

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4883639号  
(P4883639)

(45) 発行日 平成24年2月22日 (2012. 2. 22)

(24) 登録日 平成23年12月16日 (2011. 12. 16)

(51) Int. Cl. F 1  
**E O 4 H 9/02 (2006. 01)** E O 4 H 9/02 3 2 1 B  
**E O 4 B 2/56 (2006. 01)** E O 4 B 2/56 6 4 3 A  
 E O 4 B 2/56 6 0 5 E

請求項の数 3 (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-317926 (P2007-317926)                  (22) 出願日 平成19年12月10日 (2007. 12. 10)                  (65) 公開番号 特開2009-138480 (P2009-138480A)                  (43) 公開日 平成21年6月25日 (2009. 6. 25)                  審査請求日 平成22年8月23日 (2010. 8. 23)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 305025669                  株式会社 構造材料研究会                  神奈川県川崎市川崎区南渡田町1-1</p> <p>(72) 発明者 鈴木 敏郎                  東京都大田区蒲田二丁目10番1号</p> <p>審査官 田中 洋行</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 管状体金属平板の補強構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

主に平板面内にせん断力を受ける略正方形管状体平板として、その周囲四辺に充実乃至管状矩形断面部材が構成する額縁状の枠組みを設け且つ周辺部枠組み内部に枠材と同厚の充実乃至管状矩形断面部材を両側枠組みの一方と平行に一本乃至複数本を層状に配して構造的直交異方性体とし、更に前記構造体の表裏両面に金属平板を添接して並列する空洞部を含む管状体平板とするもので、管状体として平板の捩り剛性を大幅に高くし表裏金属平板で決まるせん断降伏荷重を確保するとともに降伏後のせん断耐力の維持を図るせん断耐震パネルの補強構造。

【請求項2】

主に平板面内にせん断力を受ける長方形管状体平板として、その周囲四辺に充実乃至管状矩形断面部材が構成する額縁状の枠組みを設け且つ周辺部枠組み内部に枠材と同厚の充実乃至管状矩形断面部材を長手両側枠組みと平行に一本乃至複数本を層状に配して構造的直交異方性体とするものの、前記部材の長手方向中間部を分断し充実乃至管状矩形断面部材を直交して配し、更に前記構造体の表裏両面に金属平板を添接して並列する空洞部を含む管状体平板とするもので、表裏金属平板で決まるせん断降伏荷重を確保するとともに降伏後のせん断耐力の維持を図るせん断耐震パネルの補強構造。

【請求項3】

主に平板面内にせん断力を受ける略正方形管状体平板乃至長方形管状体平板に対し、構造的直交異方性体を構成する周囲四辺の枠材及び枠組内側に層状に配される部材に添うよ

うに管状体平板の表裏両面乃至片面の外側から必要に応じ帯状矩形平板乃至突出フランジのある帯状矩形平板を添接して補強し、降伏後に拡大成長する平板面外への曲げ変形を低く抑え正負交番に繰り返される荷重に対し安定した履歴性状とし且つ表裏金属平板で決まるせん断降伏荷重を確保するとともに降伏後のせん断耐力の維持を図る請求項1、請求項2の何れかに記載のせん断耐震パネルの補強構造。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、制振ないし耐震を目的とする構造壁、間柱、境界梁、筋違の交差部位等の全て乃至一部を構成する主にせん断力を受ける略矩形金属平板について、早期のせん断座屈を回避してせん断降伏荷重を確保するとともに降伏後の大変形領域に於いてもせん断耐力が低下することなく安定して推移し、平板の塑性変形能力を高めることを意図した補強構造に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

せん断力を受ける略矩形金属平板は、せん断座屈荷重を確保できてもその後の座屈変形が成長する過程で耐力を維持し且つ正負交番に繰り返される荷重に対し安定した履歴性状とすることは難しく、このためせん断座屈荷重を相当高くする必要があって平板の幅厚比は小さくなり、結果的には多くのスティフナを格子状に配して平板全域を細分化することになる。

20

【0003】

金属平板のせん断座屈荷重を降伏せん断荷重に対して相対的に高くする必要から、設計で要求されるせん断強度に対し降伏点応力度の極めて低い材料を使うことで金属平板の板厚を上げ、早期のせん断座屈を回避し降伏後の塑性変形能力を高める方法がある。この他、せん断力を受ける金属平板の耐力維持を図るため、粘弾性材料を組み込んだ壁板、壁板と建物部位との接合方法を工夫したもの等様々な提案がされている。

【特許文献1】特開2004-270208 公開特許公報

【特許文献2】特開2005-042423 公開特許公報

【特許文献3】特開2006-037586 公開特許公報

【特許文献4】特開2006-342622 公開特許公報

30

【非特許文献1】木原碩美/鳥井信吾著 「極低降伏点鋼板壁を用いた制震構造の設計」 建築技術 1998年11月

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

解決しようとする課題は、主にせん断力を受ける略矩形金属平板に対して平板のせん断剛性を高くしてせん断座屈荷重を上げ且つせん断降伏後の耐力の安定的な維持を図るための補強方法を提示し、薄い金属平板に対しても塑性変形能力を高めて正負交番に繰り返される荷重にも安定した履歴性状となるせん断耐震パネルとすることである。

【課題を解決するための手段】

40

【0005】

主にせん断力を受ける略矩形金属平板として、周囲四辺に充実乃至管状矩形断面部材が構成する額縁状の枠組みを設け且つその内部に枠材と同厚の充実乃至管状矩形断面部材を配置し、前記構成部材に表裏金属平板を添接して管状体平板とすることでせん断座屈荷重を上げ、降伏直後の耐力低化を防ぎ更にその後もせん断耐力を落とすことなく安定した力学性状となることを意図する。

【発明の効果】

【0006】

下記に示す数1はせん断力を受ける平板の釣合微分方程式であり、平板の剛性Dは第2式に示すように単位板幅の曲げ剛性として扱われるのが普通であるが、左辺中間項にかか

50

る剛性は曲げ剛性のポアソン比成分を除けば基本的には第3式で示される捩り剛性でありせん断力に対し直接関与する。管状体平板として捩り剛性を高くするためには平板周辺部を固める必要があが、この対応は比較的容易でありせん断耐震パネルとして管状体平板は有力な構造体と考えられる。

【0007】

【数1】

$$D \left( \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = 2N_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$$

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}$$

$$2(1-\nu)D = \frac{1}{3}Gt^3$$

10

【0008】

下記に示す数2は、厚さTの充実断面の平板に対して厚さtの薄板で構成される全体厚さTの管状体平板の剛性低下率として示したものであるが、管状体を構成する板厚tが全体厚さTの10%で剛性は略50%低下するものの、剛性の3乗根が板厚とみると管状体平板の換算板厚は全体厚さの略80%と評価でき、管状体とすることによりせん断降伏荷重を大幅に下げ且つ見掛け上の幅厚比を小さくすることになるため、管状体平板はせん断降伏後の大変形領域に於いて安定した力学性状を確保できることになる。

20

【0009】

【数2】

$$\alpha = 2t \left( \frac{T-t}{2} \right)^2 / \frac{T^3}{12} = \frac{6t}{T} \left( 1 - \frac{t}{T} \right)^2$$

$$\frac{t}{T} = 0.08 \sim 0.12 \quad \Rightarrow \quad \alpha = 40\% \sim 60\%$$

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0010】

管状体平板の力学的要件を満たすための構造モデルを図1に示している。周囲四辺に充実乃至管状矩形断面部材が構成する額縁状の枠組み3を設け且つその内部に枠材と同厚の充実乃至管状矩形断面部材4を周辺枠組みの一方と平行に一本乃至複数本を層状に配し中間層を構成し、更に前記中間層の表裏両面に金属平板2を添接して管状体平板とするもので、構造的直交異方性体を構成することによりせん断降伏後の変形の増大に対しても表裏金属平板のせん断降伏荷重を維持することができる。

【0011】

任意の長方形となる形状の管状体平板に対して、異方性補強構造を前提とするものの層状に配してなる内部補強材に加えて必要に応じ前記補強材と直交して前記部材を分断し乃至挿み込み充実乃至管状矩形断面部材を配置し、大きなせん断変形に対し降伏後に拡大成長する平板面外への曲げ変形を低く抑え正負交番に繰り返される荷重に対し安定した履歴性状となるようにする。

40

【0012】

薄板で構成される管状体平板に対して、表裏金属平板に挟まれ且つ周囲四辺の枠組みと内部補強材乃至内部補強材同士の間隙部の一部乃至全域に金属体、紙質体、木質体、ゴム体、各種発泡体を充填し、表裏両面の金属平板の変形を相互に拘束することで管状体平板の形状を保ち、捩り剛性を高く維持して降伏後のせん断変形の成長にも安定した力学性状となるようにする。

【実施例1】

50

## 【 0 0 1 3 】

図 2 は、捩り剛性を調べるための説明図であるが、( a ) 図は正方形複層金属平板 1 の周辺部から加わる捩り偶力  $M_T$  の作用図であり、( b ) 図はそれを受け薄い管状体平板の表裏両面に流れるせん断応力  $\tau$  を示している。( c ) 図は 900mmx900mm で周辺部に 90mmx16mm の枠材 3 を配した平板断面図でその内部に  $E=3kN/cm^2$  の発泡体 5 を充填した例、( d ) 図は枠材はそのまま表裏金属平板 2 の内部は空洞とする例である。

## 【 0 0 1 4 】

図 3 は、捩り偶力が加わる初期の剛性  $D_{xy}$  について全体を充実断面とする平板との比で示した図である。印の曲線は枠幅 90mm の管状体平板で発泡体を充填した場合であるが、充実断面の剛性と比較して略 60% の大きさであることは特記すべきことである。変形の進行に伴い徐々に低下する印の曲線は枠材で囲まれた管状体平板内部が空洞の場合で、低下の原因は表裏両面の金属平板が捩りに伴い平行を保てないことによる。印で示す枠幅 30mm の場合でも充実断面材の略 30% の剛性を確保できるが、点線で示す周辺枠がない場合は十分な剛性は確保できない。

## 【 実施例 2 】

## 【 0 0 1 5 】

図 4 は、せん断降伏後の典型的な管状体平板 1 の力の流れを示したものであるが、周辺部の枠組みに作用するせん断力と釣合う主応力成分は実線で示す斜張力と点線で示す圧縮力とに分解される。降伏後のせん断変形に伴い実線の対角線方向に山・谷とする座屈波形が成長し、点線で示す斜め圧縮力により枠材 3 の隅角部が平板中央に引寄せられて降伏後の耐力低下の原因となるが、これを避けるための平板周辺部の額縁状枠組みは本構造の大きな特長である。本例題を含む以下の 3 例題は、表裏面板厚 1.6mm の平板で構成される大きさ 900mmx900mm で総厚  $T=19.2mm$  の管状体平板である。

## 【 0 0 1 6 】

図 5 は、額縁状周辺枠組みが平板降伏後の力学性状への影響を調べたものであり、以下の例題を含め降伏せん断応力  $\tau_y$  及び降伏せん断歪み  $\gamma_y$  の無次元化指標で示している。周辺を囲む枠材の幅が 90mm を印、75mm を印、50mm を印で、その内部に並列に配された 3 本の補強材は幅 50mm とする。周辺枠幅をある程度確保することで降伏後のせん断耐力は低下することなく維持されるが、枠幅が狭くなると降伏直後の耐力は低下する。下部に示す点線は外周部に平板から突出する 150mmx16mm のフランジで囲まれた場合であり、降伏後せん断耐力を維持する直接的効果はないことが判る。

## 【 実施例 3 】

## 【 0 0 1 7 】

図 6 は、内部補強材 4 を一方向に並列に配して異方性体平板とする本補強構造の典型的な形を示したものである。補強材の本数及び間隔は管状体平板全体の剛性と表裏両面の金属平板 2 に対する座屈補剛の観点から決めることになる。この平板が周辺部よりせん断力を受けると、並列に配置された周辺枠材 3 と内部補強材 4 で囲まれた短冊状の領域でまず  $y$  軸方向のせん断力によって表裏両面の金属平板が降伏し、その後  $x$  軸方向のせん断力に対して補強材により徐々に耐力が上昇し釣合うと考えられる。

## 【 0 0 1 8 】

図 7 は、この異方性補強構造の力学的挙動を示すための解析例であり、前例と同じ管状体平板に対して内部補強材の寸法及び本数について検討したもので、補強材幅 50mm 3 本の例を印、幅 75mm 3 本の例を印、幅 50mm 4 本の例を印でそれぞれ図示している。直交異方性補強によれば補強材の本数や寸法が変わっても影響は受け難く、表裏金属平板で決まるせん断降伏荷重が殆ど変ることはない。点線は幅 25mm の補強材を縦横 3 本で格子状に配した平板の結果で、降伏初期から補強材強度が影響し耐力上昇している。

## 【 0 0 1 9 】

数 3 は、直交する方向で剛性の異なる所謂異方性体平板の釣合微分方程式である。釣合微分方程式左辺の各係数は第 1 項と第 3 項は曲げ剛性であり、第 2 項は両曲げ剛性の相乗平均で主に捩り剛性  $D_{xy}$  である。平板降伏後の力学性状を安定したものとする上で直交方

10

20

30

40

50

向に異方性を強調した補強は降伏後も平板の一部に弾性領域を残すことになり、降伏後のせん断剛性の低下を極端なものとしなないことでせん断降伏以降の力学的安定を図ることができる。

【 0 0 2 0 】

【数 3】

$$D_x \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2\sqrt{D_x D_y} \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = 2N_{xy} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y}$$

$$D_x = \frac{(EI)_x}{1-\nu^2}, \quad D_y = \frac{(EI)_y}{1-\nu^2}$$

$$D_{xy} = 2(1-\nu)\sqrt{D_x D_y}$$

10

【実施例 4】

【 0 0 2 1 】

図 8 は、降伏後せん断変形が進行した状態での表裏金属平板の力学的釣合いを示しているが、表裏両面の金属平板 2 は周辺枠材 3 及び内部補強材 4 との間の短冊状の領域に於いて斜張力が分散して働き、これに対し周辺枠材と内部補強材とが協働して関わっていると考えられる。直交異方性体とする補強構造は表裏面の金属平板で決まるせん断降伏荷重への内部補強材の影響を最小限とし、繰返し履歴特性に関与する面外変形の成長を制御する上で効果的な方法である。

20

【 0 0 2 2 】

図 9 は、せん断力を受ける管状体平板の面外への曲げ変形の成長を全体厚さ T の比として示したものである。印の実線は前例の 50mm 幅 3 本の補強材配置の結果であり、点線は枠材並びに補強材の間の空隙部に発泡体を充填して表裏金属平板の変形を拘束したもので、全体厚さ T と比較して面外変形は低く抑えられている。印の変形は枠材と補強材の厚さを上げた場合、印は内部補強材を増やして間隔を狭めた場合で、せん断降伏荷重を変えことなく面外変形を更に低く抑えることができる。

【実施例 5】

【 0 0 2 3 】

図 10 は、主に既存建物の耐震補強用の組立て式間柱型せん断パネルで、単位パネル 1 を上下二面で構成する間柱の説明図である。(a) 図は 900mmx900mm の単位パネルで、75mmx12mm の周辺枠 3 と 5 本の 30mmx12mm の補強材 4 で構成され且つ表裏金属平板 2 は厚さ 0.8mm である。(b) 図は 900mmx900mm の単位パネル二枚で構成する 2,250mmx900mm の間柱型せん断パネルで、外部補強材 6 のアングル 2 L<sub>s</sub>-75x75x6 を外面から挟み自立させ且つパネル同士及び上下の加力部位とは 150mmx6mm の平板で止めている。

30

【 0 0 2 4 】

図 11 は、上記実施例についての数値解析結果で、印の曲線は周辺部枠材と内部補強材が SS400 鋼材の場合、印は内部補強材のみ 6063-T6 アルミニウム合金材とするものであり、全てをアルミニウム合金材とする場合は印である。管状体平板の剛性は表裏金属平板の配置に関係するために枠材や補強材の材質に関わらずせん断降伏後の耐力維持に支障はなく軽量化のため軽金属材料も選択の一つと考えられるが、点線で示す平板の面外曲げ変形の成長からみて金属材料の剛性については考慮する必要がある。

40

【実施例 6】

【 0 0 2 5 】

図 12 は、2,500mmx1,000mm の間柱型のせん断耐震パネルで、表裏両面の金属平板 2 は厚さ 6mm で降伏点応力度  $\sigma_y = 21 \text{ kN/cm}^2$  の低降伏点鋼 LY225 である。管状体平板を構成する周辺部枠材 3 は 75mmx50mm の矩形断面部材とし、4 本の内部補強材 4 は 50mmx50mm の断面で板厚 3.2mm の角管部材と充実断面部材としている。(b) 図は、大きな軸力を受けることを前提に並行する枠組み外部から 75mmx12mm の帯状矩形平板 6 で挟み込んだ組立図であり、表裏金属平板を除く間柱構成部材は全て SS400 の軟鋼である。

50

## 【 0 0 2 6 】

図 1 3 は前記例題の解析結果で、印は軸力  $P=0$ 、印はの外側補強材がある軸力  $P=2,000\text{kN}$  で内部補強材を角管部材とする結果、印は軸力  $P=2,000\text{kN}$  で内部補強材を充実断面部材とする結果である。図中点線で縦方向枠材中央の面外変形の成長を示しているが、管状体平板は全体厚さを上げて剛性を高く出来るために従来の格子状リブ補強と同様に面外変形を低く抑えられ、表裏両面の平板で決まるせん断降伏荷重を確保し且つその後の大变形領域に於いても耐力を落とすことなく安定した力学性状となる。

## 【 0 0 2 7 】

図 1 4 は、解析で取り上げた金属材料の機械的性質を示す引張試験結果であり、板厚差で区別した二種の鋼材は軟鋼SS400で降伏点応力度は  $\sigma_y=30\text{kN/cm}^2$ 、低降伏点鋼LY225の降伏点応力度は  $\sigma_y=21\text{kN/cm}^2$ 、両者のヤング係数は  $E=20,500\text{kN/cm}^2$  として図中実線で示している。アルミニウム合金材6063-T6の降伏点応力度は  $\sigma_y=21\text{kN/cm}^2$  でヤング係数は  $E=7,200\text{kN/cm}^2$  として点線で示している。

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 0 2 8 】

本発明の管状体平板は、矩形断面部材に対してH形断面部材や箱形断面部材が存在すると同じように、充実断面の平板に対して薄い管状体を構成する平板と考えればそれほど奇異なものではない。しかもせん断力を受ける平板にあっては対応する剛性は平板の捩り剛性であるため、表裏両面の金属平板が平行を保ち管状体が崩れることなくせん断流れが保持されればよく、管状体平板はせん断耐震パネルとして製作容易な実用性の高い構造と考えられる。

## 【 0 0 2 9 】

本発明の管状体平板は、管状体として高い剛性を見込むことができ且つ平板のせん断降伏荷重が管状体を構成する薄板のそれであることを考えると、見掛上の幅厚比が小さい平板が極めて低い降伏点応力度の金属材料であるかのように振る舞い、せん断降伏荷重と降伏後の安定した力学挙動を確保するには最適な構造である。管状体平板は薄い金属平板で且つ材料種別に関わり無く構成することが出来るため、せん断耐震パネルの軽量化に向けた道を開くものとなる。

## 【 0 0 3 0 】

管状体平板の製作については、周囲四辺を囲む額縁状の枠組みと内部補強材とに表裏金属平板を添接して管状体平板とするものであり基本的には金属接着剤で添接されるが、表裏金属平板が薄い場合には接着面にネジ止めを併用し乃至外側から補強材を重ねて剥離を防止し、又表裏金属平板が溶接可能な板厚であれば管状体平板の片側面を乃至枠材外周部を溶接とすることで、パネルダンパーとして大变形領域で正負交番に加わる地震力に対し紡錘形履歴性状とすることができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 1 】

【 図 1 】 本管状体平板の周辺枠組みと内部補強材の構成図である。

【 図 2 】 管状体平板に周辺部から加わる捩り偶力の作用図である。(実施例 1)

【 図 3 】 管状体平板の捩り剛性について解析結果の説明図である。

【 図 4 】 額縁状枠組みと降伏後顕著となる斜張力の釣合い図である。(実施例 2)

【 図 5 】 周辺枠組みと内部補強材の相互効果に関する解析結果の説明図である。

【 図 6 】 構造的直交異方性体となる内部補強材の構成図である。(実施例 3)

【 図 7 】 直交異方性となる内部補強材に関する解析結果の説明図である。

【 図 8 】 管状体平板の張力場の応力流れを示した概念図である。(実施例 4)

【 図 9 】 管状体平板の面外曲げ変形に関する解析結果の説明図である。

【 図 1 0 】 組立て方式の間柱型せん断耐震パネルの説明図である。(実施例 5)

【 図 1 1 】 薄板で構成される管状体平板に関する解析結果の説明図である。

【 図 1 2 】 間柱型管状体平板と曲げせん断加力の説明図である。(実施例 6)

【 図 1 3 】 表裏金属平板が低降伏点鋼である本構造の解析結果の説明図である。

10

20

30

40

50

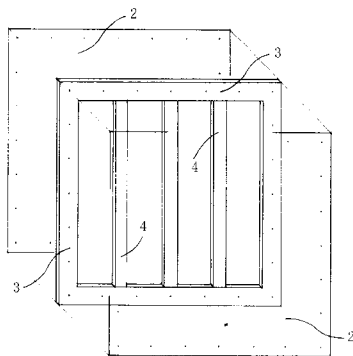
【図14】本明細書中の数値解析で扱った金属素材の応力 - 歪み関係図である。

【符号の説明】

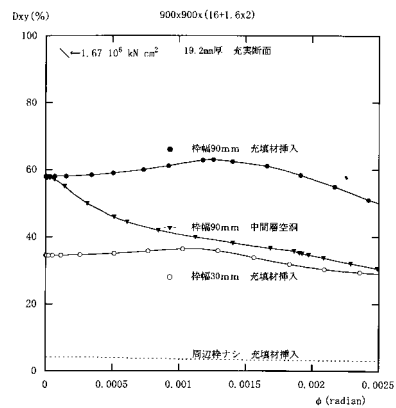
【0032】

- 1 せん断力を受ける管状体平板
- 2 表裏両面を構成する金属平板
- 3 管状体平板の周辺枠組み
- 4 周辺枠組み内側の補強材
- 5 発泡体等の平板状充填材
- 6 管状体平板の外側補強材

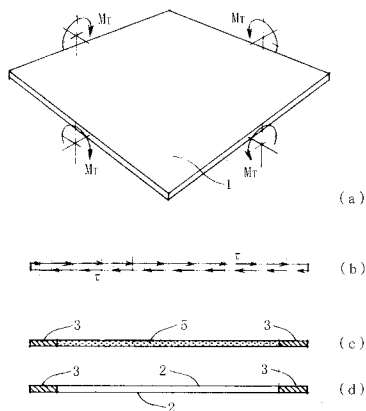
【図1】



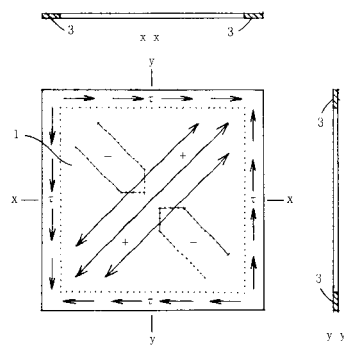
【図3】



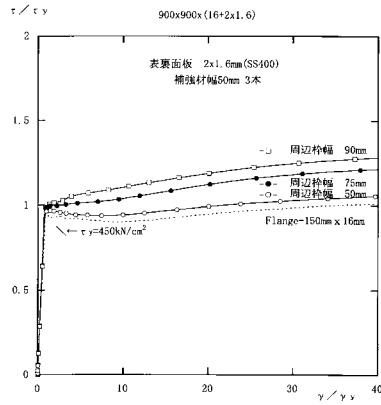
【図2】



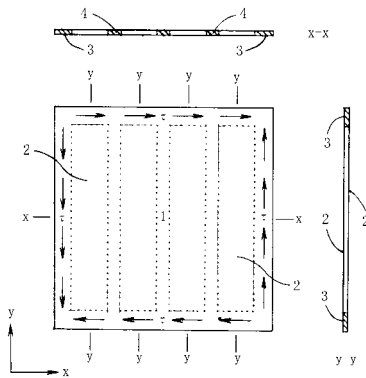
【図4】



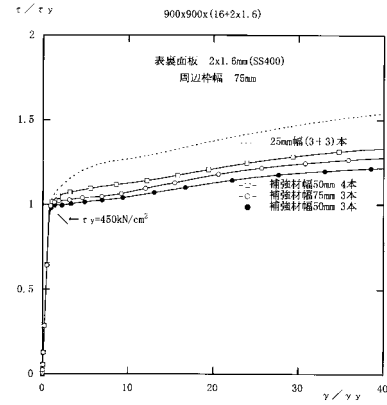
【図5】



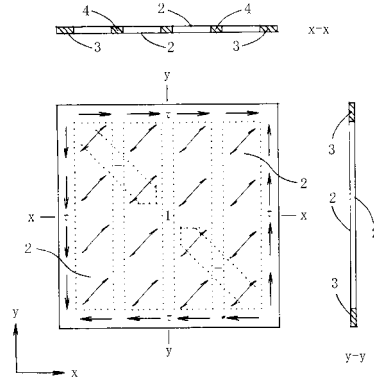
【図6】



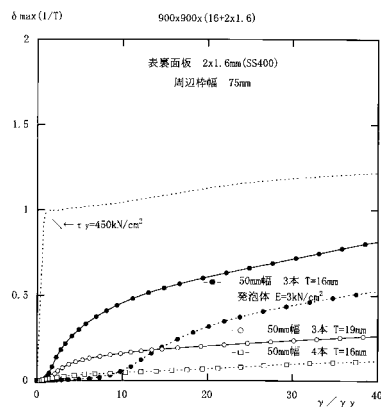
【図7】



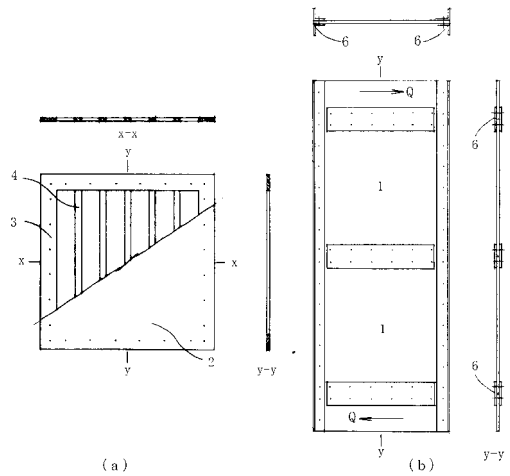
【図8】



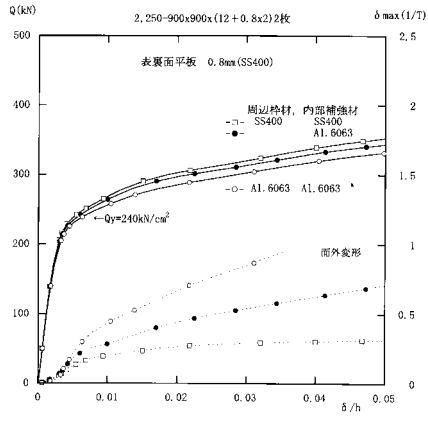
【図9】



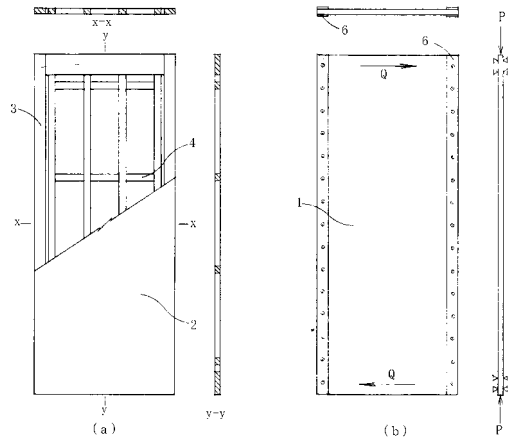
【図10】



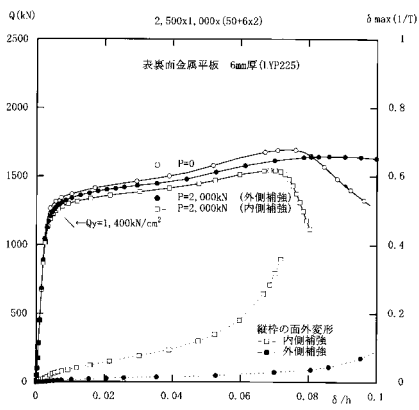
【 図 1 1 】



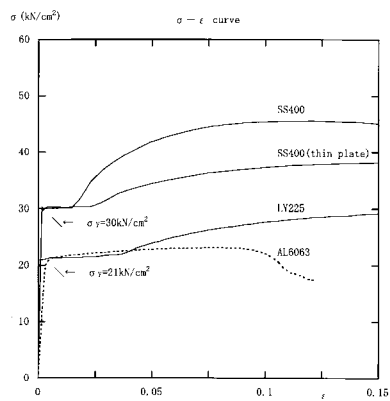
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-342622(JP,A)  
特開2002-294977(JP,A)  
特開平08-068157(JP,A)  
特開2007-002416(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E04H 9/02  
E04B 2/56  
F16F 15/02 - 15/08