能評価のプログラムが搭載されている。

40

【0023】

この実施例では、各データ収録装置20は、加速度センサ22、A/D変換器24、データ収録部26、I/Oインターフェース28、電源(バッテリー)などを有し、堅牢なケースに収容されたユニット構造とする。加速度センサ22は、X、Y、Zの3成分を検知可能で、加速度の大きさに応じた電圧が出力される構造である。その出力電圧は、A/D変換器24に導かれ、例えばシグマデルタAD変換器によって24ビットデジタル値に変換される。

【0024】

データ収録部26は、時刻校正器30とCPU32と記憶手段(メモリ)34などを有する。常時検知している加速度値が予め設定した閾値を超えた時(地震発生時)、トリガが

50

かかり自動的に加速度データ（波形データ）が記憶手段34に蓄積され、また時刻校正器（GPS時刻校正器や電波時計等）30による時刻情報も記録される。この実施例で時刻校正器30を組み込んでいるのは、波形データの収集に当たり、データ収録される加速度データの時間軸は共通である必要があり、各データ収録装置20相互の時間及び記録開始時刻を同期する必要があるためである。データ収録装置20相互の間、あるいは各データ収録装置20とデータ処理表示装置40との間を同期信号用ケーブルで接続するなどして同期をとる機能を設けるならば、上記の時刻校正器は無くてもよい。地震による揺れが治まると、波形記録も自動的に終了し、耐震性能評価のプログラムが搭載されているデータ処理表示装置40が自動的に立ち上がり、判定処理を行う。

【0025】

判定処理では、加速度データに対してデジタル2階積分によって変位データを計算し、加速度データと変位データを入力として耐震性能評価プログラムを実行し、耐震評価結果を出力表示する。

【0026】

各データ収録装置とデータ処理表示装置との間のデータの送受は、任意の方法を用いてよい。例えば、電力搬送式電話機によって接続する方法でもよく、この方法は、若干精度は低下するものの、新たにケーブル類を敷設する必要が無い。また、PHSや携帯電話、その他の無線式通信手段を利用する方法でもよく、この方法もケーブル類を敷設する必要が無いため、設置の自由度が大きい。

【0027】

従って、これら電話回線や無線通信手段を用いる方式では、必ずしも建物毎にデータ処理表示装置を設置する必要は無く、ある地域内などの複数の建物に対して1台のデータ処理表示装置を設置することで設置コストを削減する手法も可能である。また、リアルタイムで判定する必要が無ければ、判定を必要とする場合にデータ処理表示装置を接続してデータ処理する手法も可能である。

【0028】

【発明の効果】

本発明は上記のように、地震時の建物応答及び入力地震動を加速度センサによって計測し、残余耐震性能を迅速に表示可能な建物の耐震性能評価方法及び装置であるので、建物にどの程度の地震まで耐えうる性能が残っているかを迅速に且つ客観的に判定できる。そのため、被災建物の管理を適切に行うことができ、余震に対する2次災害を軽減できると共に unnecessary 避難者数を低減することが可能となる。計測目的が限定されているために装置は安価に製造でき、配置の自由度も広がり、容易に設置できるため、普及し易い構成となり、防災上の効果は極めて大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明方法を実施するための機器配置構成を示す説明図。

【図2】本発明方法による建物耐震判定の説明図。

【図3】3階建て建物とそのモデル化の説明図。

【図4】（層間）変形量－（層）せん断力の関係を示すグラフ。

【図5】スペクトル法を説明するための水平変形量 S_d －せん断力係数及び応答加速度 S_a の関係図。

【図6】本発明方法の実施手順の一例を示すフロー図。

【図7】実際の計測の手順を説明するための $S_d \cdot R_d$ － $S_a \cdot R_a$ 関係図。

【図8】本発明に係る耐震性能評価装置の一実施例を示すブロック図。

【符号の説明】

10a, 10b 加速度センサ

12 データ収録・処理装置

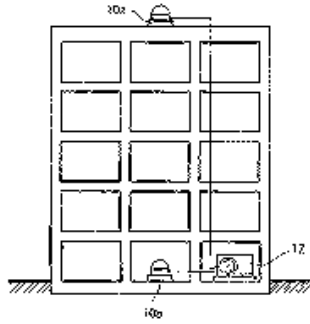
10

20

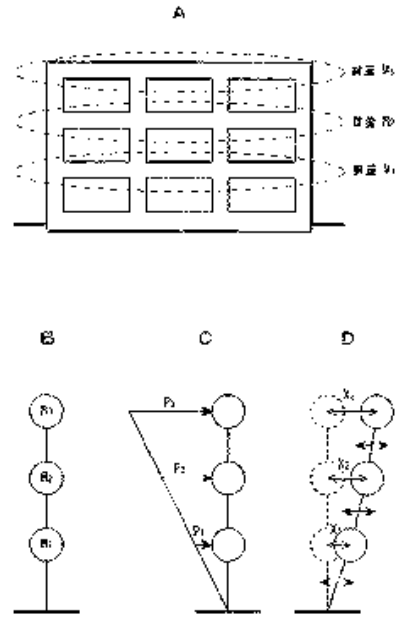
30

40

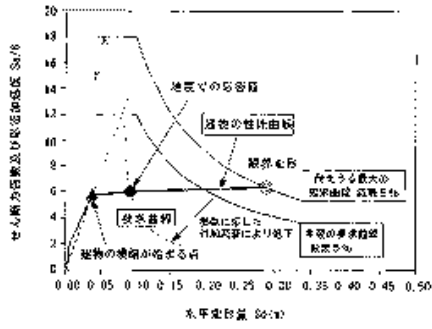
【図 1】



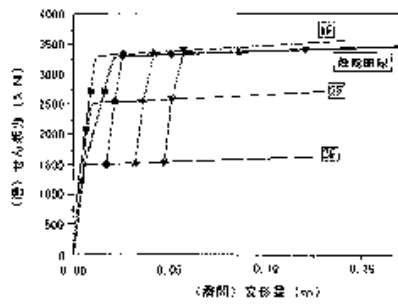
【図 3】



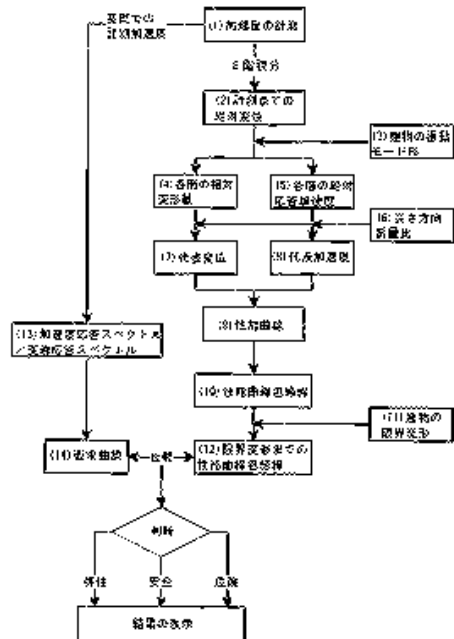
【図 2】



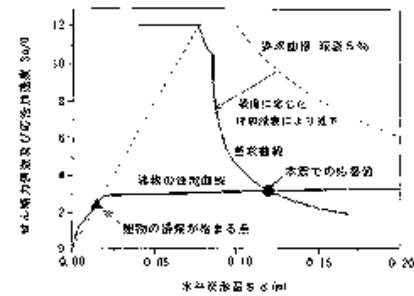
【図 4】



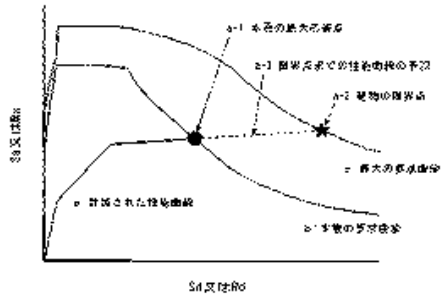
【図 6】



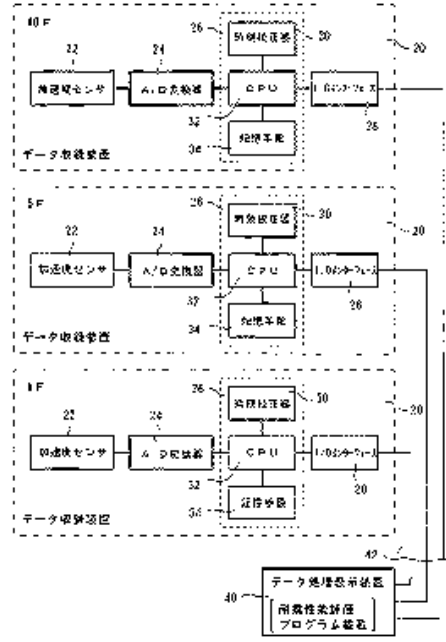
【図 5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 原 徹夫

埼玉県さいたま市太田窪2丁目2番19号 応用地震計測株式会社内

審査官 本郷 徹

(56)参考文献 特開平09-043093 (JP, A)

特開平09-105665 (JP, A)

特開平01-061680 (JP, A)

特開昭60-078377 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 7/02