

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5843732号
(P5843732)

(45) 発行日 平成28年1月13日 (2016. 1. 13)

(24) 登録日 平成27年11月27日 (2015. 11. 27)

(51) Int. Cl.

F 1

F 2 2 B 37/24 (2006. 01)
F 1 6 F 15/02 (2006. 01)
E 0 4 H 9/02 (2006. 01)
F 1 6 F 7/12 (2006. 01)

F 2 2 B 37/24 D
 F 1 6 F 15/02 Z
 E 0 4 H 9/02 3 0 1
 F 1 6 F 7/12

請求項の数 5 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2012-195298 (P2012-195298)
 (22) 出願日 平成24年9月5日 (2012. 9. 5)
 (65) 公開番号 特開2013-224730 (P2013-224730A)
 (43) 公開日 平成25年10月31日 (2013. 10. 31)
 審査請求日 平成26年12月22日 (2014. 12. 22)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-67518 (P2012-67518)
 (32) 優先日 平成24年3月23日 (2012. 3. 23)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 514030104
 三菱日立パワーシステムズ株式会社
 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3
 番1号
 (74) 代理人 110000442
 特許業務法人 武和国際特許事務所
 (72) 発明者 相田 清
 広島県呉市宝町6番9号
 バブコック日立株式
 会社 呉研究所内
 (72) 発明者 河村 幸太郎
 広島県呉市宝町6番9号
 バブコック日立株式
 会社 呉事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ボイラ制振用のサイスミックタイおよびこれを用いたボイラ耐震構造体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の鉄骨柱と鉄骨梁からなる支持架構と、該支持架構の上部の鉄骨梁から吊り下げ支持されるボイラ本体とを接続し、前記支持架構と前記ボイラ本体の地震時の相対変位を利用して地震の振動エネルギーを吸収するサイスミックタイにおいて、

該サイスミックタイは、弾性部材であるリンク材と、該リンク材に垂直方向に弾塑性部材であるピン材とからなり、前記リンク材と前記ピン材の両端部を互いにヒンジ結合した構造を有し、

前記ピン材は、該ピン材の軸方向の中央部に断面形状が円形の支圧部を有するとともに、該支圧部から前記ヒンジ結合の部位に向かって外径を漸次小とする略紡錘形状を有し、

前記ピン材の支圧部は、前記支持架構と前記ボイラ本体に連結されており、

前記略紡錘形状は、ウェブ部と該ウェブ部の外縁側に設置するフランジ部とで形成した構造である

ことを特徴とするサイスミックタイ。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記略紡錘形状は、ウェブ板と該ウェブ板の外縁側に設置したフランジ板とで形成した構造であり、

前記ウェブ板は、前記ピン材の軸を中心としてピン材の軸方向にウェブ板の両側部を対称に配置した形状であり、

前記ピン材の軸方向と前記ピン材の軸に対して垂直方向の断面において、前記ウェブ板の断面面積に対する前記フランジ板の断面面積の比が 1 . 3 ~ 1 . 7 である

ことを特徴とするサイスミックタイ。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、

地震時の相対変位に対するサイスミックタイの前記支圧部への反力が作用するピン材の軸に対して両側部の断面形状を対称形としたことを特徴とするサイスミックタイ。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載したサイスミックタイを、複数の鉄骨柱と鉄骨梁とからなり且つ複数の層構造からなる支持架構と前記ボイラ本体とからなるボイラ耐震構造体において、前記ボイラ耐震構造体の重心位置に相当する層に、少なくとも設けたことを特徴とするボイラ耐震構造体。

10

【請求項 5】

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載したサイスミックタイを、複数の鉄骨柱と鉄骨梁とからなり且つ複数の層構造からなる支持架構とボイラ本体とからなるボイラ耐震構造体において、前記ボイラ本体が火炉と側壁部と後部壁部から構成される場合、前記火炉と後部壁部とを有する層には、前記火炉と前記支持架構との間に、前記後部壁部と前記支持架構との間の両方に設置したことを特徴とするボイラ耐震構造体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、主に火力発電プラント用大型ボイラの耐震構造に係わり、特にボイラに設置される振動吸収装置であるサイスミックタイに関する。

【背景技術】

【0002】

主に火力発電プラントに用いられる大型ボイラは、通常、複数の柱と上下方向に複数配される主梁との組合せにより構成される支持架構の上部からそのボイラ本体が吊下げられた構造である。そこで、従来採用されており、且つ本発明の実施形態に係るサイスミックタイを適用可能とするボイラの耐震構造について、図 15 ~ 図 20 を参照しながら、以下説明する。

30

【0003】

ここで、図 15 は、従来技術に関する、ボイラ本体 4 と、支持架構 7 の柱 1 及び主梁 2 と、サイスミックタイ 6 とを備えたボイラ耐震構造の側面図である。図 17 は、ボイラ耐震構造における支持架構の複数層に形成されたサイスミックタイ 6 の配置を示す図であり、図 18 は、従来技術に関するボイラ耐震構造に適用されるサイスミックタイ 6 の構造を示す見取図であり、図 19 は、従来技術に関するサイスミックタイ 6 の紡錘型ピンの構造を示す図であり、図 20 は、サイスミックタイによるエネルギー吸収の原理を説明する図である（本発明の原理説明図でもある）。

【0004】

ボイラ本体 4 は運転中に上下方向に熱伸びする。この熱伸びを拘束しないようにするため、ボイラ本体 4 は主梁 2 と柱 1（鉄骨柱とも称する）から成る支持架構 7 により、吊りボルト 3 を介して吊下げ支持されている。

40

【0005】

ここで、主梁 2 とは、水平方向に配置する耐震用の梁 2 を意味する。主梁 2（以下、梁または鉄骨梁とも称する）は、地面 32 からの高さ方向に配置される。下方から順に支持架構 7 の基礎部分から最下部の主梁 2 までを第 1 層、最下部の主梁 2 から次の主梁 2 までを第 2 層として、ボイラ本体 4 を吊下げる主梁 2 まで複数の層構造を成し、図 15 の例では第 7 層まで形成されている。

【0006】

支持架構 7 における層構造の複数層に支持架構 7 とボイラ本体 4 とを接続してボイラ本

50

体 4 と支持架構 7 の振動エネルギーを吸収するサイスミックタイ 6 が設けられている。

【 0 0 0 7 】

図 1 5 において、サイスミックタイ 6 は、主梁 2 の裏側に隠れた状態で配置され、支持架構 7 とボイラ本体 4 に連結されている（図 1 7 をも参照）。

【 0 0 0 8 】

図 1 5 に示すボイラ耐震構造において、サイスミックタイ 6 は、第 1 層の上部、第 2 層の上部、第 4 層の上部、第 5 層の上部、第 6 層の上部に設置されている。図 1 5 におけるサイスミックタイ 6 の配置を平面表示したものが図 1 7 である。A - A ~ G - G 断面で計 1 4 個のサイスミックタイ 6 が配置されている。

【 0 0 0 9 】

ボイラ本体 4 と支持架構 7 の間には、複数のサイスミックタイ 6 が設置されており、このサイスミックタイ 6 で地震荷重 5 による地震エネルギーを吸収してボイラ本体 4 と支持架構 7 を制振する。

【 0 0 1 0 】

図 1 8 は、従来技術に関するボイラ耐震構造に適用されるサイスミックタイの構造を示す見取図である。図 1 8 に示す紡錘型ピン 6 B を有するサイスミックタイ 6 の構造例は、例えば特許文献 1 に開示されている。このサイスミックタイ 6 は支圧部 6 C を介して、ボイラ 4 及び支持架構 7 に連結されている。サイスミックタイ 6 は、紡錘型ピン 6 B（柔な鋼材）と、リンク 6 A（剛な鋼材）をヒンジ結合して構成される。この特許文献 1 によると、ボイラ本体と支持鉄骨との間に掛け渡された振れ止め構造体は、平行な 2 本のリンクとこのリンクに結合されたピン材とから構成され、このピン材は、中央部から両端に向かって漸次、ピン径を小さくする紡錘型形状を構成することが開示されている（図 1 8 と図 1 9 を参照）。

【 0 0 1 1 】

図 1 9 に、特許文献 1 に開示されたサイスミックタイ 6 の内で紡錘型ピン 6 B と支圧部 6 C の構造を示す。このピン 6 B は、支圧部 6 C から軸方向に断面が小さくなる、いわゆる紡錘型（ラグビーボール型）となっている。断面形状は、支圧部 6 C における断面（C - C 断面）、及びその他の部分の断面（D - D 断面）が円形となっている。

【 0 0 1 2 】

図 2 0 は、従来技術及び本発明に関するサイスミックタイによるエネルギー吸収の原理を説明する図であるが、図 1 9 に示す紡錘型ピンの従来構造におけるサイスミックタイの反力 F_i と変位 δ_i の関係を図 2 0 の実線で表す。この実線で囲まれる面積が、振動エネルギー吸収量に相当する。なお、図 2 0 において座標の原点を通る実線は後述する第 1 勾配を説明するための線である。

【 0 0 1 3 】

ボイラ構造物の場合、ボイラ本体と支持架構の相対変位がサイスミックタイに作用する変位 δ_i となり、この作用によってサイスミックタイに反力 F_i が発生する。地震時に配管に損傷が生じないようにするため、実機におけるサイスミックタイの変位 δ_i を最大値（図 1 6 で、最大変位 δ_i 、 $\max = 15 \text{ cm}$ ）以下に抑える必要がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 1 4 】

【特許文献 1】特許第 2 5 7 2 4 0 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 5 】

ここで、サイスミックタイによるエネルギー吸収の原理について図 2 0 を用いて説明する。実線で示す図 1 9 に示す紡錘型ピンの従来構造における最大変位（ δ_i 、 $\max = 15 \text{ cm}$ ）、最大反力 F_i 、 $\max$ を超えない条件下で、振動エネルギー吸収量の最大値は、図 2 0 に示す点線（図 2 0 で、目標と記載）で示す矩形の面積である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

この矩形面積に極力近づけるように、実線で示す紡錘型ピンの従来構造による振動吸収エネルギー面積を広げるような構造が望まれる。従来構造からエネルギー吸収性能を増加するには、図 2 0 に示すサイズミックタイにおけるピン材の第 1 勾配（サイズミックタイにおけるピン材が弾性時の勾配）を増加させ、第 2 勾配（サイズミックタイにおけるピン材が塑性時の勾配）を低減する必要がある（ピン材 6 は弾塑性特性を有している）。

【 0 0 1 7 】

上述した第 1 勾配の増加には、従来構造よりも断面 2 次モーメントを増加する必要がある、第 2 勾配の低減には、塑性応力面積部分を広げてかつその応力分布を平準化する必要がある。

10

【 0 0 1 8 】

上述の施策として、断面 2 次モーメントを増加するように従来構造におけるピン材 6 の直径を大きくすると、断面積も増加してしまい塑性応力面積が低減するため、エネルギー吸収増加につながらない。この逆に、塑性応力面積部分を広げるため、サイズミックタイの直径を小さくすると、断面 2 次モーメントが減少するため、エネルギー吸収増加につながらない。このように、断面 2 次モーメントを増加することと塑性応力面積部分を広げることには相反関係にあるため、両者を両立する構造を見出すことは非常に困難な課題であった。

【 0 0 1 9 】

換言すると、サイズミックタイにおけるピン材の直径を大きくすると、断面 2 次モーメントが増加し第 1 勾配の上昇で変位に対する反力が強くなりエネルギー吸収増加となるが、一方で、ピン材における内部応力の高低分布差が大きくなり応力分布平準化とならず塑性応力面積が少なくなって第 2 勾配が上昇するためエネルギー吸収増加につながらない（後述する図 1 2 と図 1 3 の説明を参照）。

20

【 0 0 2 0 】

本発明は、上述の課題を解決すべく断面 2 次モーメントの増加と塑性応力面積部分の拡大の両立を図るサイズミックタイを採用することによって、ボイラ本体の振動エネルギーの吸収性能を増加し、支持架構に作用する地震荷重を低減するボイラ耐震構造を提供することにある。

【 0 0 2 1 】

付け加えると、本発明の課題は、地震時の振動エネルギーの吸収性能を増加し、かつ地震後の復旧作業の迅速化を考慮して配管など装置への被害を最小限にするサイズミックタイを提供すること、およびボイラ本体の支持架構であるボイラ建屋に作用する地震荷重を低減するボイラ制振構造体を提供することである。これにより地震時の振動エネルギーの吸収性能をサイズミックタイにより増加することができるので、従来のように支持架構の剛性を増加する必要が無く、新設ボイラの場合は支持架構であるボイラ建屋に使用する鉄骨重量を低減することができる。また、既設ボイラの場合は耐震性を向上したボイラ耐震構造体を提供することができる。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 2 】

前記課題を解決するために、本発明は主として次のような構成を採用する。

複数の鉄骨柱と鉄骨梁からなる支持架構と、該支持架構の上部の鉄骨梁から吊り下げ支持されるボイラ本体とを接続し、前記支持架構と前記ボイラ本体の地震時の相対変位を利用して地震の振動エネルギーを吸収するサイズミックタイにおいて、

40

該サイズミックタイは、弾性部材であるリンク材と、該リンク材に垂直方向に弾塑性部材であるピン材とからなり、前記リンク材と前記ピン材の両端部を互いにヒンジ結合した構造を有し、前記ピン材は、該ピン材の軸方向の中央部に断面形状が円形の支圧部を有するとともに、該支圧部から前記ヒンジ結合の部位に向かって外径を漸次小とする略紡錘形状を有し、前記ピン材の支圧部は、前記支持架構と前記ボイラ本体に連結されており、前記略紡錘形状は、ウェブ部と該ウェブ部の外縁側に設置するフランジ部とで形成した構造

50

である。

【 0 0 2 3 】

また、前記サイスマックタイにおいて、前記略紡錘形状は、ウェブ板と該ウェブ板の外縁側に設置したフランジ板とで形成した構造であり、前記ウェブ板は、前記ピン材の軸を中心としてピン材の軸方向にウェブ板の両側部を対称に配置した形状であり、前記ピン材の軸方向と前記ピン材の軸に対して垂直方向の断面において、前記ウェブ板の断面面積に対する前記フランジ板の断面面積の比が $1.3 \sim 1.7$ である構成とする。さらに、前記サイスマックタイを、複数の鉄骨柱と鉄骨梁とからなり且つ複数の層構造からなる支持架構と前記ボイラ本体とからなるボイラ耐震構造体において、前記ボイラ耐震構造体の重心位置に相当する層に、少なくとも設けたボイラ耐震構造体とする。上記のサイスマックタイにより振動エネルギー吸収量を増加することで支持架構に作用する地震荷重を低減可能とする構成である。

10

【発明の効果】

【 0 0 2 4 】

本発明によれば、サイスマックタイにおける紡錘形状切断加工部をもつピン構造をウェブ部とフランジ部で構成し、ウェブ部の断面面積に対するフランジ部の断面面積を適宜に設定することで、断面 2 次モーメントの増加と塑性応力面積部分の拡大の両立を図って、サイスマックタイでボイラ本体の振動エネルギーを吸収して支持架構に作用する地震荷重を低減することができる。

【 0 0 2 5 】

20

また、地震荷重の低減によって、新設ボイラの場合は支持架構の軽量化を達成でき、既設ボイラの場合はその耐震性を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 6 】

【図 1】本発明の実施形態に係るサイスマックタイにおけるピン材の構造を示す正面図である。

【図 2】本実施形態に係るサイスマックタイにおけるピン材の構造を示す見取図である。

【図 3】本実施形態に係るサイスマックタイにおけるピン材の他の構造を示す側面図と平面図である。

【図 4】本実施形態に係るサイスマックタイにおけるピン材の他の構造を示すウェブ板、フランジ板、固定板、支圧部部品を示す図である。

30

【図 5】図 1 に示すピン材におけるピン軸方向の各部位でのピン軸垂直方向の断面形状を示す図である。

【図 6】図 3 に示すピン材の他の構造におけるピン軸方向の各部位（E - E 切断 ~ J - J 切断部位）でのピン軸垂直方向の断面形状を示す図である。

【図 7】本実施形態に関するピン材におけるピン軸垂直方向の断面形状とその寸法関係を示す図である。

【図 8】本実施形態に係るサイスマックタイの振動エネルギー吸収量と、ピン材のウェブ部断面面積に対するフランジ部断面面積の比と、の関係を示す図である。

【図 9】本実施形態に係るサイスマックタイの有限要素解析モデルの 1 / 4 分割モデルを示す図である。

40

【図 10】本実施形態に係るサイスマックタイの有限要素解析モデルの 1 / 4 分割モデルの境界条件を表す図である。

【図 11】本実施形態に係るサイスマックタイの有限要素解析モデルの解析結果である荷重変位曲線を示す図である。

【図 12】従来技術に関するサイスマックタイの有限要素解析モデルの解析結果である荷重変位曲線における最大反力点における応力分布を示す図である。

【図 13】本実施形態に係るサイスマックタイの有限要素解析モデルの解析結果である荷重変位曲線における最大反力点における応力分布を示す図である。

【図 14】本実施形態に係るサイスマックタイをボイラ本体に適用した場合の水平方向の

50

地震荷重について、従来技術と比較しながら、ボイラ支持架構の高さ方向の分布で表す図である。

【図１５】従来技術に関する、ボイラ本体と、支持架構の柱及び主梁と、サイスミックタイとを備えたボイラ耐震構造の側面図である。

【図１６】従来技術に関する、火炉、側壁部、後部壁部及びペントハウス部からなるボイラ本体と、支持架構であるボイラ建屋と、タービン建屋と、ボイラ建屋とタービン建屋間に配設される主配管と、の全体構成を示す概略図である。

【図１７】ボイラ耐震構造における支持架構の複数層に形成されたサイスミックタイの配置を示す図である。

【図１８】従来技術に関するボイラ耐震構造に適用されるサイスミックタイの全体構成を示す見取図である。

10

【図１９】従来技術に関するサイスミックタイの紡錘型ピンの構造を示す図である。

【図２０】サイスミックタイによるエネルギー吸収の原理を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【００２７】

本発明の実施形態に係るサイスミックタイについて、図面を参照しながら以下説明する。本実施形態に係るサイスミックタイ６は、図１５と図１８に示すように、ボイラ本体４と支持架構（ボイラ建屋とも称する）７の間に複数設置されており、サイスミックタイ６で地震荷重５による地震エネルギーを吸収してボイラ本体４と支持架構７を制振するものである。

20

【００２８】

ここで、本実施形態に係るサイスミックタイ６について、鉄骨柱１と鉄骨梁２からなるボイラ建屋７と、ボイラ建屋７に吊り下げられたボイラ本体４と、ボイラ本体４からタービン建屋３０へ配設された主配管２４と、を含めた全体構成からみて、地震時対応としてのサイスミックタイの必要性を敷衍して説明する。図１６は、従来技術に関する、火炉、側壁部、後部壁部及びペントハウス部からなるボイラ本体と、支持架構であるボイラ建屋と、タービン建屋と、ボイラ建屋とタービン建屋間に配設される主配管と、の全体構成を示す概略図である。なお、図１５～図１８、図２０は、従来技術を説明するための構成を示す図ではあるが、本実施形態においても適用される基盤的な技術である。

【００２９】

30

図１６において、火力発電プラントに用いられる大型ボイラは、そのボイラ本体が通常、複数の鉄骨柱１と鉄骨梁２との組合せにより構成される鉄骨構造であるボイラ建屋７（支持架構体７とも称する）の最上部の鉄骨梁から吊下げられている。

【００３０】

ボイラ本体は周囲を伝熱壁（周壁とも称する）で囲まれた筐体構造を成しており、前記伝熱壁に設けたバーナ等により化石燃料等の燃料と共に燃焼用空気を供給して燃焼させる火炉と、該火炉の上部に連通して水平方向に設けられ、燃焼により生じた燃焼排ガスが流れる流路（側壁部２１とも称する）と、該流路に連通して設けられ燃焼排ガスが下降流となり流れる流路（後部壁部２２とも称する）と、からなる。

【００３１】

40

火炉２０の上部には吊下げ型の過熱器や再熱器が燃焼排ガス流路内に設けられており、火炉２０からの例えば約１４００ から１５００ の高温の燃焼排ガスと過熱器、再熱器および周壁の内部を流通する水蒸気または水との間で熱交換を行う。側壁部２１においても燃焼排ガスは周壁の内部を流通する水蒸気または水との間で熱交換を行い、例えば約１０００ から１１００ の燃焼排ガスとなり後部壁部２２に流入する。

【００３２】

後部壁部２２においては横置き型の過熱器、再熱器、節炭器が同じく燃焼排ガス流路内に設けられており、側壁部２１からの燃焼排ガスは過熱器、再熱器、節炭器および周壁の内部を流通する水蒸気または水との間で熱交換を行い、例えば約３００ から４００ の燃焼排ガスとなる。

50

【 0 0 3 3 】

ボイラ本体 4 (図 1 5 参照) の最上部には、天井壁およびシール構造により火炉 2 0、側壁部 2 1 および後部壁部 2 2 の内部とは断熱遮断されたペントハウス部 2 3 があり、過熱器や再熱器の管寄せが設けられている。過熱器や再熱器で高温となった蒸気はペントハウス部 2 3 内の管寄せを経由して管寄せに連通して設けられた主蒸気管や再熱蒸気管 (これらをまとめて主配管 2 4 と称する) を介して、ボイラ建屋 7 とは別に独立して設けられたタービン建屋 3 0 側に伸延される。

【 0 0 3 4 】

また、後部壁部 2 2 の下部または後方からボイラ建屋 7 の外部に連通して排ガスダクトが設けられている。排ガスダクトの経路内には脱硝装置、除塵装置および脱硫装置などの環境装置や熱交換器が設けられており、後部壁部 2 2 からの燃焼排ガスは脱硫装置出口で約 5 0 となった後、最終的に煙突から大気へ放出される。

10

【 0 0 3 5 】

この他、図 1 6 には図示していないが、ボイラ本体 4 からボイラ建屋 7 を経てタービン建屋 3 0 近傍に連通しているものとしてはボイラ本体 4 への給水を供給する主給水管などがある。主蒸気管や再熱蒸気管はボイラ本体からボイラ建屋 7 を経由してタービン建屋 3 0 に至る経路において、ボイラ建屋 7 内、タービン建屋 3 0 内および両者間の鉄骨構造物に設けられたスプリングハンガなどの支持サポートに吊下げられており、各構造物における配管の熱伸びに対応できるようにしている。また、排ガスダクトはボイラ建屋 7 からの出口部などにエクспанション構造が設けられており、ボイラ本体の熱伸びに対応できるようにしている。

20

【 0 0 3 6 】

これらの配管やダクトは少なくともボイラ本体 4 (図 1 5 参照) の熱伸びには対応可能に設計されているが、振幅の大きな地震時の対応には限界がある。特に、ボイラ本体 4 とボイラ建屋 7 間においては、地震時のボイラ本体 4 とボイラ建屋 7 との干渉を防止するためボイラ本体 4 とボイラ建屋 7 との相対変位量には制限があり、仮に制限を越えた変位が生じた場合には主配管 2 4 等の破損が生じるため、地震後の復旧に多大の時間を要することになる。このためボイラ本体 4 とボイラ建屋 7 間には弾性変形に加えて塑性変形により振動エネルギーを吸収するサイスミックタイ 6 を用いて対応する。

【 0 0 3 7 】

30

図 1 5 に、ボイラ耐震構造体を説明するための側面図を示す。図 1 5 において鉄骨梁 2 と鉄骨柱 1 から成る支持架構であるボイラ建屋 7 内に、ボイラ本体 4 が吊下げられている。ここでは鉄骨柱 1 と鉄骨梁 2 との内でボイラ耐震構造体の重要構成部品については特に主鉄骨柱 1 と主鉄骨梁 2 と称することとする。ボイラ本体 4 は吊りボルト 3 を介して最上部の主鉄骨梁 2 a に吊下げ支持されており、運転中に吊下げ支持部を起点として上下方向を下向きに非拘束で熱伸びする。また、図示していないが、吊下げ支持部の任意の位置を水平方向に移動する基準点として設定し、水平移動を可能とするようにスライドやエクспанション代を設けている。

【 0 0 3 8 】

ここで、主鉄骨梁 2 は、ボイラ建屋において水平方向に配置されておりボイラ耐震構造体の重要構成部品を成しており、地面 (基礎部とも称する) 3 2 からの高さ方向に複数水平方向に配置されている。ボイラ耐震構造体は、下から順に基礎部から最下部の主鉄骨梁 2 までを第 1 層、最下部の主鉄骨梁 2 から次の主鉄骨梁 2 までを第 2 層と称しており、ボイラ本体 4 を吊下げる主鉄骨梁 2 まで複数の層構造を成している。図 1 5 の例では第 1 層から第 7 層までからなるボイラ耐震構造体が形成されている。

40

【 0 0 3 9 】

複数の層構造からなるボイラ耐震構造体であるボイラ建屋 7 では複数層において主鉄骨柱 1 または主鉄骨梁 2 のいずれかとボイラ本体 4 とを接続してボイラ本体 4 の地震時の振動エネルギーを吸収する構造体であるサイスミックタイ 6 が設けられている。なお、サイスミックタイ 6 の一方は、通常は主鉄骨柱 1 に接続されているが、剛性が高ければ主鉄骨梁

50

2 に接続することも可能である。また、サイスマックタイ 6 の他方は、通常、ボイラ本体 4 の火炉を取り囲むようにバックステと称する周壁を拘束する構造体が設けてあり（図 1 8 参照）、バックステを介して接続される。

【 0 0 4 0 】

図 1 5 において、サイスマックタイ 6 は、一方が主鉄骨梁 2 と同じ高さ位置で主鉄骨柱 1 に接続され、他方が図示していないバックステに接続されており、バックステを介してボイラ本体 4 に連結されている。このように、サイスマックタイ 6 の主鉄骨柱 1 への接続位置を主鉄骨梁 2 と同じレベルにしたのは、両者が設けられていることによりボイラ建屋側の剛性が最も高い部分となることによる。

【 0 0 4 1 】

また、図 1 5 において、サイスマックタイ 6 は、第 1 層の上部、第 2 層の上部、第 4 層の上部、第 5 層の上部、第 6 層の上部に設置されている。図 1 5 におけるサイスマックタイ 6 の配置を平面表示したものが図 1 7 である。図 1 5 と図 1 7 に示す B - B 断面 ~ G - G 断面に全 1 4 個のサイスマックタイ 6 が配置されている。火炉側に 1 0 個、後部壁部側に 4 個である。また、各サイスマックタイ 6 の鉄骨柱 1 への取り付け角度は例えば 3 0 度 ~ 4 5 度としており（図 1 7 に示す長尺形状のサイスマックタイ 6 が鉄骨柱 1 に当接する角度）、ボイラ本体の平面上のあらゆる変位方向に対応できるようにしている。なおまた、ボイラ本体の熱伸び（上下移動）に対しても対応できる構造になっている。このように、サイスマックタイ 6 により地震荷重 5 による地震エネルギーを吸収してボイラ本体 4 とボイラ建屋 7 とのボイラ構造物を制振する。

【 0 0 4 2 】

図 1 8 にはサイスマックタイ 6 の従来例を示しており、これによると、サイスマックタイ 6 は、鋼板などの剛な鋼材 2 枚を 1 組として長さ方向の端部を溶接して 1 枚の板状にしたもの（リンク材 6 A と称する）をボイラの高さ方向に上下 1 組ずつ平行に配置したものと、リンク材 6 A の上下の両端部にそれぞれ垂直方向に鋼材 2 枚の間に差し込んで配置した紡錘型の柔な 2 本の鋼材（ピン材 6 B と称する）と、から構成され、ピン材 6 B の両端部とリンク材 6 A の両端部を小径の丸鋼（ピン）によりヒンジ接続している。

【 0 0 4 3 】

また、2 本のピン材 6 B の中央部に設けた支圧部 6 C にそれぞれ接続部材を設け、一方を支圧部 6 C を介して、支持架構 7 の鉄骨柱 1 に連結し、他方をバックステに連結している。すなわち、サイスマックタイ 6 は、ピン 6 B（柔な鋼材）と、リンク 6 A（剛な鋼材）をピンによりヒンジ結合して構成されている（上述した特許文献 1 を参照）。

【 0 0 4 4 】

図 1 9 に、図 1 8 で説明した従来構造のサイスマックタイに使用されているピン材 6 B を示す。このピン材 6 B は、ピン材の軸方向の中央部に設けた支圧部 6 C から軸方向に離間するに従い断面が小さくなる、いわゆる紡錘型（ラグビーボール型）となっており、断面形状は、支圧部 6 C における断面（C - C 断面）、及びその他の部分の断面（D - D 断面）とは同心円形となっている。

【 0 0 4 5 】

この従来構造におけるサイスマックタイの反力 F_i と変位 δ_i の関係を、図 2 0 中の実線で示す。この実線で囲まれる菱形の面積が、地震時の振動エネルギー吸収量に相当する。

【 0 0 4 6 】

次に、本発明の実施形態におけるボイラ耐震構造物の場合について説明する。ボイラ本体 4 とボイラ建屋 7 との相対変位がサイスマックタイに作用する変位 δ_i となり、この変位によってサイスマックタイに反力 F_i が発生する。地震時に図 1 6 で示した主配管 2 4 等に損傷が生じないようにするため、実機におけるサイスマックタイの変位 δ_i を最大値（最大変位とも称する）以下に抑える必要がある。すなわち最大変位は主配管 2 4 等が損傷しない範囲で変位する最大の相対変位となり、ボイラ本体 4 とボイラ建屋 7 とが地震時の振動により相対変位したときに、ボイラ本体 4 と同じ変位をする主配管 2 4 がボイラ建屋 7 側でのスプリングハンガー等による変位吸収量を超えてボイラ建屋 7 に干渉する相対

10

20

30

40

50

変位以下になるように考慮して任意に設定する。

【0047】

ここでは、最大変位 $\delta i, \max$ を 15 cm と仮定して、サイスミックタイによる地震時の振動エネルギー吸収の原理について、図 20 を用いて以下に説明する。図 20 の実線は、地震時のサイスミックタイが変位に対して作用する反力の状態を示したものである。変位開始前は原点にあり、右側の変位に応じて右上がりに増加する。この勾配を第 1 勾配と称し、弾性変形により反力が増加する。変位が進むと弾性変形から塑性変形へとなり、ここからの勾配を第 2 勾配と称する。この第 2 勾配は変位が最大変位 (15 cm) に達するまで続く。

【0048】

次に、変位が右から左に方向を変えると反力の方向が逆になり、弾性変形により前記最大変位から連続して第 1 勾配と平行に逆進し、原点まで戻らない位置で塑性変形となり、左側の変位に対して第 2 勾配と平行に最大変位 (-15 cm) に達するまで進む。さらに変位が左から右に方向を変えると反力の方向がまた逆、すなわち最初の方角と同じになり、弾性変形により第 1 勾配と平行に塑性変形に変わるまで進み、塑性変形後は第 2 勾配で最大変位 (15 cm) まで進むことになる。

【0049】

図 20 において、実線で示す従来構造における最大変位 ($\delta i, \max = 15 \text{ cm}$)、最大反力 $F i, \max$ を超えない条件下で、地震時の振動エネルギー (以下、単に振動エネルギーとも称する) 吸収量を最大にするのが、図 20 の点線 (図 20 で、目標と記載) で示す矩形の面積 (以下、振動吸収エネルギー面積とも称する) である。

【0050】

この矩形面積に極力近づけるように、実線で示す従来構造による振動吸収エネルギー面積を広げるような構造が望まれる。従来構造から振動エネルギーの吸収性能を増加するには、図 20 に示すサイスミックタイの第 1 勾配 (サイスミックタイが弾性時の勾配) を増加させ、第 2 勾配 (サイスミックタイが塑性時の勾配) を低減する必要がある。

【0051】

上述した第 1 勾配の増加には、従来構造よりも断面 2 次モーメントを増加する必要がある、第 2 勾配の低減には、塑性応力面積部分を広げてかつその応力分布を平準化する必要がある。

【0052】

上述の施策として、断面 2 次モーメントを増加するように従来構造におけるサイスミックタイの直径を大きくすると、断面積も増加してしまい塑性応力面積が低減するため、振動エネルギーの吸収増加につながらない。この逆に、塑性応力面積部分を広げるため、サイスミックタイの直径を小さくすると、断面 2 次モーメントが減少するため、振動エネルギーの吸収増加につながらない。

【0053】

このように、断面 2 次モーメントを増加することと塑性応力面積部分を広げることは相反関係にあるため、両者を両立させる構造を見出すことには非常に困難な課題が伴うものであった。本発明の実施形態ではこのような課題を解決するために、上述した両立する構造を提供するものであり、以下に説明する。

【0054】

本実施形態に係るサイスミックタイ 6 は、支圧部 6C (図 18 を参照) を介して、ボイラ本体 4 及び支持架構 7 に連結されていて、地震時の支持架構 7 とボイラ本体 4 の相対変位を利用して振動エネルギーを吸収する鋼製のものである。サイスミックタイ 6 の具体的構造としては、相対変位の発生する方向に対して水平方向に 2 本の弾性部材であるリンク 6A を設け、かつ相対変位の発生する方向に対して垂直方向に 2 本の弾塑性部材であるピン 6B を設け、リンク 6A とピン 6B の端部をヒンジ結合した構造である。

【0055】

本発明の特徴は、概して云えば、サイスミックタイ 6 におけるピン材 16 が、以下に説

10

20

30

40

50

明する図 1 ~ 図 7 に示す具体的構造を備えていることにある。

【 0 0 5 6 】

ここで、本実施形態に関するピン材 1 6 はその軸方向の中央部に設けたピン支圧部 1 6 C の断面形状が円形である。この理由は、ボイラ本体 4 の熱膨張時に、ボイラ本体 4 と支持架構 7 に対してサイスミックタイ 6 を回転自由にして連結するためである。そして、ピン材 1 6 のピン支圧部 1 6 C の直径が、図 1 9 に示す紡錘型の支圧部 6 C に比べて、サイスミックタイの取り付け上の制約から 1 . 5 倍程度を上限としている。

【 0 0 5 7 】

さらに、図 1 と図 2 に示す本実施形態に関するピン材 1 6 は、図 1 9 に示す紡錘型形状ピン 6 B に対して、図 1、図 5、図 7 に示すように、その軸方向にその軸を対称中心線としてその両側面を部分的に切断加工して（割り貫いて）、ウェブ部 1 6 W を形成し且つそのウェブ部 1 6 の両端部にフランジ部 1 6 F を残存形成した構造である。図 1 に示す F_i は、サイスミックタイ 6 の反力が作用する軸を示す。

【 0 0 5 8 】

ここで、図 1 8 に示すボイラ本体 4 と支持架構 7 に取り付けられたサイスミックタイ 6 のピン支圧部 1 6 C への反力の方向が、図 5 に示すピン紡錘形状切断加工部 1 6 B の反力 F_i の作用する軸となるように、すなわち、切断加工部 1 6 B の平板状加工面が反力 F_i を挟んで対称形となるように、図 1 と図 2 に示す構造のピン 1 6 B をリンク 6 A に取り付け設置する。

【 0 0 5 9 】

図 5 に、サイスミックタイ 6 におけるピン材 1 6 の支圧部 1 6 C の断面形（E - E 断面）、紡錘部の断面形（F - F 断面、G - G 断面、H - H 断面）を示す。図 5 においても、サイスミックタイの反力 F_i が作用する軸 1 0 0 1 を示す。図 5 に示すように、ピン支圧部 6 C 及びピン紡錘形状切断加工部 1 6 B の断面形（E - E 断面、F - F 断面、G - G 断面、H - H 断面）は、サイスミックタイ反力 F_i が作用する軸に対して、図 5 の図示例で上下対称である。

【 0 0 6 0 】

図 2 と図 5 と図 7 において、本実施形態の構成例として、ピン材 1 6 のウェブ部 1 6 W の断面形状の板厚 t_w はピン紡錘形状切断加工部 1 6 B の軸方向において一定の厚さであり、フランジ部 1 6 F のピン軸垂直方向の寸法 t_F もピン軸方向において一定の長さとなっている。

【 0 0 6 1 】

また、本実施形態に関するピン紡錘形状切断加工部 1 6 B の特徴は、図 7 に示すように、ピン紡錘形状切断加工部 1 6 B の断面形状が一定の厚さ t_w をもつウェブ部 1 6 W（板状体であり、さらにピン支圧部 1 6 C から遠ざかるにしたがって幅方向寸法（図 7 の図示例で左右方向の寸法）が小さくなるもの）と、このウェブ部 1 6 W の両端部に紡錘型ピンの残存したフランジ部 1 6 F と、を有する形状を備え、且つウェブ部 1 6 W の断面面積 A_w に対するフランジ部 1 6 F の断面面積 A_F の比が 1 . 3 ~ 1 . 7 である構造（断面面積比の技術的意義は図 5 の説明で後述する）を呈することである。

【 0 0 6 2 】

上述した紡錘型ピンの切断形状と断面面積比を有するピン 1 6 B の構造は、本発明者がパラメータサーベイを実施して得た最適な断面形状である。

【 0 0 6 3 】

図 7 に、本実施形態に関するピン紡錘形状切断加工部 1 6 B の断面形状のパラメータを示す。このパラメータとは、下式に示す断面フランジ部 1 6 F の面積 A_F 、断面ウェブ部 1 6 W の面積 A_w である。

【 0 0 6 4 】

$$A_F = 1 / 2 \times r^2 \times \theta - r^2 \times \cos(\theta / 2) \times \sin(\theta / 2) \dots (1)$$

$$A_w = t_w \times H \dots (2)$$

図 7（1）のフランジ部の面積 A_F の近傍部分を抜き出したものを、図 7（2）に示す。

図 7 (2) を用い、式 (1) に示すフランジ部の面積 A_F について以下に説明する。

【 0 0 6 5 】

式 (1) 中において、 $1 / 2 \times r^2 \times \theta$ は扇型の面積 A_z であり、 $r^2 \times \cos (\theta / 2) \times \sin (\theta / 2)$ は三角形面積 A_T である。この扇型の面積 A_z から三角形の面積 A_T を引いたものが、フランジ部の面積 A_F となる。

ここに、半径 r 、ウェブ部高さ H 、角度 θ は、直径 D 、フランジ部厚 t_F を用いて

$$r = D / 2 \dots (3)$$

$$H = r - t_F \dots (4)$$

$$\theta = 2 \times \cos^{-1} (H / r) \dots (5)$$

ここで、ウェブ部面積 A_w に対するフランジ部面積 A_F の比 (A_F / A_w) をパラメータとして、図 1 9 に示す従来構造に対する本実施形態の振動エネルギー吸収量の増加に役立つ A_F / A_w をパラメータサーベイした結果を図 8 に示す。図 8 に示すように、従来構造に対する振動エネルギー吸収量が急激に増加する領域は、 A_F / A_w が 1 . 3 ~ 1 . 7 の領域である。

10

【 0 0 6 6 】

以上のように、エネルギー吸収量を増加するピン材構造は、図 2 と図 7 に示すように、紡錘型ピンのピン軸方向両側面の切断断面形状のウェブ部 1 6 W の断面面積 A_w に対するフランジ部 1 6 F の断面面積 A_F の比が 1 . 3 ~ 1 . 7 であることがわかる。

【 0 0 6 7 】

次に、本発明の実施形態に係るサイスミックタイにおけるピン材の他の構造について、図 3、図 4、図 6 を参照して以下説明する。本実施形態に係るサイスミックタイ及びこれを用いたボイラ耐震構造体は下記の特徴を有する。

20

(1) ボイラの熱膨張時に、サイスミックタイを回転自由とするため、ピン材の軸方向の中央点に設けた支圧部の断面形状が円形である。

(2) サイスミックタイの取付上の幾何制約から、ピン材の支圧部の直径が、従来構造の 1 . 5 倍以下である。

(3) ピン材の支圧部以外の断面形状が I 型形状であり、I 型形状ウェブ部の面積に対してフランジ部の面積の比が、1 . 3 ~ 1 . 7 である。

【 0 0 6 8 】

上記 (1) ~ (3) の特徴を有する断面形は、発明者らがパラメータサーベイ (パラメータを変えての数値解析の繰り返し) を実施して得た最適な断面形状である。

30

【 0 0 6 9 】

図 7 にピン材の断面形のパラメータを示す。このパラメータとは、下式に示す断面フランジ部の面積 A_F 、ウェブ部の面積 A_w である。

$$A_F = 1 / 2 \times r^2 \times \theta - r^2 \times \cos (\theta / 2) \times \sin (\theta / 2) \dots (6)$$

$$A_w = t_w \times H \dots (7)$$

ここに、半径 r 、ウェブ部高さ H 、角度 θ は、直径 D 、フランジ部厚 t_F を用いて

$$r = D / 2 \dots (8)$$

$$H = r - t_F \dots (9)$$

$$\theta = 2 \times \cos^{-1} (H / r) \dots (1 0)$$

40

ここで、ウェブ部面積 A_w に対するフランジ部面積 A_F の比 (A_F / A_w) をパラメータとして、図 1 9 に示す従来構造に対する本実施形態の振動エネルギー吸収量の増加に役立つ A_F / A_w をパラメータサーベイした結果を図 8 に示す。

【 0 0 7 0 】

図 8 に示すように、従来における振動エネルギー吸収量が増加する領域は、 A_F / A_w が 1 . 3 ~ 1 . 7 の領域であることがわかる。以上のように、振動エネルギー吸収を増加するピン構造は、I 型形状ウェブ部の面積に対するフランジ部の面積の比が 1 . 3 ~ 1 . 7 であることがわかる。

【 0 0 7 1 】

上述のサーベイで得られた最適な構造であるピン構造を図 3 に示す。図 3 は本実施形態

50

に係るサイズミックタイにおけるピン材の他の構造を示す図であり、図 3 (1) はピン構造の側面図、図 3 (2) 平面図である。また、図 3 (1) の E - E 切断線、F - F 切断線、I - I 切断線、J - J 切断線のそれぞれの断面形状を、各々、図 6 (1) ~ 図 6 (4) に示す。

【 0 0 7 2 】

図 3、図 6 に示すように、本実施形態に関するピン材の構造は、ウェブ板 2 0 0 1、フランジ板 2 0 0 2、これらの板を固定するための板 2 0 0 3、支圧部構成部品 2 0 0 4 を紡錘型に組み立て、溶接して成る構造である。

【 0 0 7 3 】

ウェブ板 2 0 0 1、フランジ板 2 0 0 2、固定板 2 0 0 3、支圧部構成部品 2 0 0 4 を、各々、図 4 (1) 図 4 (6) に示す。図 4 (1) はウェブ板 2 0 0 1 の平面図、図 4 (2) はフランジ板 2 0 0 2 の平面図、図 4 (3) はフランジ板 2 0 0 2 の側面図、図 4 (4) は固定板 2 0 0 3 の断面図、図 4 (5) は固定板 2 0 0 3 の側面図、図 4 (6) は支圧部構成部品の平面図を示す。

【 0 0 7 4 】

図 6 (1) に支圧部 1 6 C の断面形 (E - E 断面) を示し、図 6 (2) に紡錘部の断面形 (F - F 断面) を示す。図 6 (3) 及び図 6 (4) はピン弾性部分の断面形を示す。図 6 (1) 及び図 6 (2) に示すように、支圧部 1 6 C 及びピン 1 6 B の断面形 (E - E 断面、F - F 断面) は、サイズミックタイ反力 F_i が作用する軸に対して、左右対称であることが分かる。

【 0 0 7 5 】

図 3 (1)、図 6 (1) 及び図 6 (2) に示す支圧部 1 6 C とピン 1 6 B に記載のサイズミックタイ反力 F_i が作用する軸と、図 1 8 に示す反力 F_i の方向が一致するように、支圧部 1 6 C とピン 1 6 B が図 1 8 に示すサイズミックタイ 6 に設置される。

【 0 0 7 6 】

次に、本発明の実施形態に係るサイズミックタイの振動エネルギー吸収量について、図 9 ~ 図 1 3 を参照しながら、有限要素解析で評価した結果を以下に説明する。図 9 は本実施形態に係るサイズミックタイの有限要素解析モデルの 1 / 4 分割モデルを示す図であり、図 1 0 は本実施形態に係るサイズミックタイの有限要素解析モデルの 1 / 4 分割モデルの境界条件を表す図である。

【 0 0 7 7 】

図 9 に示すように、ピン 6 B、1 6 B の有限要素解析モデル (F E M モデル) は、ピン 6 B、1 6 B の形状の対称性を考慮し、それらのピン材を 1 / 4 に分割したモデルである。また、図 1 0 にはこれらのモデルの境界条件を示し、図 1 0 における完全固定点を反力の検出点とし、変位の入力点に図 1 0 に示す繰り返し変位を与えて有限要素解析を実施した。

【 0 0 7 8 】

その実施の結果得られた荷重変位曲線を図 1 1 に示す。図 1 1 に示すように、従来構造による荷重変位曲線 (実線) 1 0 1 で囲まれる振動エネルギー吸収面積に比べて、本実施形態によるサイズミックタイの荷重変位曲線 (点線) 1 0 2 で囲まれる振動エネルギー吸収面積が大きくなっていることが分かる。この荷重変位曲線における最大反力点における応力分布 (ミーゼス応力分布) を図 1 2 と図 1 3 に示している。

【 0 0 7 9 】

図 1 2 に示す従来構造における応力分布に着目すると、ピン 6 B の中心軸部に低応力部が現れ、ピン 6 B の外縁側に高応力部が現れて、それらの応力の差が大きい。これに対して、図 1 3 に示す本実施形態による応力分布に着目すると、ピン 1 6 B の外縁側に高応力部が現れるとともにピン 1 6 B の中心軸部で中応力部が現れ、それらの応力の差が小さく、ピン 1 6 B の応力分布が平準化していることが分かる。なお、図 1 2 において、図示例で、ピン 6 B の上と下の外縁部で応力が高く、その中心軸部で帯状に応力の低い部分が存在する。また、図 1 3 において、図示例で、ピン 1 6 B の外縁側から中心軸に向かって橢

状に応力の高い部分が現れ、中心軸部で応力の中程度が現れている。このように、本実施形態によるピン 16 B を有するサイスミックタイにおける応力差が小さいこと（応力分布の平準化）は、サイスミックタイの第 2 勾配（塑性時の勾配）の低減につながる（図 20 の説明を参照）。

【0080】

本実施形態によるサイスミックタイをボイラ本体 4 に適用した場合の地震時の横方向荷重を図 14 に示す。本実施形態に示す紡錘形状切断加工部（ウェブ部 16 W とフランジ部 16 F からなる構成）をもつピン 16 B を採用したサイスミックタイが設置された支持架構 7 の地震時の横方向荷重（層せん断力）は、図 19 に示す紡錘型ピン 6 B を用いた従来構造よりも低減される。サイスミックタイによる振動エネルギー吸収量を増加すれば、支持架構 7 の地震時の横方向荷重が低減でき、ひいては支持架構の軽量化及び耐震性向上につながる。

【0081】

なお、サイスミックタイのボイラ本体と鉄骨柱との取り付け方向は、図 18 ではリンク材を高さ方向に平行に設け、それとは垂直方向、すなわち、鉄骨柱の軸方向にピン材を設け、両者を両端でピンにより接続し、ピン材の支圧部をそれぞれボイラ本体に接続したバックステと鉄骨柱に接続した支持部材にピン材の軸周りに回転自在に取り付けた例を示しているが、ピン材の支圧部での剛性の確保のためバックステの補強と、ボイラ本体が鉄骨柱に対して熱伸びしたときのスライド構造等の変位吸収する構造とすれば、これを 90 度回転させた方向としたものでも構わない。

【0082】

図 15 に本実施形態に係るサイスミックタイを用いたボイラ耐震構造体の側面図を示す。図 15 において点線で囲まれた部分 8 はボイラ本体 4 と支持架構 7 からなるボイラ耐震構造体の重心位置に相当する層を示す。この重心位置の相当層 8 に本実施形態に係るサイスミックタイ 6 を設けることにより耐震性を向上したボイラ構造体とすることができる。

【0083】

また、図 15 と図 16 において、ボイラ本体は火炉 20 と側壁部 21 と後部壁部 22 から成り立っているが、ボイラ本体が火炉 20 と後部壁部 22 とを有する層に対しては、本実施形態に係るサイスミックタイ 6 を、火炉 20 と支持架構 7 間に、及び、後部壁部 22 と支持架構 7 間の両方に設けることにより、耐震性を向上したボイラ構造体とすることができる。

【符号の説明】

【0084】

- 1 支持架構の柱（鉄骨柱）
- 2 支持架構の梁（鉄骨梁）
- 3 吊りボルト
- 4 ボイラ本体
- 5 地震荷重
- 6 サイスミックタイ
- 6 A リンク（リンク材）
- 6 B 紡錘型ピン
- 6 C 支圧部
- 7 支持架構（ボイラ建屋）
- 8 ボイラ本体と支持架構からなるボイラ耐震構造の重心位置
- 9 ボイラ鉛直部の最下部
- 16 ピン材
- 16 B ピン材の紡錘形状切断加工部
- 16 C ピン支圧部
- 16 D リンクとのピン連結部
- 16 F ピン材のフランジ部

10

20

30

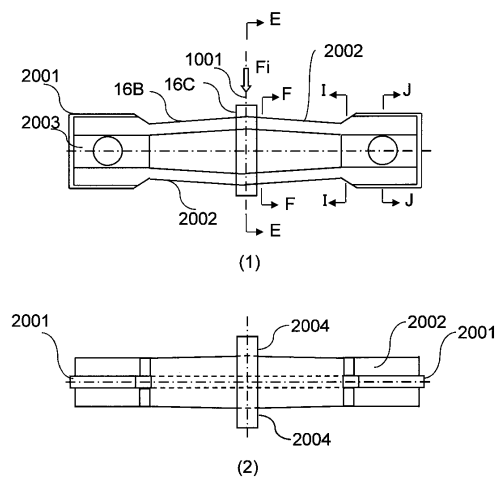
40

50

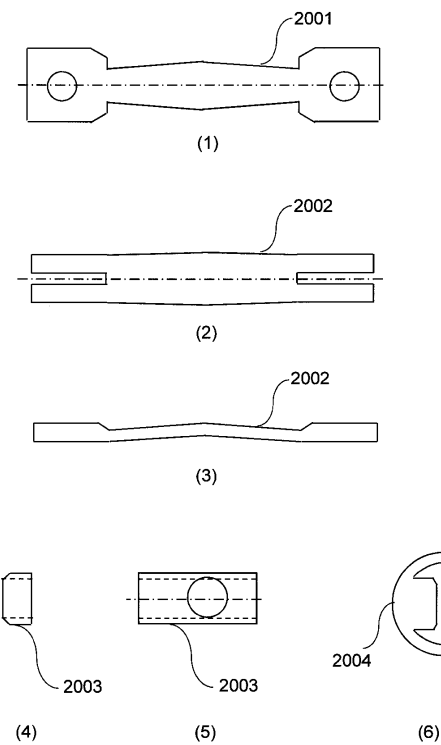
- 1 6 W ピン材のウェブ部
- 2 0 火 炉
- 2 1 側 壁 部
- 2 2 後 部 壁 部
- 2 3 ペントハウス部
- 2 4 主 配 管
- 3 0 タービン建屋
- 3 2 地 面
- 1 0 1 従来構造による荷重変位曲線
- 1 0 2 本実施形態による荷重変位曲線
- 2 0 1 ホッパ部
- 1 0 0 1 サイスマックタイ反力 F_i が作用する軸
- 2 0 0 1 ウェブ板
- 2 0 0 2 フランジ板
- 2 0 0 3 固定板
- 2 0 0 4 支圧部構成部品

10

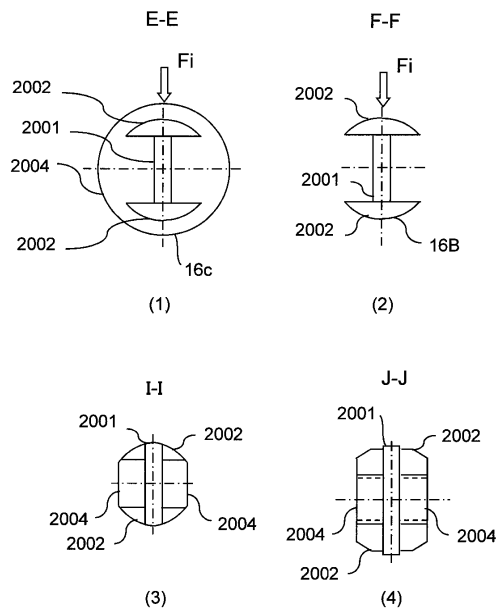
【 図 3 】



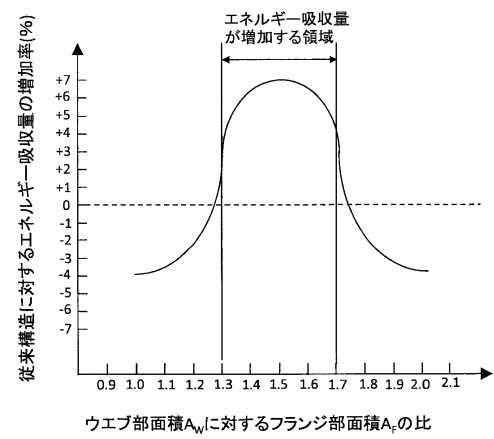
【 図 4 】



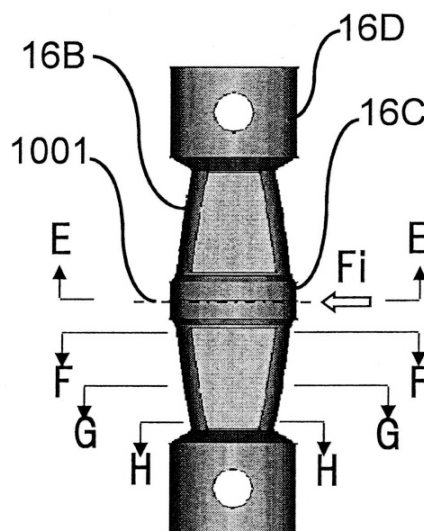
【図 6】



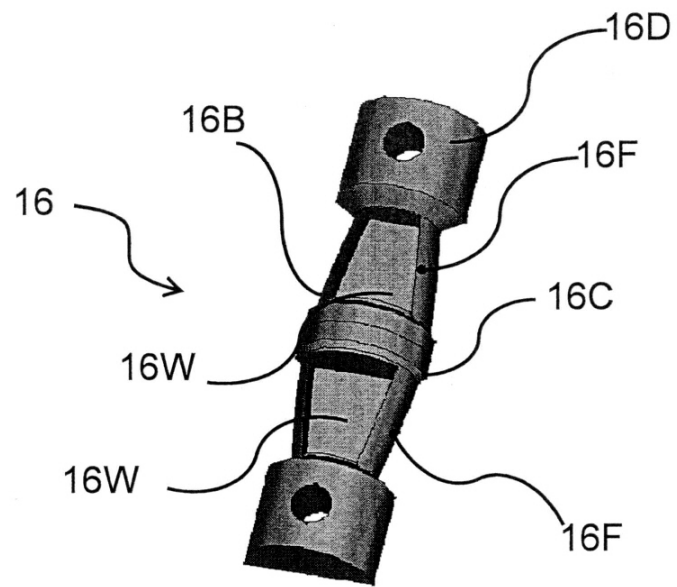
【図 8】



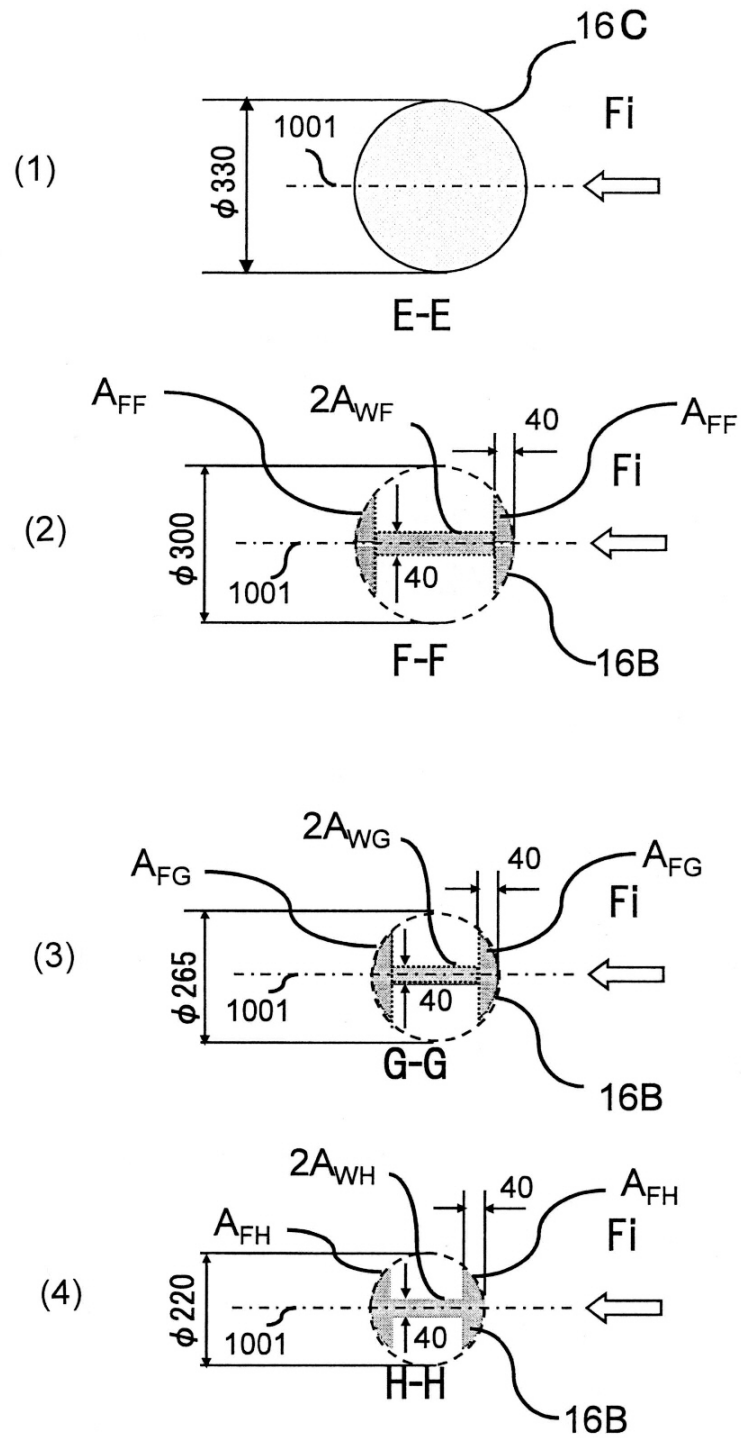
【図 1】



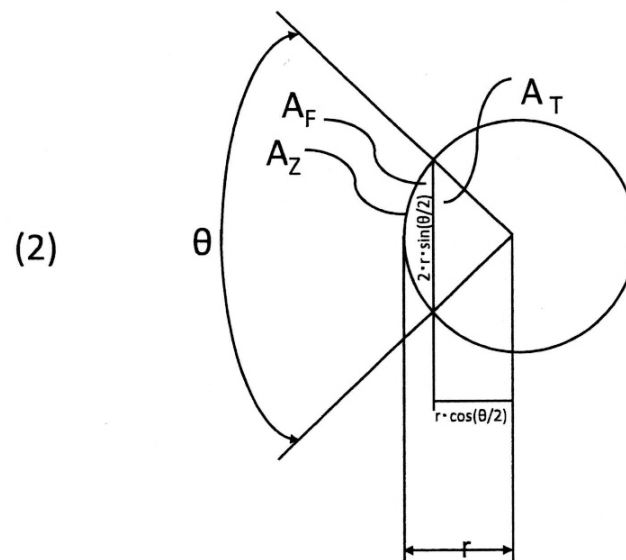
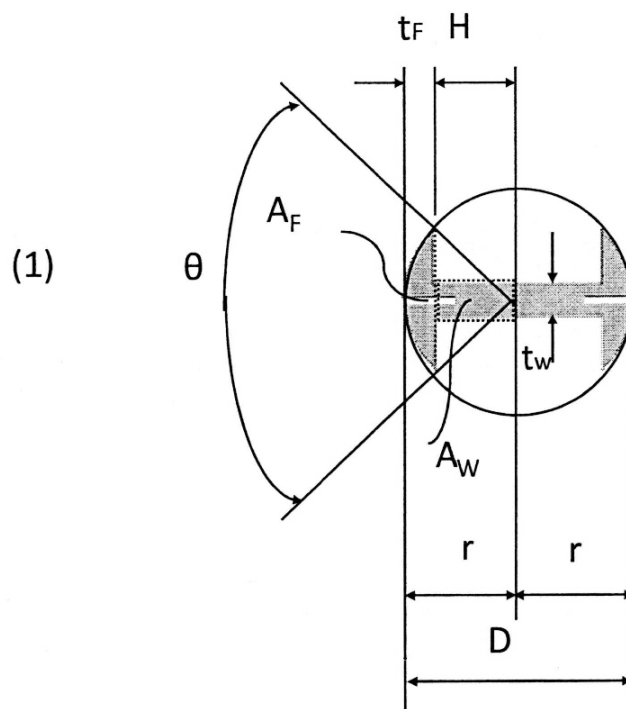
【図 2】



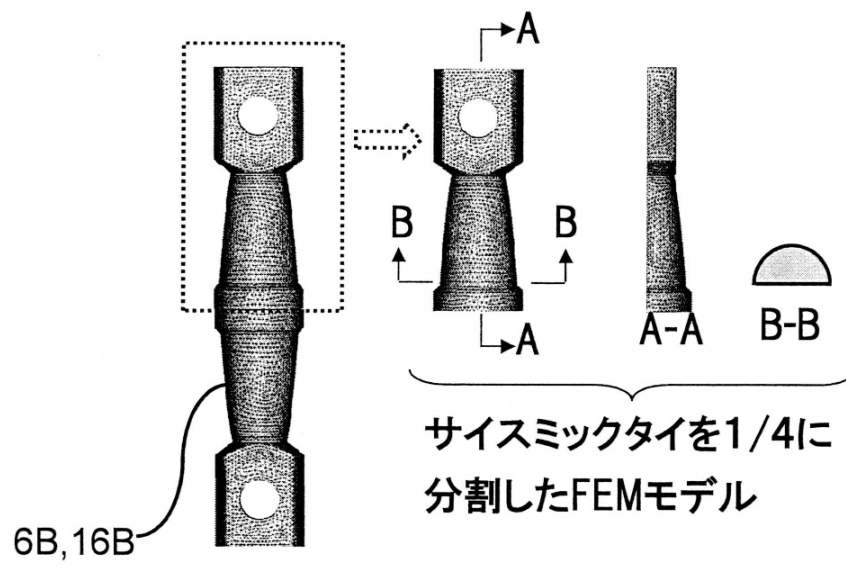
【図5】



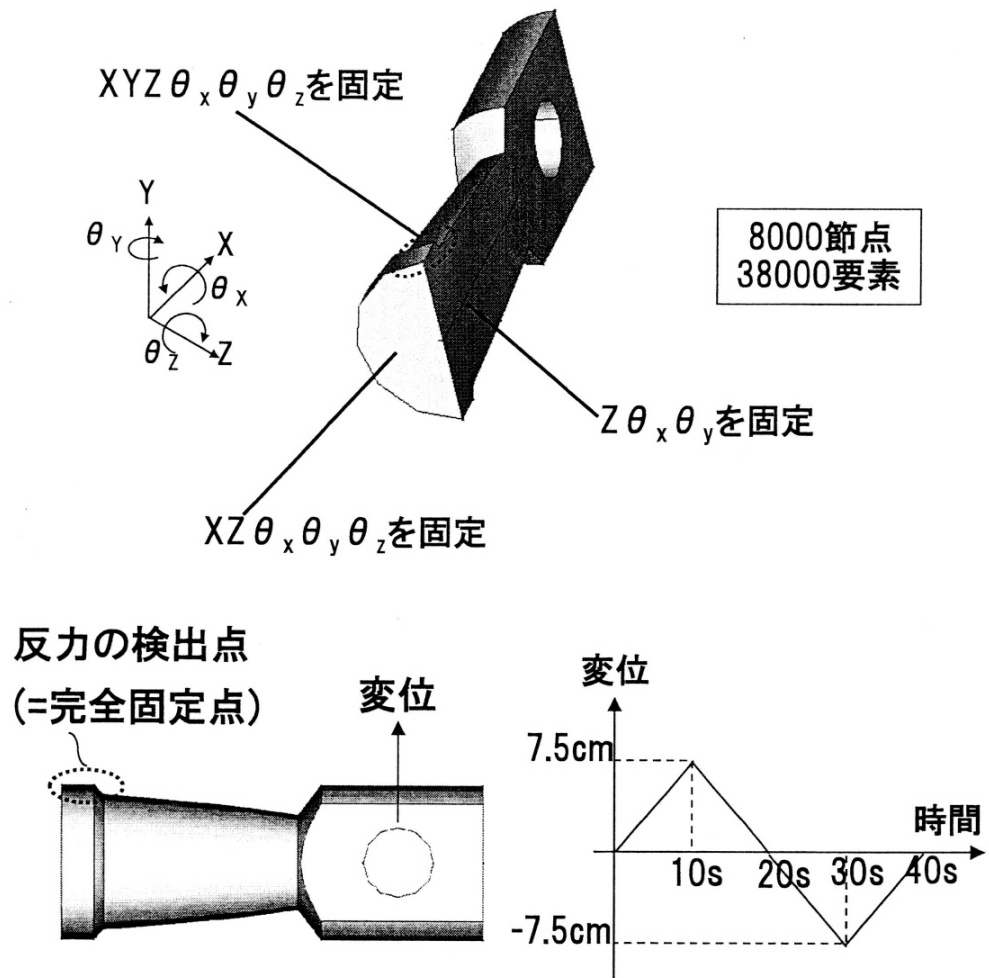
【図 7】



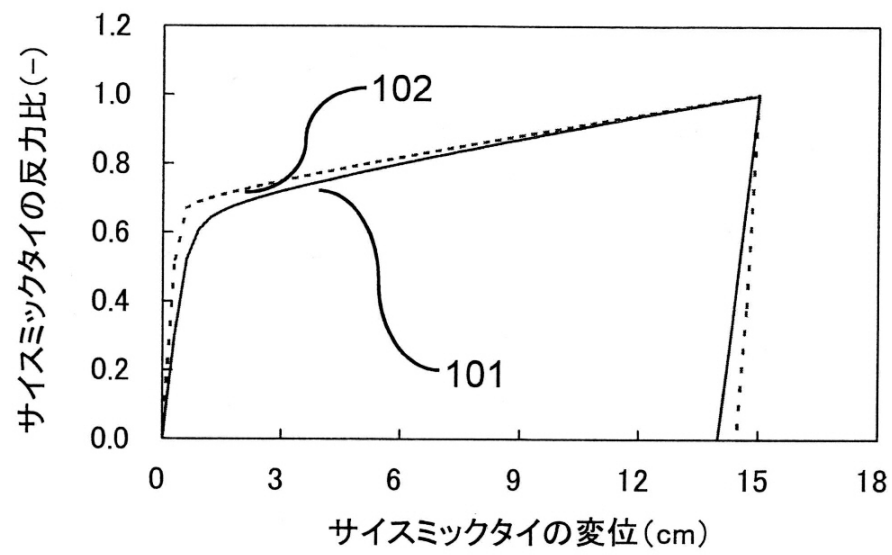
【図 9】



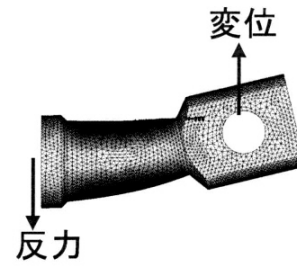
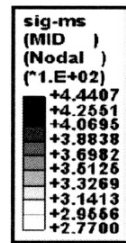
【図 10】



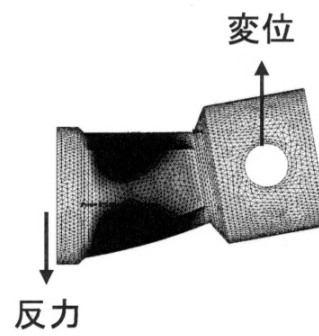
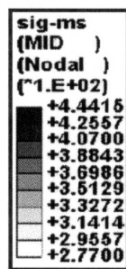
【図 11】



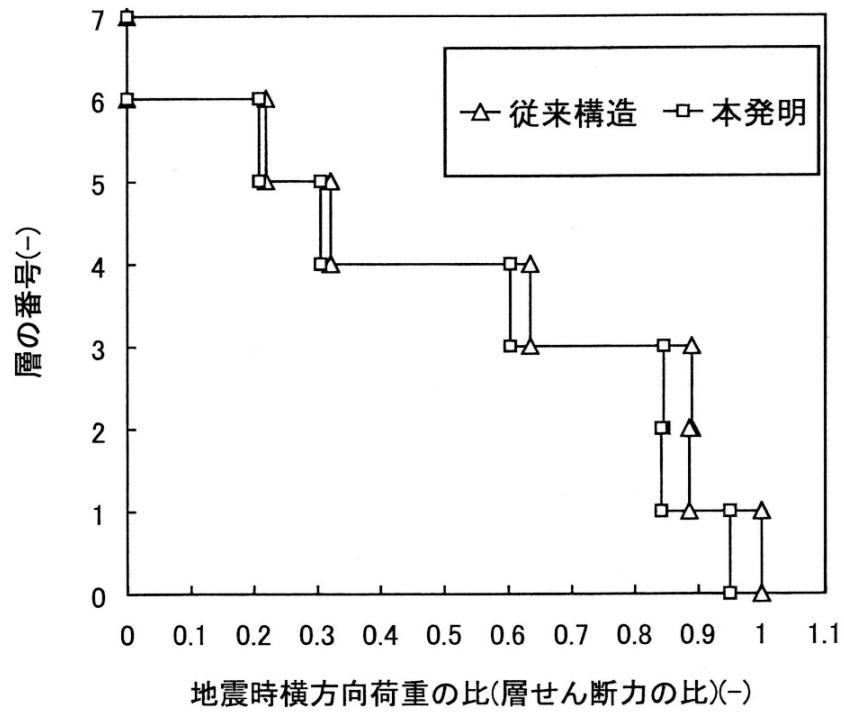
【図 12】



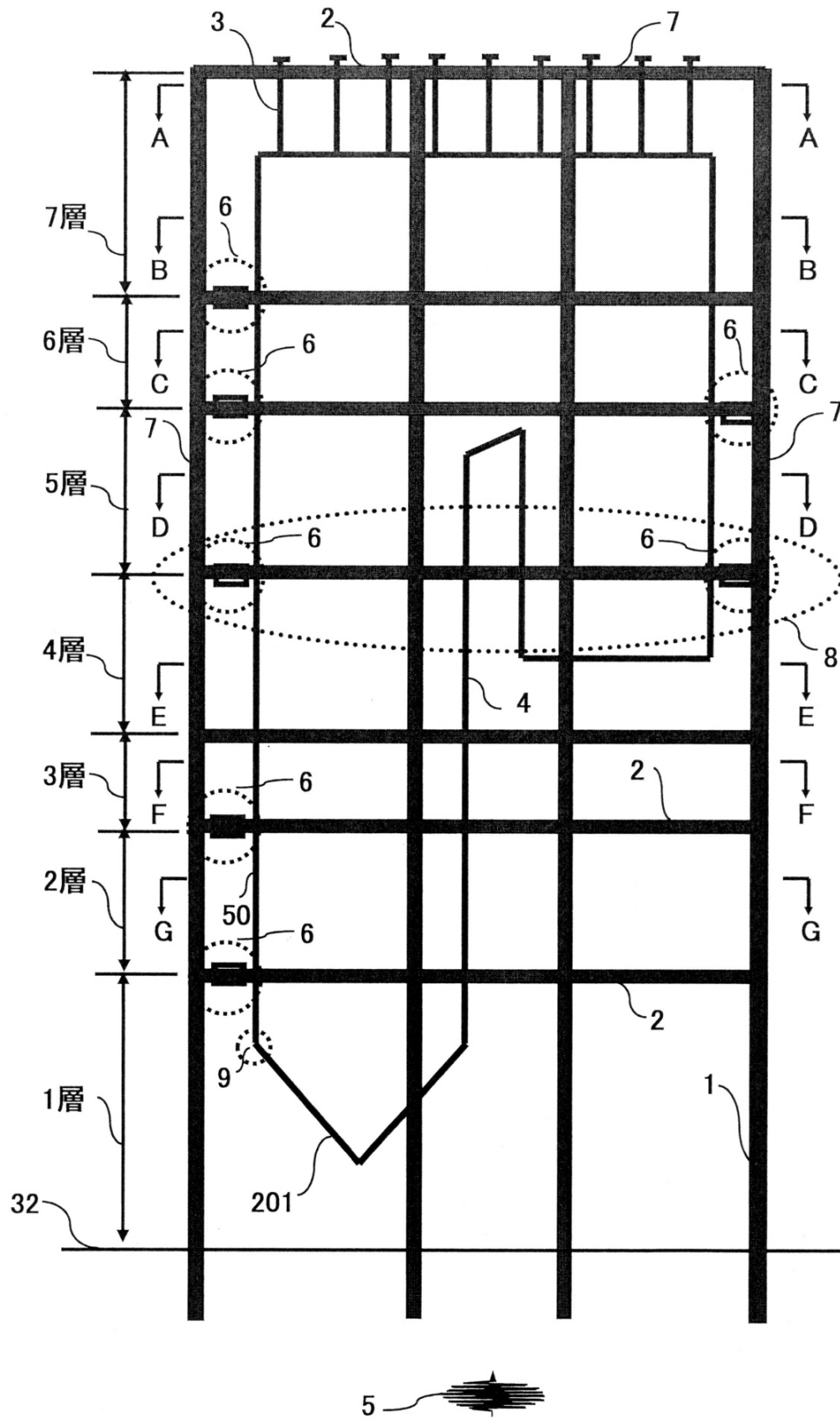
【図 13】



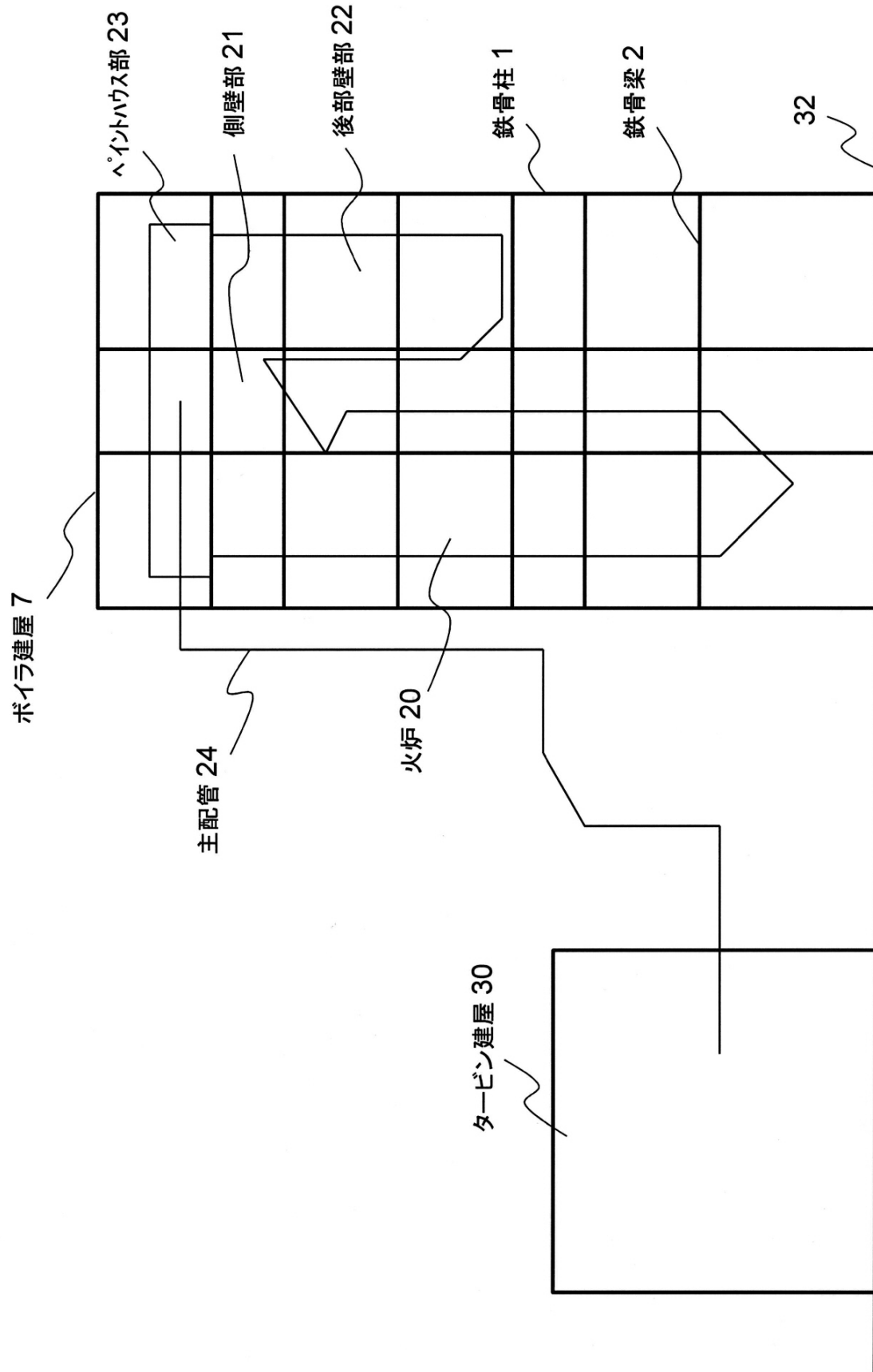
【図 14】



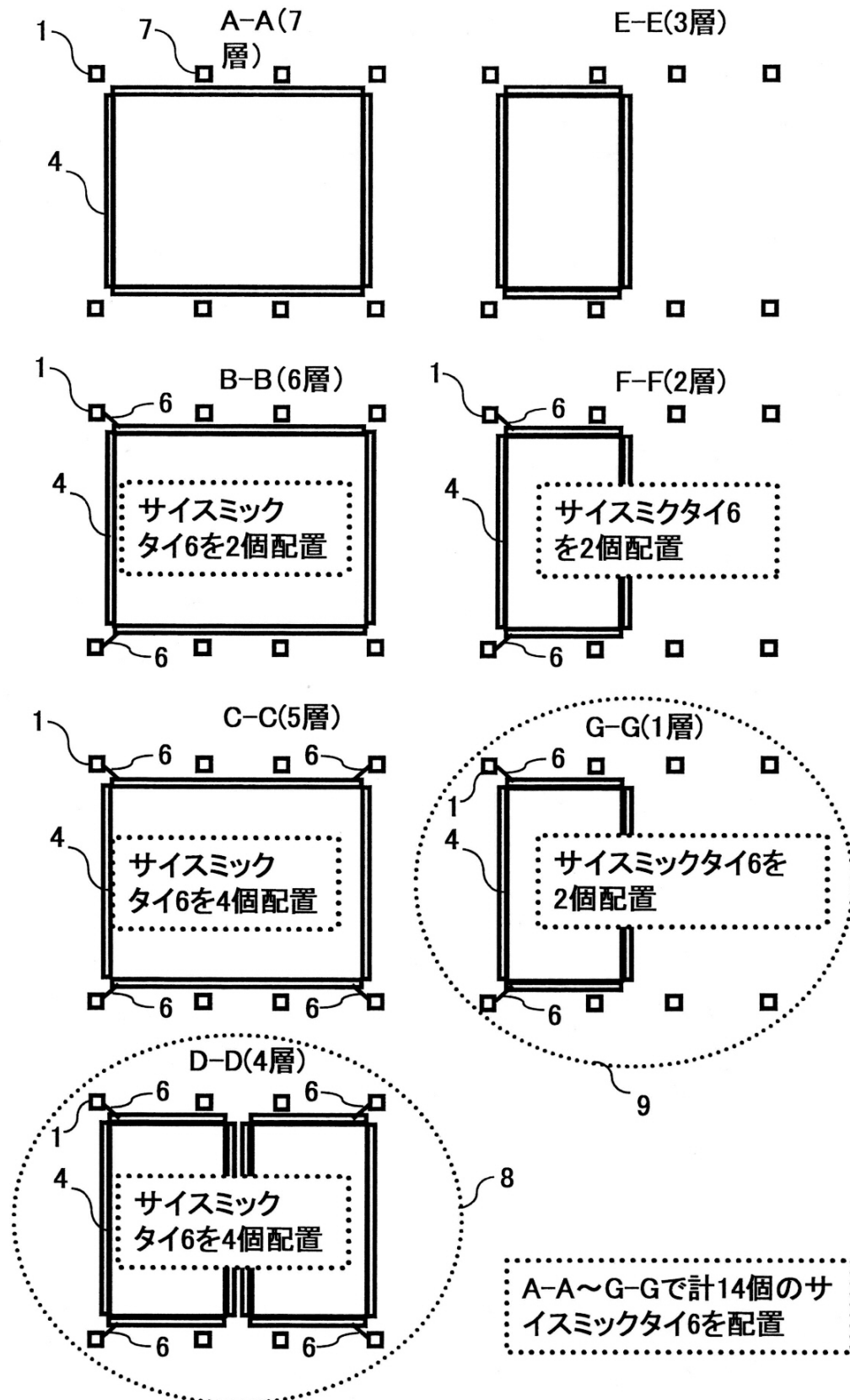
【図15】



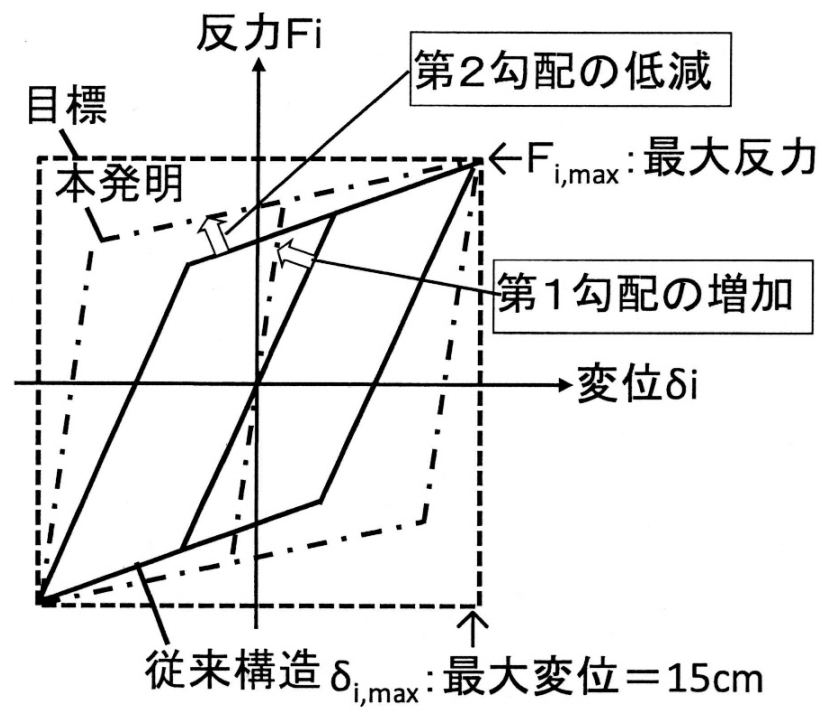
【図 16】



【図 17】



【図 20】



フロントページの続き

- (72)発明者 築地 泰治
広島県呉市宝町6番9号
所内 バブコック日立株式会社 呉事業
- (72)発明者 樋吉 佑一
広島県呉市宝町6番9号
所内 バブコック日立株式会社 呉事業

審査官 大山 広人

- (56)参考文献 特開平1-155104(JP,A)
特開平7-119911(JP,A)
実開平2-122904(JP,U)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|-----------|
| F 2 2 B | 3 7 / 2 4 |
| E 0 4 H | 9 / 0 2 |
| F 1 6 F | 7 / 1 2 |
| F 1 6 F | 1 5 / 0 2 |