

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(10) 国際公開番号

WO 2011/077604 A1

PCT

(43) 国際公開日
2011 年 6 月 30 日(30.06.2011)

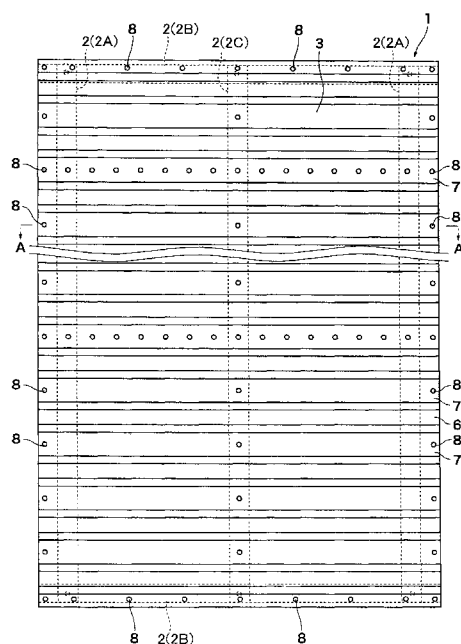
- (51) 国際特許分類:
E04B 2/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/004150
- (22) 国際出願日: 2010 年 6 月 22 日(22.06.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-291205 2009 年 12 月 22 日(22.12.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 新日本製鐵株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 田中浩史 (TANAKA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日本製鐵株式会社内 Tokyo (JP). 河合良道 (KAWAI, Yoshimichi) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日本製鐵株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 志賀正武, 外 (SHIGA, Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: WALL PANEL

(54) 発明の名称: 壁パネル

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is wall panel provided with a pair of frame members (2) which are disposed at an interval in such a way as to face each other; a face plate (3) which is a thin bent steel plate, is fixed to these frame members (2), and is configured in such a way that crests (6) and troughs (7) are alternately formed from one end to the other end; and screws (8) which fix the troughs (7) of this face plate (3) to the frame members (2). The aforementioned wall panel (1) serves as a load-bearing wall and is such that when structural in-plane shear force acts on the frame members (2), those portions of the face plate (3) which are around the screws (8) undergo bearing deformation, thereby making resistance. The ratio of the coming-off strength of the screws (8) to the bearing strength of the face plate (3) is set to a predetermined value at which the shanks (8B) of the screws (8) incline when the face plate (3) undergoes bearing deformation.

(57) 要約: 本発明の壁パネルは、互いに間隔をおいて対向配置された一対の枠材 2 と; これら枠材 2 に固定され、一方から他方に向かって山部 6 及び谷部 7 が交互に形成された薄鋼板の折板である面材 3 と; この面材 3 の谷部 7 を各枠材 2 に対して固定するねじ 8 と; を備え、各枠材 2 に対して構面内せん断力が作用した場合に、面材 3 の、ねじ 8 の周囲部分が支圧変形して抵抗する耐力壁用の壁パネル 1 であって、面材 3 の支圧耐力に対するねじ 8 の抜け出し耐力の比が、面材 3 の支圧変形時に、ねじ 8 の軸部 8 B が傾斜する所定値に設定されている。

WO 2011/077604 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称 ： 壁パネル

技術分野

[0001] 本発明は、薄板軽量形鋼造建築物等の建築物に用いられる壁パネルに関する。

本願は、２００９年１２月２２日に、日本に出願された特願２００９－２９１２０５号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、薄板軽量形鋼造用の耐力壁における壁パネルとして、枠材の片面または両面に面材としての折板を接合した壁パネルが用いられている（例えば、特許文献１～３参照）。

[0003] 特許文献１、２に記載された耐力壁では、折板が、枠材に溶接されたり、補強部材を介して枠材に固定されたりなど、折板と枠材とが剛に接合される。枠材自体も剛なフレームをなし、梁などの建物躯体に固定されている。このような耐力壁は、地震等の水平力が建物に作用した際に、折板がせん断力を負担することで建物の水平耐力を確保するように構成されている。したがって、折板のせん断耐力に基づいて建物の保有水平耐力が決定される。

[0004] 特許文献３には、縦枠に折板をねじ止めし、折板を縦枠の補強材と兼用することが提案されている。さらに、特許文献３には、薄板軽量形鋼からなる枠材を変形させないための鋼板面材として折板が有効であり、さらには、枠材に対して目地を直交方向に配置させることにより、耐力壁が耐力と変形性能に優れると記載されている。

[0005] 本出願人により、特許文献４では、折板耐力壁の変形性能を更に高めるため、ねじ接合部における面材の支圧変形を起こさせるように、面材の全体座屈および局部座屈を回避する折板形状となっている。また、ねじ接合部において生じるねじの抜け出しと、枠材の支圧破壊と、ねじの破断等を回避する折板と、枠材と、ねじとを組み合わせることが提案されている。さらに、特

許文献 4 には、ねじ孔の支圧変形により形成された長孔からねじが抜け出さないよう、ねじ頭を大きくし、かつ、ねじ孔周辺の局所変形（皺）が起きないように、ねじ軸径はあまり大きくしないことが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：実開平 2－4 9 4 4 9 号公報

特許文献2：特開平 9－2 2 8 5 2 0 号公報

特許文献3：特開 2 0 0 7－3 0 3 2 6 9 号公報

特許文献4：特開 2 0 0 9－2 0 9 5 8 2 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 前記従来の耐力壁では、折板のせん断耐力に基づいて建物が設計されているため、折板と枠材との接合部分や耐力壁と建物躯体との接合部分が剛接合とされている。すなわち、これらの接合強度が、折板のせん断耐力以上となるように設定されている。このため、接合構造が大掛かりになり、製造や現場施工の手間やコストが増大してしまうという問題がある。

また、特許文献 4 に記載の壁パネルでは、折板の機械的特性（降伏比あるいは破断伸び等）について明確に示唆されていない。これにより、折板におけるねじ接合部の支圧変形を安定的に確保できず、最大耐力発揮後の耐力低下が大きい場合が生じる可能性もあるという問題がある。

[0008] 本発明は、前記の課題を解決し、折板におけるねじ接合部の支圧変形を安定的に確保可能で変形性能に優れた壁パネルの提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明は、上記課題を解決して係る目的を達成するために以下の手段を採用した。

すなわち、

（1）本発明の壁パネルは、互いに間隔をおいて対向配置された一対の枠材

と；これら枠材に固定され、の一方から他方に向かって山部及び谷部が交互に形成された薄鋼板の折板である面材と；この面材の谷部を各枠材に対して固定するねじと；を備え、各枠材に対して構面内せん断力が作用した場合に、面材の、ねじの周囲部分が支圧変形して抵抗する耐力壁用の壁パネルであって、面材の支圧耐力に対するねじの抜け出し耐力の比が、面材の支圧変形時に、ねじの軸部が傾斜する所定値に設定されていることを特徴とする。

[0010] (2) 上記(1)に記載の本発明の壁パネルでは、所定値が0.7以上であってよい。

[0011] (3) 上記(1)または(2)に記載の本発明の壁パネルでは、所定値が1.6以下であってよい。

[0012] (4) 上記(1)または(2)に記載の本発明の壁パネルでは、ねじが挿入されるワッシャをさらに備え、このワッシャの外径寸法をねじの軸部の軸径寸法で除算した比が、3.0以上であってよい。

(5) 上記(4)に記載の本発明の壁パネルでは、所定値が4.0以下であってよい。

[0013] (6) 上記(4)に記載の本発明の壁パネルでは、枠材が、谷部の延在方向に配置された第1の枠材と、谷部の延在方向に直交する方向に配置された第2の枠材とを備え、第1の枠材と第2の枠材とにより四角枠を形成し、面材の谷部に第1の枠材を固定するねじにのみワッシャが挿入されていてもよい。

(7) 上記(4)に記載の本発明の壁パネルでは、ワッシャの孔とねじの軸部との間に隙間が形成されていてもよい。

(8) 上記(4)に記載の本発明の壁パネルでは、ワッシャの内径寸法からねじの軸部の軸径寸法を差し引いた差をワッシャの厚さ寸法で除算した比が、0.1～0.6であってよい。

[0014] (9) 上記(1)に記載の本発明の壁パネルでは、面材の破断伸びが1%以上かつ16%未満であってよい。

[0015] (10) 上記(1)に記載の本発明の壁パネルでは、ねじのねじ山のピッ

チが、各枠材の板厚寸法以下であってもよい。

[0016] (11) 上記(1)に記載の本発明の壁パネルでは、面材の降伏比が77%~96%であってもよい。

[0017] (12) 上記(1)に記載の本発明の壁パネルでは、面材の、ねじの軸部が挿通されるねじ孔を中心として、谷部の延在方向に沿った少なくとも片側に、谷部の延在方向に直交するリブがさらに設けられていてもよい。

[0018] (13) 上記(1)に記載の本発明の壁パネルでは、面材の、ねじの軸部が挿通されるねじ孔を中心として、谷部の延在方向に直交する方向に沿った両側に、部分的に板厚が薄い薄肉部が形成されていてもよい。

[0019] (14) 上記(1)に記載の本発明の壁パネルでは、面材の、ねじの軸部が挿通されるねじ孔を中心として、谷部の延在方向に直交する方向に沿った両側に、部分的に機械的強度が周囲よりも低い低強度部が形成されていてもよい。

発明の効果

[0020] 耐力壁に構面内せん断力が作用した場合、面材の周囲部分が支圧変形する。このとき、上記(1)に記載の本発明の壁パネルによれば、面材の支圧耐力に対するねじの抜け出し耐力の比が、所定値に設定されているため、ねじの抜け出しによる急激な耐力低下を抑制することができる。これにより、面材のねじ周りを安定的に塑性変形させて、構面内に発生したエネルギーを吸収することができる。また、面材の変形性能を高めた上で、従来の耐力壁に比べて、耐力壁の急激な耐力低下を防止することができる。その結果、変形性能に優れた壁パネルとなる。また、ねじの軸部の傾斜を利用して、ねじ付近に集まる塑性化された面材が、ねじ孔の先端部に集まり、粉碎されて排除され易くなる。

[0021] 上記(2)に記載の本発明の壁パネルによれば、面材の支圧耐力に対するねじの抜け出し耐力の比が0.7以上であるため、ねじが傾斜する前にねじの先端が枠材から抜けてしまうのを防ぐことができる。

[0022] 上記(3)に記載の本発明の壁パネルによれば、面材の支圧耐力に対する

ねじの抜け出し耐力の比が1.6以下であるため、ねじ（特に、ねじの頭部）が面材の下に潜り込むことなく、ねじを傾斜させることができる。

[0023] 上記（４）に記載の本発明の壁パネルによれば、ねじ周りの応力が大きく作用する範囲と重なるようにワッシャを配置することにより、ねじ（特に、ねじの頭部）が面材の下に潜り込むことなく、ねじを傾斜させることができる。さらには、ワッシャの外径寸法をねじの軸部の軸径寸法で除算した比が、3.0以上となるワッシャ及びねじを用いることにより、ねじ頭部が面材の下に潜り込まないため、変形が進んでも面材が安定した支圧耐力を発揮することができる。

上記（５）に記載の本発明の壁パネルによれば、ワッシャを用いることにより、面材の支圧耐力に対するねじの抜け出し耐力の比の上限を緩和することができる。すなわち、上記所定値が4.0以下で、ねじが耐力を保持することができ、ねじが面材の下に潜り込むことなく、ねじを傾斜させることができる。

また、第１の枠材と第２の枠材とにより四角枠が形成される場合、第２の枠材に固定された面材の支圧変形に比べて、第１の枠材に固定された面材の支圧変形の方が大きい。そこで、上記（６）に記載の本発明の壁パネルによれば、第１の枠材に対して面材を固定するねじにのみワッシャが挿入されているため、ねじ（特に、ねじの頭部）が面材の下に潜り込むのを抑制しながら、組立工程及び部品点数を削減することができる。すなわち、面材におけるねじ周囲の支圧変形を安定的に確保しつつ、全体的な生産コストを抑えることができる。

[0024] 上記（７）に記載の本発明の壁パネルによれば、ワッシャの孔とねじの軸部との間に隙間が形成されているため、この隙間を利用してねじが傾斜する。これにより、面材のねじ周囲が支圧変形したときに、ねじの傾斜範囲が制限されるので、ねじの抜けだしによる急激な耐力低下を抑制させることができる。

上記（８）に記載の本発明の壁パネルによれば、ワッシャの内径寸法、ね

じの軸部の軸径寸法及びワッシャの厚さ寸法を規定することにより、適正な傾斜角度でねじを傾斜させることができる。

[0025] また、破断伸びが大きい面材の場合には、塑性化されたねじ孔近傍の面材が、ねじ軸部にまとわり付くため、ねじの軸部の負担が増えて、耐力壁の耐力上昇あるいは、ねじのねじ孔からの抜け出しを生じる恐れがある。しかしながら、破断伸びが小さい（脆い）面材と壁パネルとを組み合わせると、ねじ孔近傍の塑性化された面材は、容易に切り屑となって排除される。これにより、ねじ軸部の負担が極端に高まることがないため、耐力壁の耐力が安定し、優れた変形性能を発揮することができる。

そこで、上記（９）に記載の本発明の壁パネルによれば、面材の破断伸びが１％以上かつ１６％未満である。このように、破断伸びが小さい面材を用いることにより、ねじによって支圧されるねじ周りの面材の塑性化部が、粉碎されて排除され易くなる。これにより、ねじ周りに集まった塑性化された面材が、ねじに抵抗することがないので、面材を安定して塑性変形させることができる。さらには、安定した耐力と変形性能とを発揮させることができる。

[0026] 上記（１０）に記載の本発明の壁パネルによれば、ねじが傾斜した状態でも、ねじ山が枠材に全周３６０度引っ掛かるため、枠材からのねじの抜け出しをより確実に防止して、安定した耐力を発揮させることができる。

[0027] 上記（１１）に記載の本発明の壁パネルによれば、面材として、低ＹＲ（降伏比）鋼ではなく、降伏比が７７％～９６％である高ＹＲ鋼を使用する。この結果、ねじ軸部の支圧により、面材のねじ孔周りが塑性変形する場合の塑性化領域を狭くすることができる。したがって、ねじが挿入されているねじ孔の孔幅が極端に広がることがないので、ねじ（特に、ねじの頭部）が面材に潜り込むのを抑制させることができ、耐力壁が大きくせん断変形しても、耐力壁の耐力を安定させることができる。

[0028] 上記（１２）に記載の本発明の壁パネルによれば、リブにより、折板が塑性化する方向に対して直交する方向に局部座屈するのを防止することができる。

、耐力壁の所定の方向に面材を塑性化させることができる。

[0029] 上記（１３）に記載の本発明の壁パネルによれば、ねじにより折板のねじ周囲を塑性化させる場合に、薄板部分が塑性化する。このように、塑性化させる範囲を特定の場所に限定することにより、面材にしわが発生するのを抑えることができる。しわとは、例えば、局所的な面外座屈を示す。

[0030] 上記（１４）に記載の本発明の壁パネルによれば、ねじにより折板のねじ周囲を塑性化させる場合に、強度低下部が塑性化する。このように、塑性化させる範囲を特定の場所に限定することにより、面材が大きく変形した時も耐力壁の耐力を安定させることができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]本発明の第１実施形態の耐力壁に適用される壁パネルを示す正面図である。

[図2]図１の同壁パネルの側面図である。

[図3]図１の同壁パネルのＡ－Ａ線断面図である。

[図4]図１に示す同壁パネルの概略斜視図である。

[図5]図１に示す同壁パネルの端部の部分拡大斜視図である。

[図6A]同壁パネルのねじ接合部における破壊モードを示す説明図である。

[図6B]同壁パネルのねじ接合部における破壊モードを示す説明図である。

[図6C]同壁パネルのねじ接合部における破壊モードを示す説明図である。

[図6D]同壁パネルのねじ接合部における破壊モードを示す説明図である。

[図7A]折板のねじ接合部の要素試験の説明図である。

[図7B]同要素試験で用いられる折板の正面図である。

[図7C]同要素試験で用いられる同折板の側面図である。

[図7D]同要素試験で用いられる枠材片の側面図である。

[図8]同折板の部分的な寸法形状を示す断面図である。

[図9A]図７Ａに示した折板のねじ接合部の要素試験によって得られた荷重－変位関係の包絡線を比較した図である。

[図9B]図７Ａに示した折板のねじ接合部の要素試験によって得られた荷重－

変位関係の包絡線を比較した図である。

[図10A]ねじが面材に潜り込んだ状態を示す断面図である。

[図10B]破断伸びが大きな折板に対してねじが傾斜した場合の部分断面図である。

[図10C]図10Bにおける折板の塑性化部の斜視図である。

[図10D]破断伸びが小さな折板に対してねじが傾斜した場合の部分断面図である。

[図10E]図10Dにおける折板の塑性化部の斜視図である。

[図11A]ねじが傾いた状態における、枠材と面材とを接合しているねじ接合部の断面図である。

[図11B]図11AのB-B断面における、ねじ径と面材最外縁の厚み寸法との関係を示す断面図である。

[図12]日本鋼構造協会編「鋼構造接合資料集成」の図-I I. 5. 12に掲載の、ボルト孔周辺の応力分布を示す説明図である。

[図13]日本鋼構造協会編「鋼構造接合資料集成」の図-I I. 5. 12に掲載の、ボルト心からの距離による応力分布を示すグラフである。

[図14A]クリアランスが小さい場合における、ワッシャ内径とねじ軸部との間のクリアランスと、ねじ及びワッシャの傾きとの関係を説明する断面図である。

[図14B]クリアランスが大きい場合における、ワッシャ内径とねじ軸部との間のクリアランスと、ねじ及びワッシャの傾きとの関係を説明する断面図である。

[図15A]ねじ接合部の位置が異なる折板の要素試験を示す説明図である。

[図15B]同要素試験で用いられる折板の正面図である。

[図15C]同要素試験で用いられる折板の側面図である。

[図15D]同要素試験で用いられる枠材片の側面図である。

[図16]折板の部分的な寸法形状を示す断面図である。

[図17A]図15A～図15Dに示した要素試験で得られた荷重－変位関係の包

絡線を比較したグラフである。

[図17B] 図 1 5 A ～ 図 1 5 D に示した同要素試験で得られた荷重－変位関係の包絡線を比較したグラフである。

[図18] 壁パネルの耐力試験で用いる試験体の寸法形状を示す正面図である。

[図19] 図 1 8 に示した試験体を用いた耐力試験によって得られた荷重－変形角関係を示すグラフである。

[図20] ねじが傾斜したときの、ねじのねじ山ピッチとねじの抜け出しとの関係を説明するための断面図である。

[図21] 先端が先鋭なねじを枠材に取り付けた場合を示す断面図である。

[図22] 壁パネルを載荷試験装置にセットして載荷試験をしている状況を示す正面図である。

[図23] 同載荷試験によって得られた荷重－変形角関係の包絡線を比較したグラフである。

[図24A] ねじ軸部から低 Y R の面材に支圧力が作用している状態を示す正面図であって、一部が断面視されている。

[図24B] 図 2 4 A の状態から枠材と面材とがずれた状態で面材が塑性変形している状態を示す正面図であって、一部が断面視されている。

[図24C] 図 2 4 A に対応した図であり、高 Y R の面材に支圧力が作用している状態を示す正面図であって、一部が断面視されている。

[図24D] 図 2 4 C の状態から枠材と面材とがずれた状態で面材が塑性変形している状態を示す正面図であって、一部が断面視されている。

[図25A] ねじが傾く前の状態における、枠材と面材とを接合しているねじ接合部の断面図である。

[図25B] 面材の降伏比 Y R と面材の塑性化領域との関係について示した説明図である。

[図26A] 本発明の他の実施形態の壁パネルを示す部分正面図である。

[図26B] 図 2 6 A の C－C 線より見た場合における、同壁パネルの部分断面図である。

[図26C] 同壁パネルを図 2 6 A の D－D 線より見た場合の部分側面図である。

[図27A] 本発明のさらに他の実施形態の壁パネルを示す部分正面図である。

[図27B] 同壁パネルを図 2 7 A の E－E 線より見た場合の部分図 2 7 A の側面図である。

[図27C] 図 2 7 A に対応する図であって、ねじが取り付けられていない状態を示す壁パネルの部分正面図である。

[図27D] 同壁パネルの折板における薄板部分を拡大して示す図であって、図 2 7 C の F－F 線より見た場合の部分断面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0032] 以下、本発明の各実施の形態を、図を参照して説明する。なお、以下の説明及びこの説明で用いられる図面において、実質的に同一の機能構成を有する要素については、同一の符号を付することによりそれらの重複説明を省略する。

[0033] 図 1 は、本発明の一実施形態に係る壁パネル 1 を示す正面図である。図 2 は、壁パネル 1 の側面図である。図 3 は、壁パネル 1 の、図 1 の A－A 線で見つ断面図である。図 4 は、壁パネル 1 の斜視図である。図 5 は、壁パネル 1 の一部を拡大して示す斜視図である。

[0034] 壁パネル 1 は、枠組壁工法建築物に耐力壁として用いられる。例えば、壁パネル 1 は、基礎上に設置された後、この壁パネル 1 の下端部がアンカーボルトと連結される一方、壁パネル 1 の上端部が建物の梁や床パネルと連結される。あるいは、壁パネル 1 の上下の端部が、上下の梁や床パネルに連結されて設置される。壁パネル 1 は、図 1 に示すように、枠材 2 と、折板 3 との組合せで構成されている。折板 3 は、薄板鋼板からなる面材であり、図 2 に示すように、一方から他方に向かって複数の山部 6 と複数の谷部 7 とが交互に形成された面材である。

枠材 2 は、薄板軽量形鋼（溝形鋼）からなり、図 1 に示すように、折板 3 の谷部 7 の延在方向に配置された一対の縦枠材（第 1 の枠材）2 A と、折板 3 の谷部 7 の延在方向に直交する方向に沿って配置された一対の横枠材（第

2の枠材) 2Bとにより、例えば長方形の四角枠を形成している。さらに、縦枠材2Aの間には、枠材2Cが設けられている。また、折板3は、枠材2A及び枠材2Bにより構成された四周枠組みの一方の面に接合されている。

枠組壁工法建築物としては、例えば、2階建て～4階建て程度の比較的小規模な建物が好適であり、壁パネル1の他に、柱、梁、床パネル、屋根、外装材、内装材等を有して構成されている。

[0035] 壁パネル1の枠材2は、図3に示すように、ウェブ4と、このウェブ4の両端部に連続する一対のフランジ5とを有し、断面略C字形に形成されている。そして、両側端縁に設けられる縦枠材2Aは、ウェブ4同士で互いに接合された2つの溝形鋼からなる。

ねじ8は、タッピングビスなどであり、枠材2の反対側から折板3の谷部7を貫通したねじ8が、枠材2に螺合することで、枠材2に対して折板3の谷部7を固定する。

[0036] 図2の拡大部分に示す、壁パネル1のねじ8の頭部8Aの外径Dと軸部8Bの軸径 d_1 と折板3の板厚 t_1 との関係は、以下の式(1)で設定されている。

$$(D - d_1) > \alpha_1 \cdot t_1 \quad \cdots (1)$$

[0037] ここで、 α_1 は、軸部8Bの支圧により折板3に生じたねじ孔9からねじ8の頭部8Aが抜け出さないための条件を表す係数である。 α_1 は、7.0以上であることが望ましい。このような構成によれば、ねじ8が、繰り返して荷重を受けて、折板3の軸部8B周りが支圧変形し、ねじ8のねじ孔9が大きくなった場合でも、ねじ8のねじ頭部8Aが折板3に引っ掛かる。これにより、折板3からねじ8が脱落することが防止でき、変形性能を確保することができる。

[0038] また、壁パネル1のねじ8の軸部8Bの軸径 d_1 と折板3の板厚 t_1 との関係は、以下の式(2)で設定されている。

$$d_1 < \alpha_2 \cdot t_1 \quad \cdots (2)$$

[0039] ここで、 α_2 は、ねじ8の軸部8Bにより折板3に生じた局所座屈により、

ねじ孔 9 の成長が阻害されないための条件を表す係数である。 α_2 は、1.3 以上であることが望ましい。このような構成によれば、ねじ 8 の軸部 8 B の支圧により、折板 3 には、ねじ孔 9 を起点とする長孔が形成されるので、軸部 8 B 周りに皺がよる支圧変形に比べて、より高い変形性能を確保できる。

[0040] 上記の変形（破壊モード）を実現するには、他の破壊モードを起こさない条件を設定することが必要となる。すなわち、折板 2 のねじ 8 の周囲部分（ねじ接合部 8 C）において、図 6 A に示すように、ねじ 8 が抜け出たり、図 6 B に示すように、面材 3 にしわ 1.3 が発生したり、図 6 C に示すように、枠材 2 が切断されたり、図 6 D に示すように、ねじ 8 が切断されたりする破壊モードを起こさない条件を設定する必要がある。また、しわ 1.3 とは、局所的な面外座屈を指す。さらには、壁パネル 1 全体でも、全体座屈や局部座屈を起こさない条件を設定する必要がある。

[0041] まず、壁パネル 1 における枠材 2 と折板 3 とのねじ 8 との接合部である、ねじ接合部 8 C の上記条件を設定する。ここでは、例えば、社団法人日本鉄鋼連盟著「ドリルねじ接合 設計施工指針」に記載の、ねじ接合部の許容せん断耐力（ R_{as} ）の算定式を利用し、次式（3）のように設定する。

$$R_{as} = R_{as3-1} < \min(\alpha_3 \cdot R_{as2}, \alpha_4 \cdot R_{as3-2}, \alpha_5 \cdot R_{as4}) \quad \dots \quad (3)$$

[0042] 式（3）において、 R_{as2} は、図 6 A に示すねじ 8 の抜け出し耐力（kN）であり、以下の式（4）で算出される。 R_{as3-1} は、図 6 B に示す折板 3 のねじ周り支圧耐力（kN）であり、下式（5）で算出される。 R_{as3-2} は、図 6 C に示す枠材 2 のねじ周り支圧耐力（kN）であり、下式（6）で算出される。 R_{as4} は、図 6 D に示すねじ 8 の軸部せん断耐力（kN）であり、下式（7）で算出される。各式（4）～（7）において、 t_1 は、折板 3 の設計用板厚（mm）であり、 t_2 は、枠材 2 の設計用板厚（mm）であり、 F_{u1} は、折板 3 の引張強さ（N/mm²）であり、 F_{u2} は、枠材 2 の引張強さ（N/mm²）であり、 d_1 は、ねじ 8 の軸部 8 B の軸径（mm）であり、 A_d は、ねじ 8 の軸部断面積（mm²）であり、 D は、ねじ 8 の頭部径（mm）である。

[0043] ねじ 8 の抜け出し耐力 R_{as2} (kN) は、次式 (4) により求めることができる。

$$R_{as2} = C_s \times C_e \times d_1 \times t_2 \times F_{u2} \quad \cdots (4)$$

$$C_s = 1.3 - 0.3 \times (d_1 / 5)$$

$$C_e = 0.28 \times 3.95 \times \xi^{0.5} \times (t_2 / d_1)^{0.5}$$

ここで、 ξ は影響係数であり、次式で算出される。

$$\xi = 3.1 - 5.6 (t_1 / t_2) + 3.5 (t_1 / t_2)^2$$

C_s は、ねじ径を考慮する係数である。また、 C_e は、ねじ径と枠材板厚を考慮する係数である。

[0044] 折板のねじ周り支圧耐力 R_{as3-1} (kN) は、次式 (5) により求めることができる。

$$R_{as3-1} = C_s \times C_e \times d_1 \times t_1 \times F_{u1} \quad \cdots (5)$$

$$C_e = \min (C_{e1}, C_{e2})$$

$$C_{e1} = 0.28 \times \{0.471 + 9.42 \times t_2 / d_1\}$$

$$C_{e2} = 0.959$$

ここで、 C_{e1} は、ねじ径と折板板厚を考慮する係数である。また、 C_{e2} は、実験結果に基づく定数である。

[0045] 枠材 2 のねじ周り支圧耐力 R_{as3-2} (kN) は、次式 (6) により求めることができる。

$$R_{as3-2} = C_s \times C_e \times d_1 \times t_2 \times F_{u2} \quad \cdots (6)$$

$$C_e = \min (C_{e1}, C_{e2})$$

$$C_{e1} = 0.28 \times \{1.18 + 5.26 \times t_1 / d_1\}$$

$$C_{e2} = 0.677$$

ここで、 C_{e1} は、ねじ径と枠材板厚を考慮する係数である。また、 C_{e2} は、実験結果に基づく定数である。

[0046] ねじ 8 の軸部せん断耐力 R_{as4} (kN) は、次式 (7) により求めることができる。

$$R_{as4} = f_s \times A_d \div 120 \times A_d \quad \cdots (7)$$

ここで、 f_s はドリルねじの基準強度（ N/mm^2 ）である。

[0047] 以上のように、枠材2と折板3との接合部分のせん断耐力 R_{as} が設定されていることで、この接合部分における破断モードは、折板3のねじ周り支圧耐力 R_{as3-1} により決定される。これにより、壁パネル1にせん断力が作用した際には、図示を省略するが、ねじ8で貫通された部分の折板3が支圧変形し、ねじ8の抜け出し（ねじ8の抜け出し耐力 R_{as2} ）、枠材2のねじ周り支圧変形（枠材2のねじ周り支圧耐力 R_{as3-2} ）及びねじ8の軸部破断（ねじ8の軸部せん断耐力 R_{as4} ）等は発生しない。なお、式（3）の根拠となった式は最初に発現する破壊モードで耐力を定める式であったが、本実施形態においては初めから折板3のねじ周り支圧モードが発現しなくともよい。他のモードが発現した後で発現してもよい。ため、 $\alpha_3 \sim \alpha_5$ は1.0である必要はない。 $\alpha_4 \sim \alpha_5$ に上限はなく、下限は0.5以上が望ましい。 α_3 は、小さすぎるとねじが抜け出しやすく、大きすぎるとねじが傾かない可能性があるので、0.7～4.0の範囲が望ましい。

[0048] 次に、壁パネル1の上記条件を設定する。壁パネル1全体におけるせん断耐力 Q_u は、次の式（8）を満足するように設定する。式（8）の Q_b は、下式（9）に示す前記接合部分の許容せん断耐力 R_{as} に基づくせん断耐力（ kN ）であり、 Q_y は、式（10）に示す折板3のせん断降伏耐力（ kN ）であり、 Q_g は、下式（11）に示す折板3の全体座屈強度 $\tau_{cr,g}$ に基づくせん断降伏耐力（ kN ）であり、 Q_L は、下式（12）に示す折板3の谷部7の局部座屈強度 $\tau_{cr,L}$ に基づくせん断降伏耐力（ kN ）である。なお、式（11）と式（12）については、例えば、波形鋼ウェブ合成構造研究会著「波形鋼板ウェブPC橋計画マニュアル、1998年12月発行」にある式を利用している。

$$[0049] \quad Q_u = Q_b < \min (\alpha_6 \cdot Q_y, \alpha_7 \cdot Q_g, \alpha_8 \cdot Q_L) \quad \cdots (8)$$

$$[0050] \quad Q_b = \alpha_9 \cdot R_{as} \cdot h / p \quad \cdots (9)$$

[0051] 式（9）において、 R_{as} は、ねじ接合部の長期許容せん断耐力で、最大耐力はその約3倍である。しかしながら、ねじ8が全て均等に荷重を負担する

ことは困難なので、 α_g は3.0～2.0とする。なお、図4に示すように、 h は壁パネル1の幅（mm）であり、 p はねじ8のねじピッチ（mm）である。

$$[0052] \quad Q_y = F_1 / \sqrt{3} \cdot h \cdot t_1 \quad \cdots (10)$$

[0053] 式（10）において、 h は図4に示す壁パネル1の幅（mm）であり、 t_1 は図5に示す折板3の厚さ（mm）であり、 F_1 は折板3のF値（N/mm²）がある。

$$[0054] \quad Q_G = \tau_{cr, G} \cdot h \cdot t_1 = 36 \beta \{ (E I_y)^{1/4} \times (E I_x)^{3/4} \} h / h_d^2 \quad \cdots (11)$$

$$I_x = t_1^3 (\delta + 1) / (6 \eta) \quad \cdots (11a)$$

$$I_y = t_1^3 / \{ 12 (1 - \mu^2) \} \quad \cdots (11b)$$

[0055] 式（11）において、 β は、面材3の端部の固定度を示す係数で、ここではピンの場合の $\beta = 1.0$ である。 E は、折板3のヤング係数（ $E = 205$ （kN/mm²））である。 I_x は、折板3の折り筋方向に対して直交する方向の中立軸に関する単位長さ当たりの断面2次モーメントであり、式（11a）で算出される。この式（11a）において、 t_1 は、折板3の厚さ（mm）であり、 δ は、山高板厚比であり、図5に示すように、折板3の山部6の山高部分の高さを d とした場合に、 $\delta = d / t_1$ となる。また、 η は、図5に示す折り筋方向に直交する方向の山部の展開したときの長さ寸法 L_1 に対する、山部の実寸法（投影長さ） L の比（ L / L_1 ）、すなわち、折板3の山部の長さの減少率である。 h_d は折板3の幅方向の支点間距離で、中棧が1本の場合は $h_d = h / 2$ である。また、式（11）において、 I_y は、折板3の折り筋方向に対して並行する方向の中立軸に関する単位長さ当たりの断面2次モーメントであり、式（11b）で算出される。この式（11b）において、 μ は、折板3のポアソン比（ $\mu = 0.3$ ）である。

[0056] 図示を省略するが、このような式（11）で決定される折板3の全体座屈強度とは、折板3全体が複数の山部6および谷部7を跨いで座屈する破壊モードが発生したときの強度である。そして、全体座屈強度を決定する大きな

要因が山部 6 の山高部分の高さ d であり、この山高部分の高さ d を所定値以上に設定することで、全体座屈強度が確保できる。

$$[0057] \quad Q_L = \tau_{cr, L} \cdot h \cdot t_1 = k (\pi^2 E) / \{ 12 (1 - \mu^2) \} \cdot \gamma^2 \cdot h \cdot t_1 \cdots (12)$$

[0058] 式 (12) において、 k は、せん断座屈係数 ($k = 4.00 + 5.34 / \alpha^2$) である。ここで、 α は、縦横比 ($\alpha = a / h$) であり、図 4 に示すように、 a は、折板 3 の谷幅 (mm) であり、 h は、壁パネルの幅 (mm) である。また、式 (12) において、 π は、円周率であり、 γ は、折板 3 の幅厚比 ($\gamma = t_1 / h$) である。図示を省略するが、このような式 (12) で決定される折板 3 の谷部 7 の局部座屈強度とは、個々の谷部 7 が座屈する破壊モードが発生したときの強度である。局部座屈強度を決定する大きな要因が、谷部 7 の幅厚比 γ である。すなわち、谷部 7 の谷幅 a を所定値以下に設定することで、局部座屈強度が確保できる。

[0059] なお、式 (8) については、ねじ接合部の破壊モードが、他のモードが発現した後で発現してもよいので、 $\alpha_6 \sim \alpha_8$ は 1.0 である必要はなく、0.5 以上であることが望ましい。

[0060] このような構成によれば、折板 3 のねじ周りの支圧耐力で決定されるせん断耐力が、折板 3 のせん断降伏耐力よりも小さく設定されているので、折板 3 がせん断降伏するよりも前に折板 3 のねじ周りが支圧変形し、ねじ 8 が傾斜する。このとき、壁パネル 1 に加えられた負担荷重の一部が、ねじ 8 を傾斜させる力に変えられる。そして、折板 3 がその負担荷重を保持することとなり、折板 3 のせん断降伏が防止できる。従って、脆性的なせん断降伏を防止するとともに、折板 3 のねじ周りの支圧変形によって靱性が確保でき、壁パネル 1 のエネルギー吸収性能を高めることができる。すなわち、折板 3 の全体座屈や局部座屈などの座屈が発生すると、せん断応力が保持できずに、急激に耐力が低下して変形が増大するような脆性破壊に至ってしまう。そこで、このような座屈を防止することで、壁パネル 1 の変形性能を向上させることができる。この際、折板 3 の全体座屈により決定されるせん断降伏耐力

としては、折板 3 の山高寸法の影響が大きく、山高寸法を所定値以上に大きく設定することで、折板 3 のねじ周りの支圧耐力で決定されるせん断耐力を上回ることができる。また、折板 3 の局部座屈により決定されるせん断降伏耐力としては、折板 3 の谷幅寸法の影響が大きく、谷幅寸法を所定値以下に抑えて設定することで、折板 3 のねじ周りの支圧耐力で決定されるせん断耐力を上回ることができる。

[0061] 以上説明の壁パネル 1 によれば、折板 3 と枠材 2 とねじ 8 とによる接合部における接合耐力が、折板 3 のねじ周りの支圧耐力により決定され、外力が作用した際に折板 3 のねじ周りが支圧変形するように構成されている。これにより、折板 3 の全体座屈、局部座屈、枠材 2 の変形などにより急激に耐力低下することなく、負担荷重を保持することができる。従って、比較的大きな変形角（例えば、層間変形角で $1/30$ rad 程度）まで、壁パネル 1 の耐力が低下せずに荷重を保持できる。つまり、折板 3 の変形性能を高めることができるので、構造特性係数を小さく設定することが可能になる。これにより、耐力壁の枚数（壁長）を少なくし、枠材板厚や接合金物の耐力を抑えることにより、経済的かつ建築計画上の自由度を高めることができる。つまり、ねじ止めによって枠材 2 と折板 3 とを接合することで、接合構造が簡単になり、製造および施工の手間やコストを低減させることができる。

[0062] そして、ねじ接合部におけるねじ 8 による折板 3 の支圧変形を確実に安定して起こさせることを探求するために、折板 3 の機械的な性質と、ねじ接合部付近の塑性化について、試験および検討した。

[0063] 試験および検討の条件として、押し引きによる支圧力をねじ接合部に作用させ、ねじ接合部を支圧変形させた場合のねじ接合部の破壊モードとして下記 (i) ~ (iv) のパターンが考えられるが、(i)、(ii) のパターンであることを前提とした。

(i) 折板 3 におけるねじ接合部付近の支圧変形時に、ねじ 8 のねじ先が抜けることにより接合部が破壊される場合。

(ii) ねじ接合部付近の支圧変形時に、折板 3（面材）が支圧変形して、

接合部が破壊される場合。

(i i i) ねじ接合部付近の支圧変形時に、杵材 2 が支圧変形して、接合部が破壊される場合。

(i v) ねじ接合部付近の支圧変形時に、ねじ 8 の軸部 8 B が破断して、接合部が破壊される場合。

[0064] まず、折板 3 のねじ周り支圧耐力 R_{as3-1} に対するねじ 8 の抜け出し耐力 R_{as2} (R_{as2}/R_{as3-1}) に関しては、 R_{as2}/R_{as3-1} が 1. 0 を下回ると、ねじ 8 の抜け出し耐力 R_{as2} が小さすぎてねじ 8 の先端が杵材 2 から抜け出しやすくなる。また、逆に R_{as2}/R_{as3-1} の値が大きすぎると、ねじ 8 が動かず、ねじ 8 の頭部 8 A が折板 3 に潜り込んでしまう。これらの場合、いずれも、ねじ 8 の軸部 8 B の傾斜を確保できず、ねじ接合部 8 C の折板 3 を安定的に塑性変形させてエネルギー吸収し、耐力壁の急激な耐力低下を防止することができなくなる。したがって、本発明の壁パネル 1 では、折板 3 の支圧耐力に対するねじ 9 の抜け出し耐力の比 (R_{as2}/R_{as3-1}) が、折板 3 の支圧変形時に、ねじ 8 の軸部 8 A が傾斜する所定値に設定されている。これにより、ねじ 8 が杵材 2 から抜け出したり、ねじ 8 (特に、頭部 8 A) が折板 3 に潜り込んだりするのを防止できる。また、折板 3 の支圧耐力に対するねじ 9 の抜け出し耐力の比は、0. 7 以上であることが好ましい。これにより、ねじ 8 が傾斜する前に、ねじ 8 の先端が杵材 2 から抜けてしまうのを防ぐことができる。また、折板 3 の支圧耐力に対するねじ 9 の抜け出し耐力の比は、1. 6 以下であることが好ましい。これにより、ねじ 8 が折板 3 に潜り込むことなく、ねじ 8 を傾斜させることができる。

ただし、後述のワッシャを用いた場合には、折板 3 の支圧耐力に対するねじ 8 の抜け出し耐力の比は、0. 7 ~ 4. 0 の範囲であればよい。

[0065] 壁パネル 1 としての耐力および変形性能を推定するために、ねじ接合部についての要素試験を行った。

[0066] 図 7 A には、ねじ接合部の要素試験の状況が示され、要素の載荷試験装置 1 4 は、一方に二股状の取り付けアーム 1 5 を有する第 1 加力治具 1 6 と、

他方に厚板連結鋼板を有する第2加力治具17とを備えている。

[0067] 前記アーム15の二股間方向に沿って折り筋が向くように、折板3の一部である折板片3aの両端部を配置する。その折り筋方向の谷部7の面材3を、それぞれ3つの座金18を介して固定ボルト19により固定する。折板片3aの中央部下面に、枠材2の一部である枠材片2aの一端側のウェブ4を、ビスなどのねじ8により接合する。枠材片2aの他端部を厚板連結鋼板20の一端部に重合させて3本のボルト19により固定する。さらに、厚板連結鋼板20の他端部を、前記第2加力治具17に重合させて座金および3本のボルト19により固定している。

[0068] 折板片3aの試験体の形状および板厚が異なる4種類の折板の要素片を製作して試験を行った。折板片3aに対する载荷は、図7Aに矢印で示すように、図示省略の油圧ジャッキ等により正負漸増繰り返し荷重を負荷した。

[0069] 試験にあたっての、折板片3aと、枠材片2aと、ねじ8とに対する条件は、下記の通りである。

(i) 折板片3aの断面形状は図8に示す形状とした。

(i i) 枠材片2aは、SGC400でかつ板厚が1.6mmのものを使用し、ウェブ幅寸法が89mmで、フランジ幅が44.5mmとした。

(i i i) 折板3と枠材片2aとを1箇所で接合するねじ8は、六角頭ねじでかつ呼び径が4.8mmのものを使用し、折板3と枠材片2aとに渡って、折板3の谷部7に六角頭が接触するまでねじ込んで接合した。

[0070] 折板片3aの各試験体は、表1に示すような4種の鋼材を用いた試験体である。この試験で得られた荷重－変位関係を図9A及び図9Bに示す。

[0071] [表1]

	板厚 t1 (mm)	降伏点 Y.P (N/mm ²)	引張強さ Y.P (N/mm ²)	破断伸び E1. (%)	最終変形量 δu (mm)	変形性能の 評価	ねじ抜け/ 面材支圧 耐力比	枠材板厚 t2 (mm)
鋼材B	0.60	807	844	4.6	30以上	優良	0.68	1.6
鋼材D	0.58	761	815	15.9	17	良	0.73	1.6
鋼材B2	0.60	807	844	4.6	8	不可	1.66	1.6x2
鋼材A	0.58	316	412	39.1	25以上	良	1.44	1.6

- [0072] 鋼材Bの試験体は、面材3の支圧耐力に対するねじ8の抜け出し耐力の比が0.68であり、十分な変形性能を発揮している。これにより、面材3の支圧耐力に対するねじ8の抜け出し耐力の比の下限を0.7とした。また、鋼材B2の試験体は、鋼材Bの試験体と面材3およびねじ径は同一であるが、枠材2を2枚重ねしてねじ8の抜け出し耐力を高め、ねじ8を傾きにくくしている。鋼材B2の試験体は、面材3の支圧耐力に対するねじ8の抜け出し耐力の比が1.66であり、変形性能に乏しい。鋼材Aの試験体は、面材3の支圧耐力に対するねじ8の抜け出し耐力の比が1.44であり、十分な変形性能を発揮している。これにより、面材3の支圧耐力に対するねじ8の抜け出し耐力の比の上限を1.6とした。この上限は、市販のねじを用いた場合の数値であり、後述の、大径ワッシャを用いた場合は上限が高くなる。
- [0073] 鋼材Dの試験体は、面材3の支圧耐力に対するねじ8の抜け出し耐力の比が鋼材Bの試験体よりも高いにもかかわらず、変形性能が乏しかった。これは、鋼材Bは特殊な低破断伸び鋼で、破壊メカニズムが違うためである。一般的な鋼材Dのみを考えた場合は、面材3の支圧耐力に対するねじ8の抜け出し耐力の比の下限は高くなると考えられる。
- [0074] 一般的には、たとえば、 $R_{ss3-1} < R_{ss2}$ であってねじ接合部でねじ8が傾かない場合、図10Aに示すように、ねじ接合部におけるねじ8による支圧により、ねじ孔9の周辺の折板3における鋼板部分が、押しのけられる。すなわち、この鋼板部分が、前面側あるいは側面側に屈曲部22を形成するようにして小さく集まるようになり、この屈曲部22が抵抗になって耐力が上昇する。そして、鋼板は面外方向に浮き上がり（ねじ8の頭部8Aが面材3に潜り込み）、その結果、折板3の耐力及び壁パネル1の耐力が安定しないようになる。
- [0075] 前述したように、ねじ抜け出し耐力が、面材支圧破壊耐力よりも小さい場合でも、面材3が支圧変形する場合があることがわかった。
- [0076] そして、図10B及び図10Cに示すように、載荷されて、ねじ8により面材（折板3）におけるねじ孔9の周囲の面材3が支圧変形している場合に

、ねじ 8 が傾くようになると、ねじ 8 の軸部 8 B に接触しているねじ孔側の支圧されている面材 3 は、ねじ 8 の軸部 8 B の傾斜に沿ってめくれ上がる。高破断伸びの面材（折板 3）では、めくれ上がった部分の頂部に亀裂 2 3 が入り、ねじ 8 が抜け出すようになる。また、低破断伸びでは、めくれ上がった部分の裾に亀裂 2 3 が入り、図 10 D に示すように、切り屑 2 6 となって除去されることがわかった。

[0077] また、前記のように、ねじ 8 が傾斜している場合に、折板 3 が、高破断伸びの材料であると、図 10 B に示すように、ねじ 8 の軸部 8 B により支圧変形すると、塑性化されている部分 2 1 が軸部 8 B にまわり付き。これにより、ねじ 8 の 8 B 軸部の負担が増えるようになり、面材 3 の耐力が上昇し、壁パネル 1 の耐力が上昇するが、ねじ 8 が枠材 5 から抜け出すようになる。反対に、折板 3 が、低破断伸びの材料である場合には、脆いため、図 10 D 及び図 10 E に示すように、ねじ 8 の軸部 8 B に支圧変形されている部分（特に、ねじ 8 の先端側の折板 3）は、粉碎されて切り屑 2 6 となる。その結果、ねじ 8 に作用している支圧力（負荷）は、不変で安定化するようになり、壁パネル 1 の耐力が安定するようになる。

[0078] 具体的には、前記の表 1 における鋼材 B のように、破断伸びが 15.9% より小さい場合には、図 10 D に示すように、ねじ接合部 8 C において、支圧されるねじ孔 9 周りの面材 3 の塑性化部 2 1 が、ねじ 8 に接触するねじ孔 9 の先端部に集まることはない。すなわち、集まった鋼板の面材 3 が粉碎されて排除され易くなるため、ねじ孔 9 の周りに集まった、塑性化された面材 3 が、ねじ 8 に抵抗することがない。これにより、面材 3 を安定して塑性変形させることができ、安定した耐力を発揮させることができる。

[0079] 折板 3 として鋼板を用いた場合の破断伸びの影響について、図 11 A 及び 11 B に示すモデルに基づいて検討する。

[0080] 図 11 A に示すように、ねじ 8 の軸部 8 B に乗りあげた鋼板が碎けて切り屑になるためには、鋼板の板厚中心に対して外周面の伸びが材料の破断伸び E_1 以上となればいいので、下式（13）を満たす必要がある。

$$(d_1/2 + t_1) / (d_1/2 + t_1/2) - 1 > E_l \quad \dots (13)$$

[0081] 例えば、上記実験から、ねじ 8 の軸部 8 B の軸径 d_1 を 4.8 mm とし、鋼板の板厚 t_1 を 0.6 mm とした場合、 E_l は 1.1 % 以下にする必要があることがわかる。

[0082] 式 (13) によれば、ねじ 8 の軸径 d_1 は小さく、鋼板の板厚 t_1 は厚くすることで、破断伸びの上限を上げることができる。3 階建て以下程度のスチールハウスであれば、 d_1 は 4.2 mm 以上、 t_1 は 0.8 mm 以下となるので、破断伸びの上限は下式 (13a) で求められる。

$$(4.2/2 + 0.8) / (4.2/2 + 0.8/2) - 1 = 0.16 > E_l \quad \dots (13a)$$

[0083] 式 (13) により数値計算解析した結果、折板 3 の破断伸びは、1.6 % 未満であることが望ましい。破断伸びが小さい折板 3 を用いることにより、ねじ 8 の軸部 8 B により支圧されるねじ 8 の軸部 8 B 周りの面材 3 が塑性化した場合に、ねじ 8 の軸部 8 B の傾斜に沿って上昇する場合に粉碎されて除去され易くなる。一方、面材 3 の破断伸びが 1 % を下回ると、折板加工時に割れが発生しやすくなるため、望ましくない。面材 3 の破断伸びが 1.6 % を上回ると粉碎しにくくなるため、望ましくない。

[0084] したがって、折板 3 を構成する鋼材の破断伸びが 1.6 % 未満であると、ねじ 8 の軸部 8 B によりねじ孔 9 周りの折板 3 の鋼板が塑性化される時に、ねじ 8 の先端に集まる折板 3 の鋼材が粉碎され、ねじ 8 の軸部 8 B にまわりつかない。これにより、ねじ 8 の軸部 8 B による支圧方向に細長いねじ孔 9 の形成に対する抵抗を排除し、折板 3 および壁パネル 1 の耐力を安定させながら変形性能を確保することができる。

[0085] 次に、ねじにワッシャを用いた場合の効果について文献調査し、日本鋼構造協会編「鋼構造接合資料集成」の図一 I I. 5. 12 から有効な情報を得た。図 12 にボルト孔周辺の応力分布、図 13 にボルト心からの距離による応力値を示す。図 13 に示すように、ボルト心からの距離がボルト半径の 3 倍以内の範囲では、応力の変化勾配が大きい。そこで、この範囲にワッシャ

を用いることにより、ねじ頭部が面材に潜り込むのを抑制できる。また、図 13 に示すように、鋼板の降伏比 YR （図 13 中には β で表記）が高いほど応力の変化勾配が大きく、塑性化領域が狭いことが分かる。

図 14 A 及び図 14 B に示すように、ワッシャ 33 の外径 D_w をねじ 8 の軸部 8 B の軸径 d_1 で除算した比（外径 D_w / ねじ 8 の軸部 8 B の軸径 d_1 ）の値は 3.0 以上となり、十分な効果が得られると考えられる。実際に、軸部 8 B の軸径 d_1 が 4.2 mm のねじ 8 に対し、ねじ 8 の軸部 8 B の軸径 d_1 の 5 倍である外径 21 mm のワッシャ 33 を用いて、図 7 A に示す装置によるねじ接合部の要素試験と、後述する図 22 の装置による壁パネル載荷試験とを行った。その結果、ワッシャ 33 を挿入しない場合、図 10 A に示すように、ねじ 8 の頭部 8 A が面材 3 の下に潜り込んで耐力が保持できず、耐力壁 1 の劣化が激しかった。これに対し、ワッシャ 33 を挿入した場合には、各々のねじ 8 が耐力を保持し、耐力壁 1 全体が大きく変形した時にも耐力を保持することができた。

また、横枠材 2 B に比べて、両端側に配置された縦枠材 2 A に固定された面材 3 の支圧変形の方が大きい。そこで、ワッシャ 33 は、図 1 に示す縦枠材 2 A を面材 3 の谷部 7 に固定するねじ 8 にのみ挿入されていても良い。これにより、面材 3 におけるねじ 8 周囲の支圧変形を安定的に確保しつつ、全体的な製造コストを抑えることができる。

[0086] さらに、ワッシャ 33 の孔 33 a とねじ 8 の軸部 8 B との隙間（クリアランス）によるねじ 8 の傾きについて説明する。すなわち、図 14 A に示すように、ワッシャ 33 の孔 33 a とねじ 8 の軸部 8 B との間に隙間が形成されていることが好ましい。この構成によれば、この隙間を利用してねじ 8 が傾斜するため、面材 3 のねじ 8 周囲が支圧変形したときに、ねじ 8 の傾斜角度範囲が制限される。これにより、ねじ 8 が枠材 2 から抜け出すことを抑制することができる。

また、図 14 A に示すように、前記クリアランスが小さいと、面材 3 が僅かに変形しただけで、ねじ 8 とワッシャ 33 が一体化し、ワッシャ 33 の浮

き上がりが抑えられる。これにより、折板 3 の谷部 7 の局部座屈の折れ曲がり線が、図 1 4 A の黒点で示すように、ワッシャ 3 3 の外縁から発生する。これに対し、図 1 4 B に示すように、クリアランスが大きいと、ねじ 8 とワッシャ 3 3 は、折板 3 が大きく変形するまで、それぞれ独立して傾き、ワッシャ 3 3 の浮き上がりが抑制されない。これにより、折板 3 の谷部 7 の局部座屈の折れ曲がり線が、図 1 4 B の黒点で示すように、ねじ 8 の中心から発生する。つまり、折板 3 の谷部 7 の端（斜面の麓）までの距離を座屈長さとして、クリアランスが大きい場合には、折板 3 の谷部 7 の局部座屈が早期に起こりやすくなる。したがって、ワッシャ 3 3 の厚さ t_w に対するクリアランス（ワッシャ 3 3 の内径 d_w とねじ 8 の軸部 8 B の軸径 d_1 との差）、すなわち、ワッシャ 3 3 の内径寸法からねじ 8 の軸部 8 B の軸径寸法を差し引いた差をワッシャ 3 3 の厚さ寸法で除算した比である $(d_w - d_1) / t_w$ の値は、0.1 ~ 0.6 であることが望ましい。実際に、 $(d_w - d_1) / t_w$ の値が 0.13 のワッシャ 3 3 ($D_w = 18 \text{ mm}$, $d_w = 5.5 \text{ mm}$, $t_w = 2.0 \text{ mm}$) と 0.65 のワッシャ 3 3 ($D_w = 21 \text{ mm}$, $d_w = 4.5 \text{ mm}$, $t_w = 2.3 \text{ mm}$) とを用いて、図 1 5 A に示す装置によるねじ接合部 8 C の要素試験と、後述する図 2 2 に示す装置による壁パネル載荷試験とを行った。その結果、クリアランスが小さい方は、ワッシャ 3 3 の外周縁から折板 3 のしわが発生し、折板 3 の谷部 7 の局部座屈が抑制された。これに対し、クリアランスが大きい方は、ねじ孔から折板 3 のしわが発生し、折板 3 の谷部 7 の局部座屈が早期に発生した。

[0087] 図 1 5 A は、ねじ接合部の要素試験の状況を示す。同図に示す装置は、図 7 A で示した装置に対し、ねじと固定ボルトの位置を交換している。

[0088] 折板片 3 a として、形状および板厚が異なる 5 種類の折板の要素片を製作して、試験を行った。

[0089] 試験にあたって、折板片 3 a と、枠材片 2 a と、ねじ 8 の条件は、下記の通りである。

(i) 面材である折板片 3 a の断面形状は、図 1 6 に示す形状とし、0.5

5 mmのSGC400（降伏点373 N/mm²、引張強さ505 N/mm²、破断伸び32%）とした。

（i i） 枠材片2 aは、SGC400でかつ板厚が1.6 mmのものを使用した。ウェブ幅寸法は89 mmとし、フランジ幅は44.5 mmとした。

（i i i） 折板3と枠材片2 aとを1箇所で接合するねじ8としては、六角頭ねじでかつ呼び径が4.2 mmのものを使用した。そして、このねじ8を、折板3と枠材片2 aとに渡って、折板3の谷部7に六角頭が接触するまでねじ込んで接合した。

[0090] 折板片3 aの各試験体は、表2に示すような5種の鋼材を用いた。この試験で得られた荷重－変形関係を、図17 A及び図17 Bに示す。

[0091] [表2]

	ねじ抜け/ 面材支圧 耐力比	ワッシャ 外径		ワッシャ内径と ねじ軸径との クリアランス		最終変形量 δu (mm)	変形性能の 評価	枠材板厚 t_2 (mm)
		無	21mm	無	0.3mm			
鋼材E1	1.32	○		—	—	15以上	良	1.6
鋼材E2	3.16	○			○	9	不可	1.6x2
鋼材E3	3.16		○		○	12	良	1.6x2
鋼材E4	1.32		○		○	12	良	1.6
鋼材E5	1.32		○	○		6	不可	1.6

[0092] 図17 Aに示すように、鋼材E1の試験体は、面材である折板片3 aの支圧耐力に対するねじ8の抜け出し耐力の比が1.32であり、十分な変形性能を発揮している。これに対し、枠材片2 aを2枚重ねた鋼材E2の試験体は、面材である折板片3 aの支圧耐力に対するねじ8の抜け出し耐力の比が3.16と高くなり、変形性能が乏しかった。一方、鋼材E2の試験体に対し、ワッシャ外径21 mm、ワッシャ内径とねじ軸径とのクリアランスが0.3 mmの鋼材E3の試験体は、十分な変形性能を発揮した。この結果から、適切なワッシャを用いることにより、面材である折板片3 aの支圧耐力に対するねじ8の抜け出し耐力の比の上限は緩和できることがわかった。

図17 Bに示すように、ワッシャ内径とねじ軸径とのクリアランスが無い（ワッシャには小さな先孔しかあけず、ワッシャ自体をねじでねじ切りして

ねじと一体化した) 鋼材 E 5 の試験体については、クリアランスが 0.3 mm の鋼材 E 4 の試験体に較べて小さな変形でねじの軸部が破断し、変形性能が乏しかった。この結果より、変形性能を確保するには適度なクリアランスが必要で、実験ではワッシャ厚さに対するクリアランスは $0.15 (= 0.3 / 2.0)$ であったことから、ワッシャの内径寸法からねじの軸部の軸径寸法を差し引いた差をワッシャの厚さ寸法で除算した比の下限値を、0.1 とした。

[0093] 図 18 は、ワッシャの内径寸法からねじの軸部の軸径寸法を差し引いた差をワッシャの厚さ寸法で除算した比の上限値を設定した根拠となる壁耐力試験体を示す。図 19 は、図 22 の載荷試験装置を用いて得られた荷重－変形角関係を示す。なお、図 18 に示すように、耐力壁には、外周の左右両端辺のみにワッシャ付きねじを用いて、それ以外はワッシャ無しのねじを用いた。すなわち、上述したように、支圧変形が大きい面材 3 に縦枠材 2 A を固定するねじ 8 にのみワッシャ 33 を挿入した。鋼材 E 6 の試験体と鋼材 E 7 の試験体の面材は同一であり、0.55 mm の SGC 400 (降伏点 373 N/mm²、引張強さ 505 N/mm²、破断伸び 32%)、ワッシャの外径は 18 mm、ワッシャの厚みは 2.0 mm で、クリアランスのみを実験変数としており、鋼材 E 6 のクリアランスは 0.3 mm、E 7 のクリアランスは 1.3 mm とした。載荷の結果、2 体とも耐力はほぼ同一だが、クリアランスの大きな鋼材 E 7 の方の剛性が低く、変形角 $1 / 100 \text{ rad}$ の前で折板谷部のねじ周りに局所座屈 (皺) が発生し、耐力を失った。この実験から、鋼材 E 7 のワッシャ厚さに対するクリアランスは $0.65 (= 1.3 / 2.0)$ であったことから、ワッシャの内径寸法からねじの軸部の軸径寸法を差し引いた差をワッシャの厚さ寸法で除算した比の上限値を 0.6 とした。

[0094] ドリリングタッピングねじなどのねじ 8 により、折板 3 をその裏面側にある枠材 2 に固定する場合に、ドリリングタッピングねじなどのねじ 8 のねじ山ピッチ P が、枠材 2 におけるフランジ 5 の板厚寸法よりも超えていると、ねじ山が枠材に全周 360 度において引っ掛からない。これにより、図 20

に示すように、ねじ 8 が傾斜した場合に抵抗力を発揮できず、ねじ 8 が抜け出す恐れが高くなる。

[0095] したがって、ねじ接合部 8 C におけるねじ 8 のねじ山のピッチが枠材 2 の板厚寸法以下であると、ねじ接合部 8 C において、ねじ 8 が傾斜するような場合でも、ねじ山が枠材 2 に全周 360 度において引っ掛かり、枠材 2 からのねじ 8 の抜け出しを防止し、安定した耐力を発揮させることができる。

[0096] ドリリングタッピングねじで、呼び径が 4.8 mm、6.0 mm、8.0 mm のものが知られているが、そのねじ山ピッチは、呼び径が 4.8 mm のもので 1.6 mm、呼び径が 6.0 mm のもので 1.8 mm、呼び径が 8.0 mm のもので 2.0 mm、と呼び径とピッチは比例していない。そのため、枠材 2 のフランジ 5 の板厚の寸法よりも、小さいねじ山ピッチのねじ 8 を用いるようにするとよい。

[0097] 図 21 に示すように、先端 8 D が先鋭に形成されたねじ 8 を用いた場合、ねじ 8 の先端 8 D により円筒状に押し出し成形（バーリング）された部分の枠材 2 が、折れ曲がってねじ軸部 8 B に沿う。これにより、ねじ軸部 8 B に対する枠材 2 の掛り部が大きくなる（ねじ山の掛かり数が増える）。したがって、ねじ山のピッチが枠材 2 の板厚よりも大きくても、ねじ 8 の抜け出しを防止できるので、特に、枠材 2 の板厚が薄い場合には、先端 8 D が先鋭に形成されたねじを用いると有効である。

[0098] ねじ接合部におけるねじによる折板 3 の支圧変形について、3 種類の鋼材からなる折板を用いた壁パネルについて、図 22 に示すように、押し引き用の載荷試験による比較試験をおこなった。

[0099] 各壁パネル 1 は、その下部両側にそれぞれ接合したホールダウン金物 26 を介して下部側の加力治具 27 に接合した。壁パネル 1 の上部は、上部側の加力治具 28 に取り付けた載荷梁 29 に接合し、載荷梁に接合した加力ジャッキ 30 の押し引きにより載荷した。試験体の形状および折板の形状は図 18 と同様であるが、折板を枠材に接合したねじは、すべてワッシャ無しのねじである。載荷より得られた荷重－変形角関係を図 23 に示す。なお、図 2

3の変形角は、図22中にある2つの変位計32より算出した壁パネル1の傾きである。

[0100] 鋼材強度および降伏比Y Rの大小により、耐力壁としての壁パネル1の影響について、試験を行った結果、下記表3の結果を得た。なお、下記表3における鋼材A、Bは、前記の表1に示した鋼材と同じである。また、表3中の終局変形角R_uは最大耐力の80%まで低下した耐力時の変形角である。

[0101] [表3]

	板厚 t1 (mm)	降伏点 Y. P (N/mm ²)	引張強さ T. S (N/mm ²)	降伏比 Y. R (%)	終局変形角 R _u ($\times 10^{-3}$ rad)
鋼材A	0.58	316	412	76.7	47.2
鋼材B	0.60	807	844	95.6	51.3
鋼材C	0.60	390	529	73.7	34.4

[0102] 鋼材A、Bを用いた壁パネル1の終局変形角R_uは、鋼材Cを用いた壁パネル1の終局変形角R_uの1.3倍以上と大きかった。

[0103] 図24Aに、ねじ8の軸部8Bから低Y Rの面材3に支圧力が作用しているときの、枠材2と面材3との構面内においてずらす方向の力が働いている場合の力の作用および変形の状態を示す。亀裂進展方向は、ねじ8を中心として広がる方向となる。この状態から枠材2と面材3とがずれると、図24Bに示すように、亀裂進展方向と反対の方向に破断線12が全体的に広がり、長孔10が形成される。また、面材3が塑性変形し、亀裂進展方向にしわ13が発生する。

一方、高Y Rの面材3に支圧力が作用した場合、図24Cに示すように、亀裂進展方向は直進する。この状態から枠材2と面材3とがずれると、図24Dに示すように、亀裂進展方向と反対の方向に破断線11が直進的に広がる。このとき、低Y Rの面材3を用いた場合に比べて、高Y Rの面材3を用いた方が、形成される長孔10が小さい。

すなわち、前記のような高降伏比鋼（高Y R鋼）の面材と、低降伏比鋼（低Y R鋼）の面材との試験結果から、図24C及び図24Dに示すように、降伏比の高い鋼材の折板のほうが、ねじ孔周辺の鋼材の塑性化領域の広がりを抑え、安定した支圧変形を確保できる可能性がある。

[0104] この結果より、面材として折板3の鋼材の降伏比Y Rを高め、例えば、降伏比Y Rを77%以上（鋼材の降伏比を少なくとも77%）にすることで、ねじ軸部によりねじ軸周りの面材が塑性化する場合に、ねじ孔周りの塑性化領域を抑えることができる。これにより、ねじの頭部が抜けなくて、ねじ孔周辺が塑性化しても、幅の狭いねじ孔を形成することができ、耐力を安定させることができる。

[0105] 前記面材としての折板3として、鋼板を用いた場合の降伏比の影響について、図25Aに示すモデルより検討する。

[0106] 図25Bより、ねじの軸部に接した部分の面材（折板3の谷部7）が耐力を負担できる範囲を角度 θ とし、最大耐力時に形成される降伏領域の幅をBと仮定すると、下式（14a）、（14b）が成り立つ。

$$d_1 / 2 \cdot \theta \cdot F_{u1} = B \cdot F_1 \quad \cdots (14a)$$

$$B = d_1 / 2 \cdot \theta \cdot F_{u1} / F_1 \quad \cdots (14b)$$

[0107] ねじ8の軸部8Bがねじ孔9から抜け出さないようにするには、降伏領域の幅Bをねじの直径以下とすればよいので、下式（14c）～（14g）を満たす必要がある。

$$d_1 > B \quad \cdots (14c)$$

$$d_1 > B = d_1 / 2 \cdot \theta \cdot F_{u1} / F_1 \quad \cdots (14d)$$

$$\theta / 2 < F_1 / F_{u1} \quad \cdots (14e)$$

ここで、 $\theta = 90^\circ$ とすると

$$\pi / 4 < F_1 / F_{u1} \quad \cdots (14f)$$

$$0.785 < F_1 / F_{u1} \quad \cdots (14g)$$

[0108] 式（14e）により数値計算解析した結果、折板の降伏比（ F_1 / F_{u1} ）は79%以上であることが望ましい。ただし、実験では77%未満の鋼材Aで

も壁パネルの変形性能はあった。これは、ねじ 8 に接した部分の面材が均一に応力を負担していると仮定していること、および面材が耐力を負担できる範囲の角度 θ を 90° と仮定していること等によるものと考えられる。よって、実験値を踏まえ、降伏比は 77% 以上とするとよいことが分かる。77% 未満の降伏比の折板 3 では、塑性化領域が広くなり孔幅が広がるため、ねじ（特に、ねじの頭部）が面材に潜り込み易くなる。したがって、折板 3 の降伏比は 77% 以上とするとよいことが分かる。また、上限は特にないが、実験値で確認しているのは 96% までなので、96% 程度が望ましい。

[0109] したがって、降伏比が高い面材としての折板（例えば、降伏比が 77%～96%）3 を用いると、ねじ接合部 8 C におけるねじ 8 により支圧される折板 3 の谷部の鋼板が塑性化されて変形する時に、塑性化領域がねじ孔径程度になる。すなわち、ねじ孔の孔幅が広がらないため、変形しても耐力が安定化し、変形しても耐力が安定した壁パネルとすることができる。

[0110] また、前記のような試験から、ねじ接合部 8 C でのねじ 8 の軸部 8 B による折板 3 の支圧変形（塑性化）、換言すると、ねじ孔の長孔化を安定的に形成できることを確保するためには、塑性化させる部分以外でその近傍部分の剛性を高めて、塑性化させる部分を限定させ、かつ、ねじ 8 の周囲に図 2 4 B に示すしわ 1 3 の発生を防止する方法が有効であると考えられる。この形態について、図 2 6 A～図 2 6 C 及び図 2 7 A～図 2 7 D を参照して説明する。

[0111] まず、図 2 6 A～図 2 6 C に示す形態では、ねじ 8 の周囲で、折板 3 の、ねじ 8 の軸部 8 B が挿通されるねじ孔を中心として、谷部 7 の延在方向（折板 3 の折り筋方向に）に沿ったねじ接合部 8 C の両側に、谷部 7 の延在方向に直交する方向に延びるリブ 2 4 を設ける。これにより、折板 3 が塑性化する方向に対して直交する方向の面材に、しわ 1 3 が発生するなどの局部座屈を防止することができる。また、耐力壁における所定の方に面材を塑性化させることができるようになる。

[0112] また、前記のリブ 2 4 を形成する手段としては、折板 3 のプレス成形時に

同時に形成するようにしてもよく、折板 3 をロール加工した後、リブ 2 4 部分のみをプレス加工により形成するようにしてもよい。リブ 2 4 の加工長さとして、ねじ孔の直径以上で、山部 6 近傍付近まで形成してもよい。リブ 2 4 は、塑性化時に、しわが発生すると想定される片側あるいは両側に設ける。

[0113] 図 2 7 A ~ 図 2 7 D に示す形態では、折板 3 の、ねじ 8 の軸部 8 B が挿通されるねじ孔 3 1 を中心とし、谷部 7 の延在方向に直交する方向に沿った両側に、谷部 7 の板厚よりも板厚寸法を小さくした薄板部分（薄肉部）2 5 を形成する。これにより、薄板部分 2 5 の強度が低下し、低強度部となる。その結果、ねじ 8 により折板 3 のねじ 8 周囲を塑性化させる場合に、薄板部分 2 5 が塑性化する。このように、塑性化させる範囲を特定の場所に限定することにより、折板 3 にしわが発生するのを抑えることができ、耐力壁 1 の耐力が安定化させる効果が得られる。図示の形態では、ねじ孔 3 1 に接続するように薄板部分 2 5 を形成する手段としては、折板 3 のプレス成形と同時に形成するようにしてもよい。例えば、折板 3 をロール加工した後、薄板部分 2 5 のみを加工して形成するようにしてもよい。加工方法としてはプレス加工や切削加工等が適していると考えられる。薄板部分 2 5 の加工幅は、ねじ孔 3 1 の直径の程度で、長さは山部 6 近傍付近まで形成してもよい。

[0114] 薄板部分 2 5 は、谷部 7 の表面側に切削等により凹部を設けることにより形成するようにしてもよい。また、谷部 7 の裏面側に切削等により凹部を設けることにより形成するようにしてもよい。さらに、谷部 7 の表裏両面に凹部を切削等により設けることにより形成するようにしてもよい。薄板部分 2 5 が谷部 7 の表面側に形成された凹部であると、ねじのねじ込み時に凹部を、ねじ 8 のねじ込み時の位置決め用にご利用することができる。

[0115] ねじ 8 の軸部 8 B により支圧変形させて塑性化させる部分を薄板部分 2 5 として、強度を低下させるようにしてもよく、板厚を変えずに、熱処理あるいは薬品処理により材質強度を低下させて、低強度部を形成するようにしてもよい。

[0116] すなわち、折板 3 の、ねじ 8 の軸部 8 B が挿通されるねじ孔 3 1 を中心とし（折板 3 の谷部 7 のねじ孔 3 1 付近）、谷部 7 の延在方向に直交する方向に沿った両側に、谷部 7 の強度よりも強度を低下させた強度低下部を設けても良い。この構成によれば、ねじ 8 により折板 3 のねじ 8 周囲を塑性化させる場合に、強度低下部が塑性化する。このように、塑性化させる範囲を特定の場所に限定することにより、折板 3 が大きく変形したときも、壁パネル 1 の耐力を安定させることができる。また、ねじ孔 3 1 の位置は、図 2 7 C 及び図 2 7 D に示すように、薄板部分 2 5 に設けておくことが好ましい。

[0117] 上述した前記のスチールハウスは、普通、板厚 0.4 mm 以上、2.3 mm 未満の薄板軽量形鋼による枠材に構造用面材を組み合わせる構成される鉄鋼系パネル構造の建物と定義される。

[0118] なお、折板 3 または枠材 2 として、高降伏点（高 Y P）鋼を使用すると、軽量化を図ることができる。前記のように、高降伏比（高 Y R）の鋼材を折板 3 に使用すると、ねじ接合部 8 C における支圧変形時に、載荷される荷重に対して耐力が安定し、急激な耐力低下あるいは急激な耐力上昇が起こらない。その結果、耐力壁としての壁パネル 1 は、ねじ接合部で安定した耐力を発揮することができる。また、低破断伸び（低 E L）である鋼材による折板 3 であると、急激な耐力低下を伴うことなく細長いねじ孔が形成されるので、壁パネル 1 の変形性能を確保しやすくなる。

産業上の利用可能性

[0119] 本発明は、例えば薄板軽量形鋼造建築物等の建築物を構成する薄板軽量形鋼造用の壁パネルに適用できる。

符号の説明

- [0120] 1 壁パネル
2 枠材
2 a 枠材片
3 折板（面材）
3 a 折板片

- 4 ウェブ
- 5 フランジ
- 6 山部
- 7 谷部
- 8 ねじ
- 8 A 頭部
- 8 B ねじ軸部
- 8 C ねじ接合部
- 8 D 先端
- 9 ねじ孔
- 10 長孔
- 11 破断線
- 12 破断線
- 13 しわ
- 14 載荷試験装置
- 15 アーム
- 16 第1加力治具
- 17 第2加力治具
- 18 座金
- 19 ボルト
- 20 厚板連結鋼板
- 21 塑性化部
- 22 屈曲部
- 23 亀裂
- 24 リブ
- 25 薄板部分
- 26 ホールダウン金物
- 27 下部側の加力治具

２８ 上部側の加力治具

２９ 載荷梁

３０ 加力ジャッキ

３１ ねじ孔

３２ 変位計

３３ ワッシャ

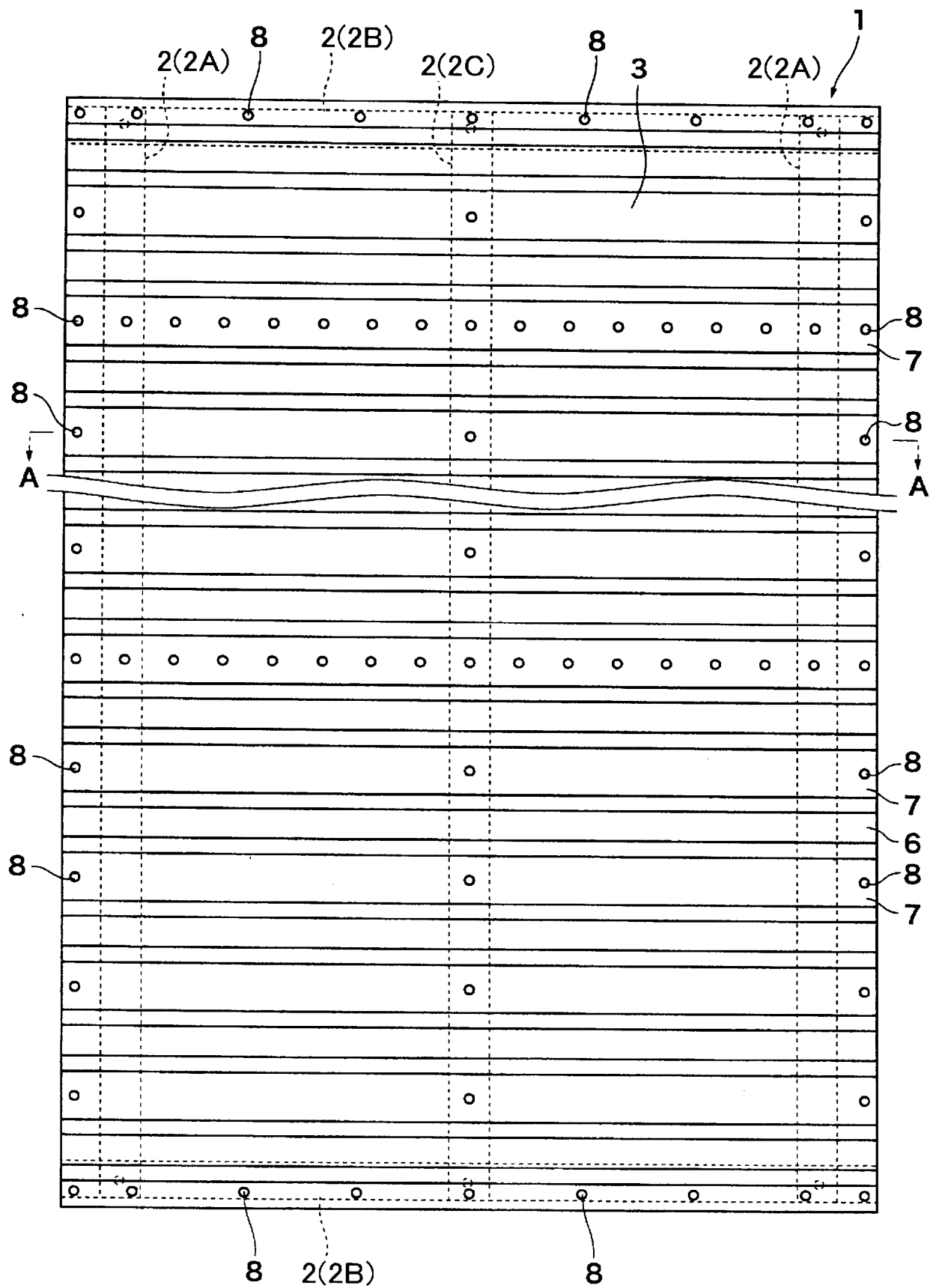
３３ a 孔

請求の範囲

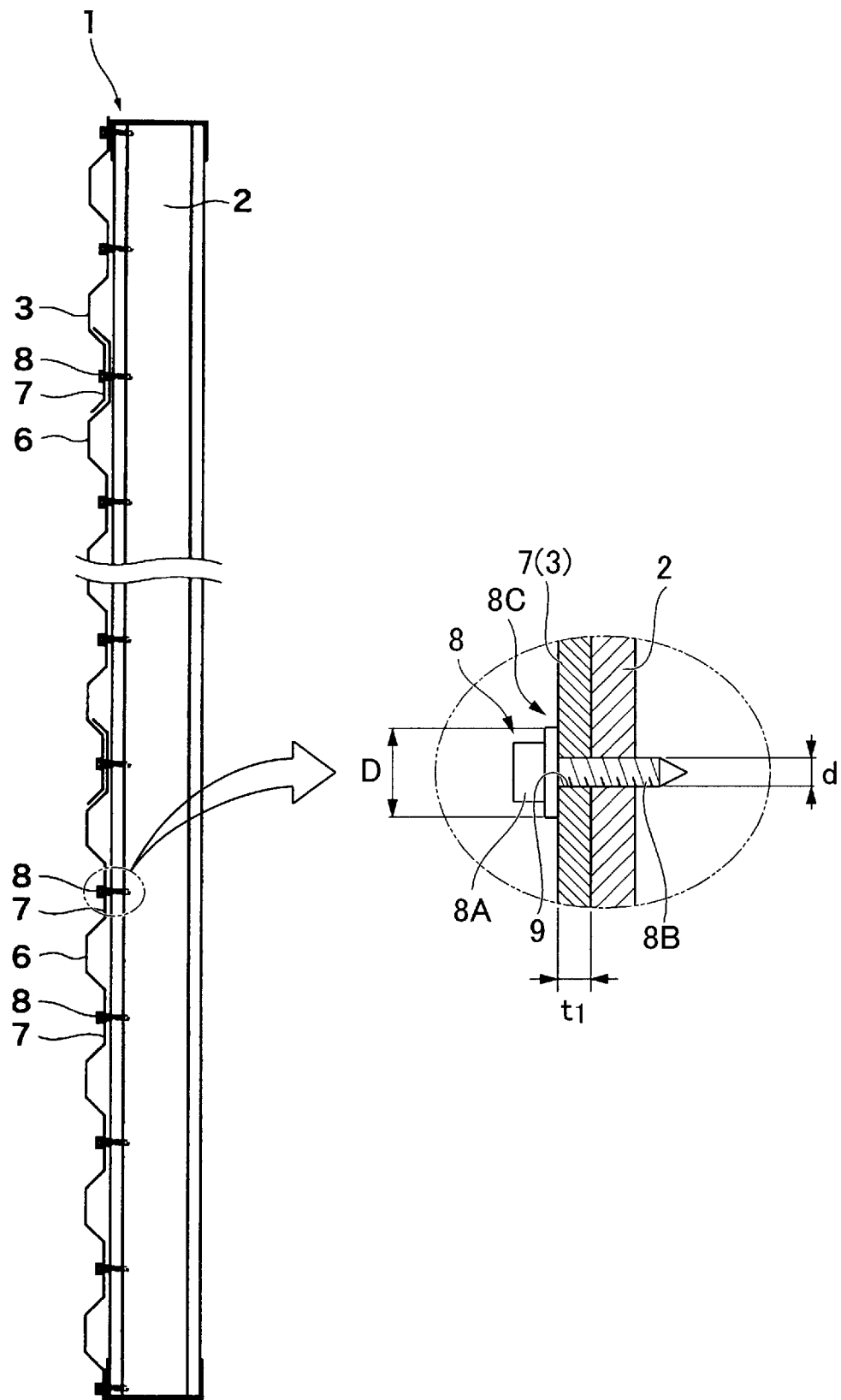
- [請求項1] 互いに間隔をおいて対向配置された一対の枠材と；
これら枠材に固定され、一方から他方に向かって山部及び谷部が交互に形成された薄鋼板の折板である面材と；
この面材の前記谷部を前記各枠材に対して固定するねじと；
を備え、前記各枠材に対して構面内せん断力が作用した場合に、前記面材の、前記ねじの周囲部分が支圧変形して抵抗する耐力壁用の壁パネルであって、
前記面材の支圧耐力に対する前記ねじの抜け出し耐力の比が、前記面材の支圧変形時に、前記ねじの軸部が傾斜する所定値に設定されている
ことを特徴とする壁パネル。
- [請求項2] 前記所定値が0.7以上であることを特徴とする請求項1に記載の壁パネル。
- [請求項3] 前記所定値が1.6以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の壁パネル。
- [請求項4] 前記ねじが挿入されるワッシャをさらに備え、
このワッシャの外径寸法を前記ねじの前記軸部の軸径寸法で除算した比が、3.0以上であることを特徴とする請求項1または2に記載の壁パネル。
- [請求項5] 前記所定値が4.0以下であることを特徴とする請求項4に記載の壁パネル。
- [請求項6] 前記枠材が、前記谷部の延在方向に配置された第1の枠材と、前記谷部の延在方向に直交する方向に配置された第2の枠材とを備え、
前記第1の枠材と前記第2の枠材とにより四角枠を形成し、
前記面材の前記谷部に前記第1の枠材を固定する前記ねじにのみ前記ワッシャが挿入されていることを特徴とする請求項4に記載の壁パネル。

- [請求項7] 前記ワッシャの孔と前記ねじの前記軸部との間に隙間が形成されていることを特徴とする請求項4に記載の壁パネル。
- [請求項8] 前記ワッシャの内径寸法から前記ねじの前記軸部の軸径寸法を差し引いた差を前記ワッシャの厚さ寸法で除算した比が、 $0.1 \sim 0.6$ であることを特徴とする請求項4に記載の壁パネル。
- [請求項9] 前記面材の破断伸びが 1% 以上かつ 16% 未満であることを特徴とする請求項1に記載の壁パネル。
- [請求項10] 前記ねじのねじ山のピッチが、前記各枠材の板厚寸法以下であることを特徴とする請求項1に記載の壁パネル。
- [請求項11] 前記面材の降伏比が $77\% \sim 96\%$ であることを特徴とする請求項1に記載の壁パネル。
- [請求項12] 前記面材の、前記ねじの前記軸部が挿通されるねじ孔を中心として、前記谷部の延在方向に沿った少なくとも片側に、前記谷部の前記延在方向に直交するリブがさらに設けられていることを特徴とする請求項1に記載の壁パネル。
- [請求項13] 前記面材の、前記ねじの前記軸部が挿通されるねじ孔を中心として、前記谷部の延在方向に直交する方向に沿った両側に、部分的に板厚が薄い薄肉部が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の壁パネル。
- [請求項14] 前記面材の、前記ねじの前記軸部が挿通されるねじ孔を中心として、前記谷部の延在方向に直交する方向に沿った両側に、部分的に機械的強度が周囲よりも低い低強度部が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の壁パネル。

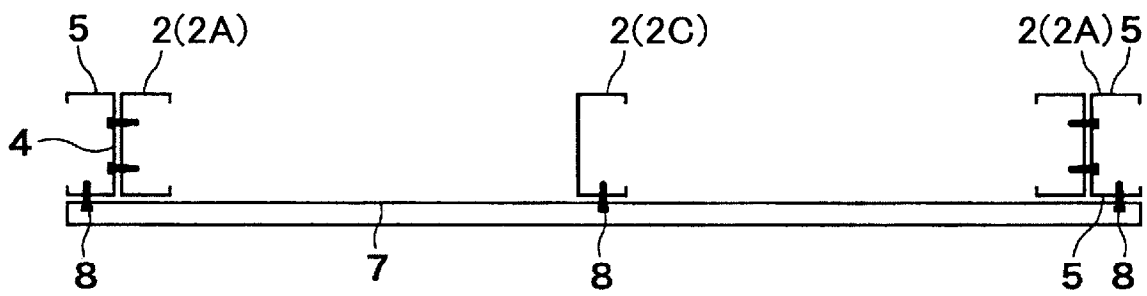
[図1]



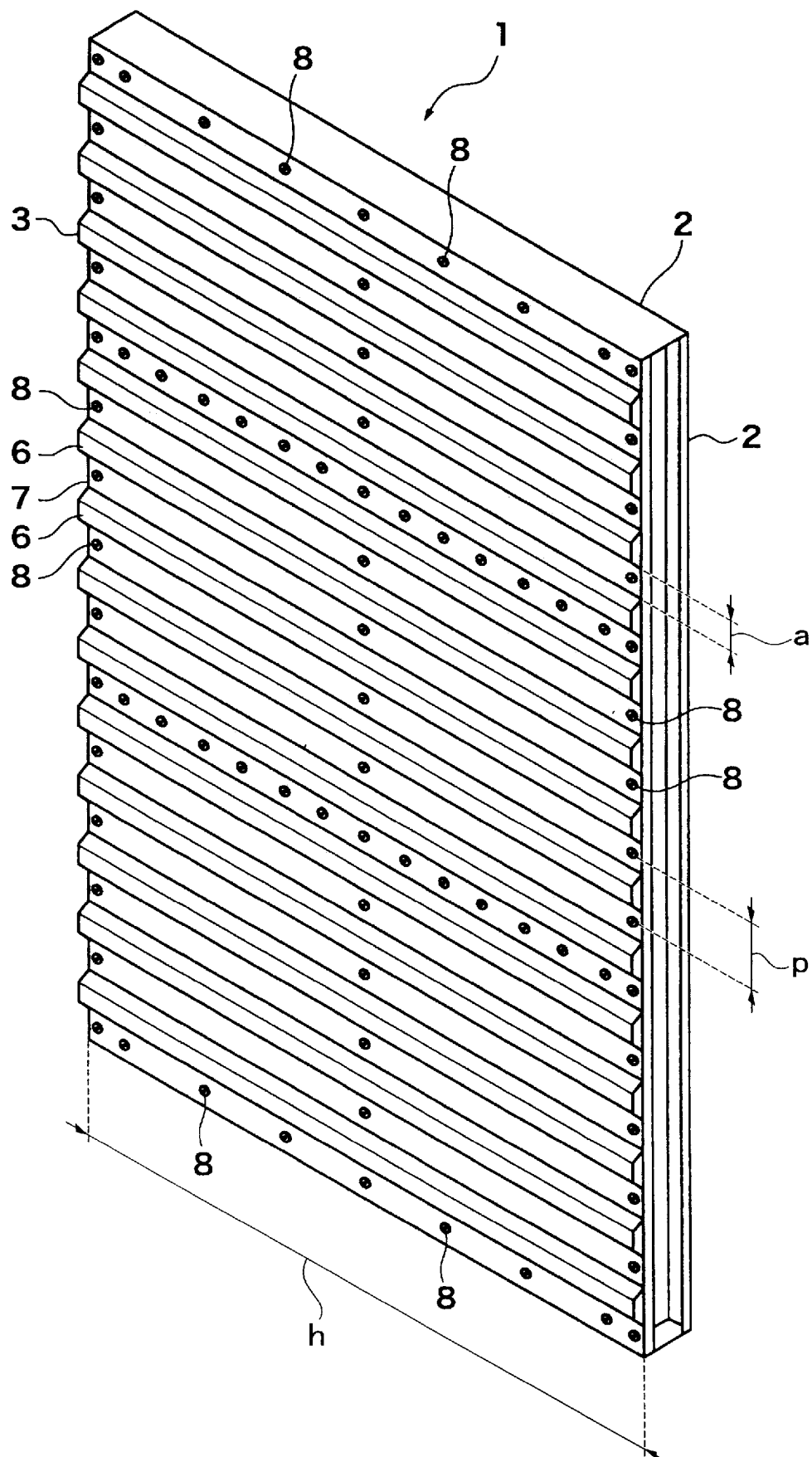
[図2]



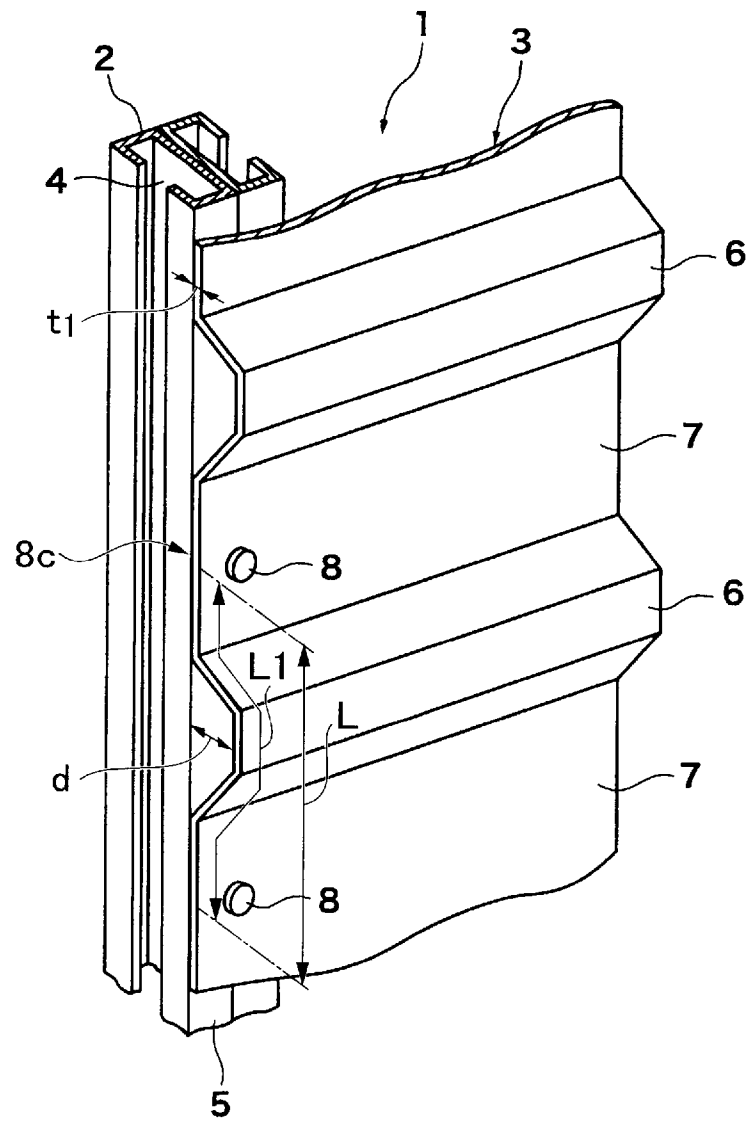
[図3]



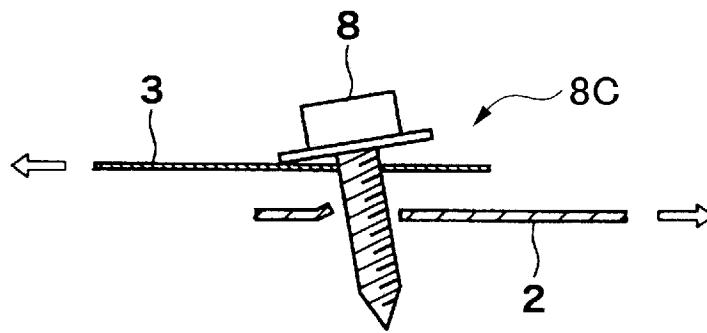
[図4]



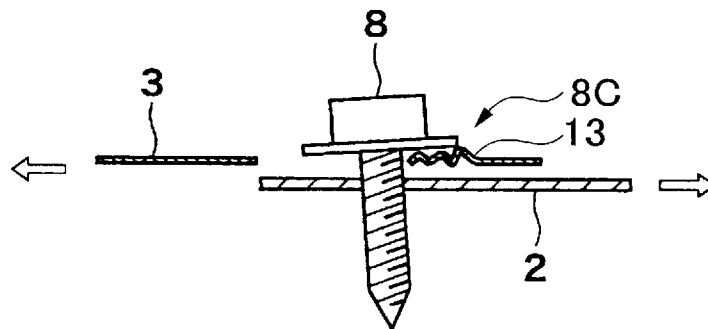
[図5]



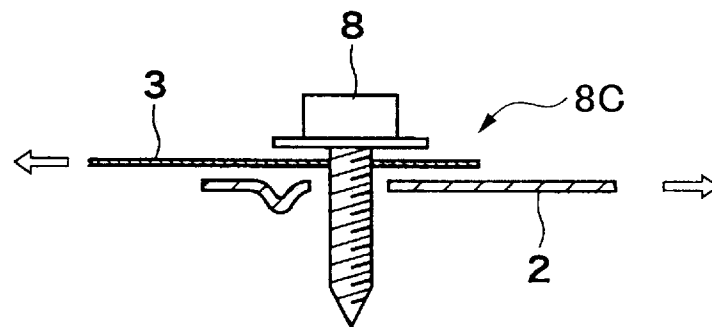
[図6A]



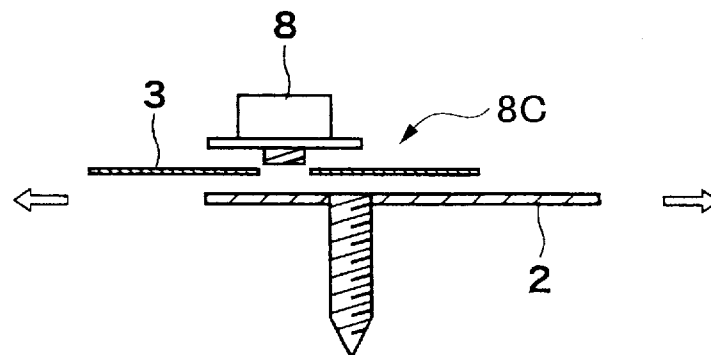
[図6B]



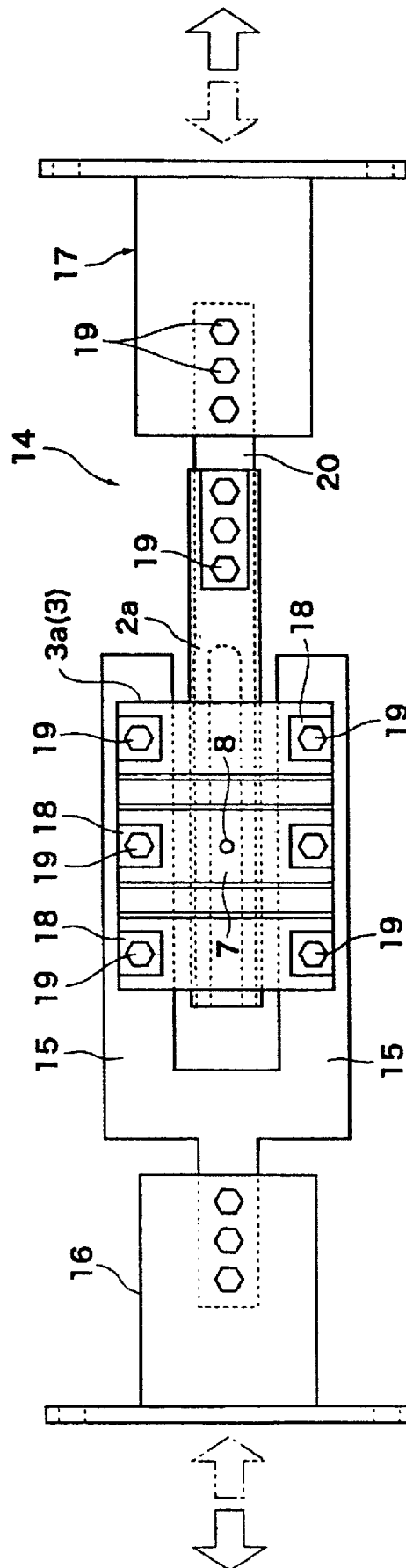
[図6C]



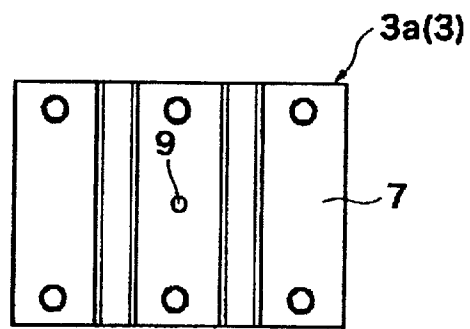
[図6D]



[図7A]



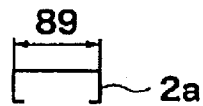
[図7B]



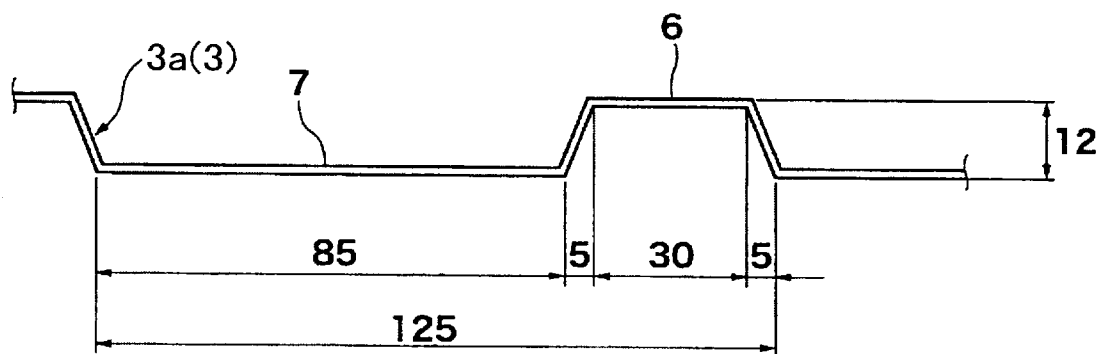
[図7C]



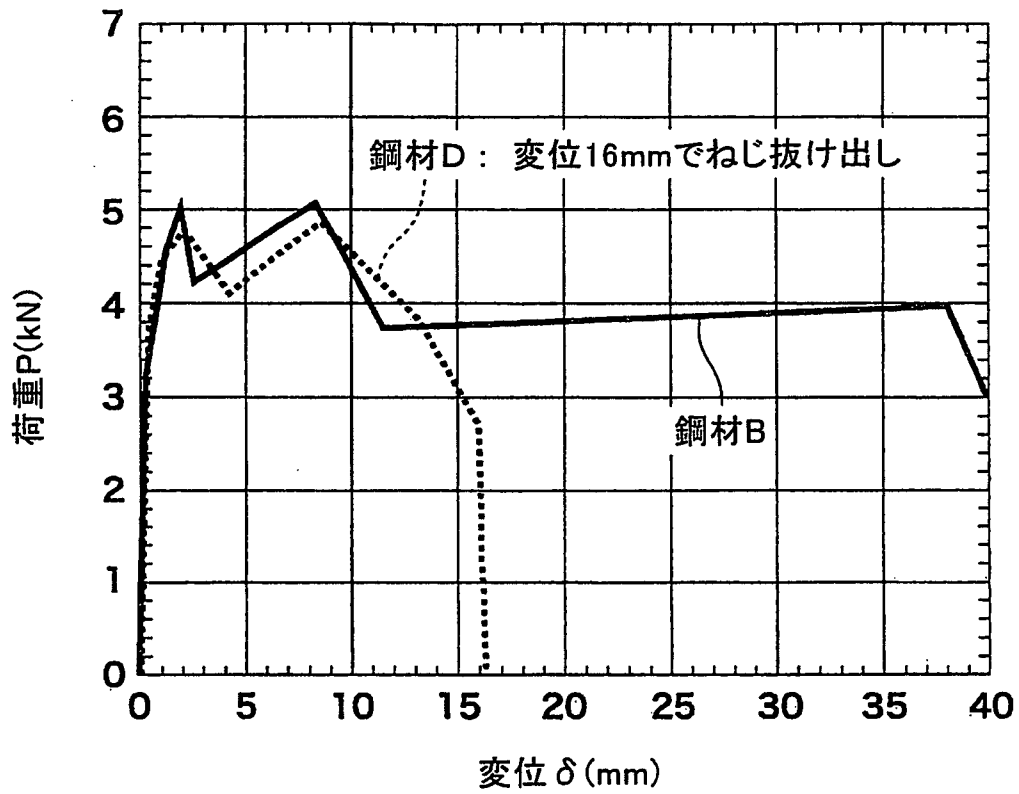
[図7D]



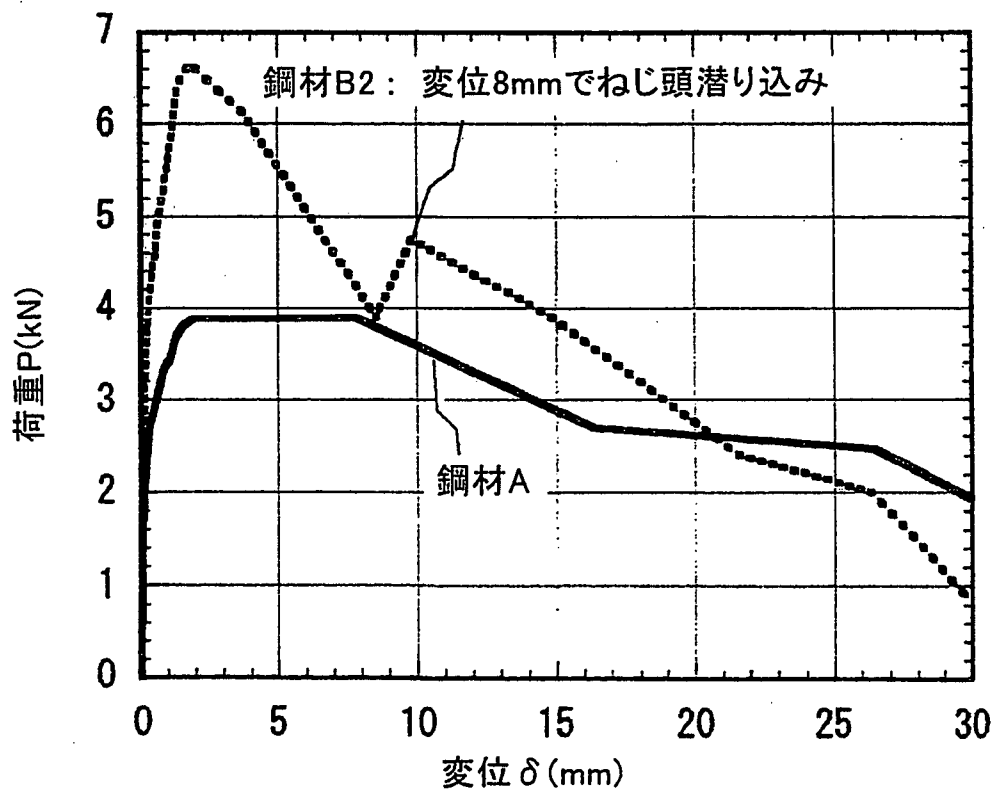
[図8]



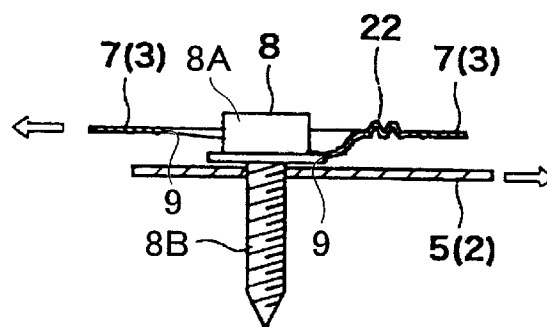
[図9A]



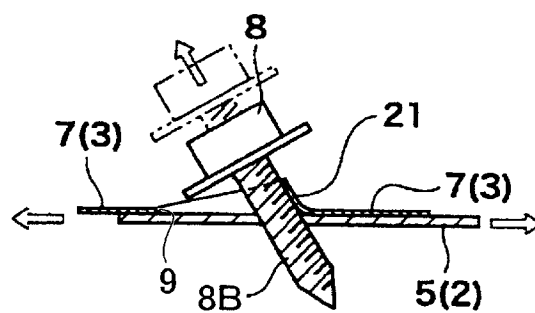
[図9B]



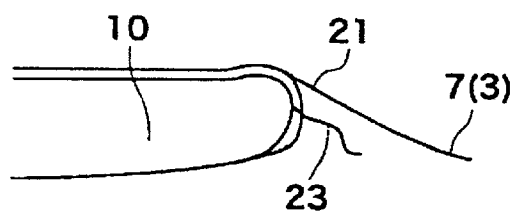
[図10A]



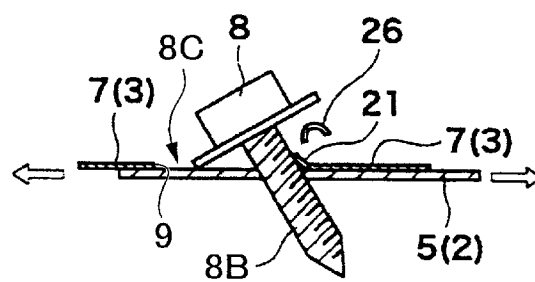
[図10B]



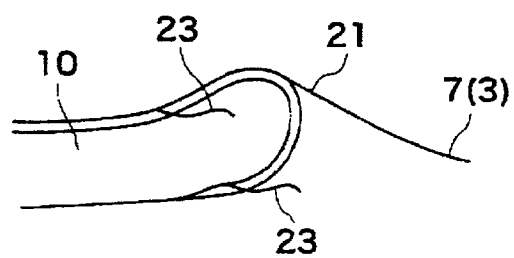
[図10C]



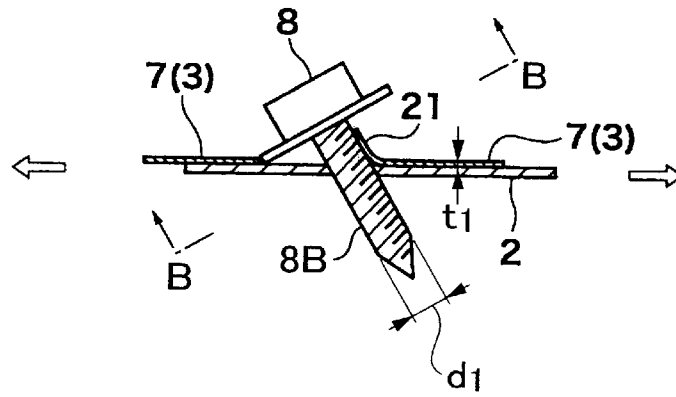
[図10D]



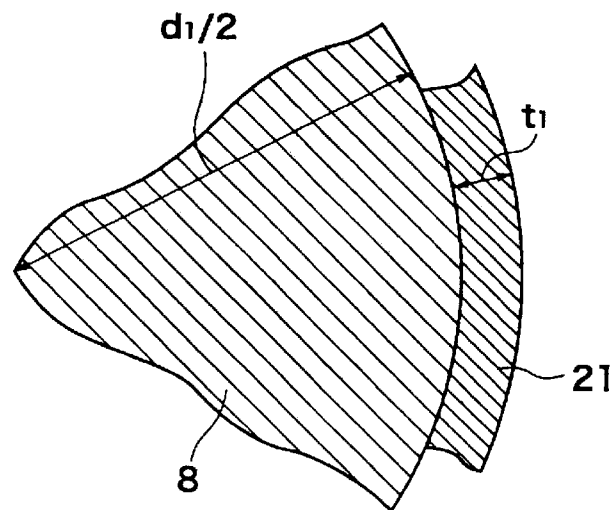
[図10E]



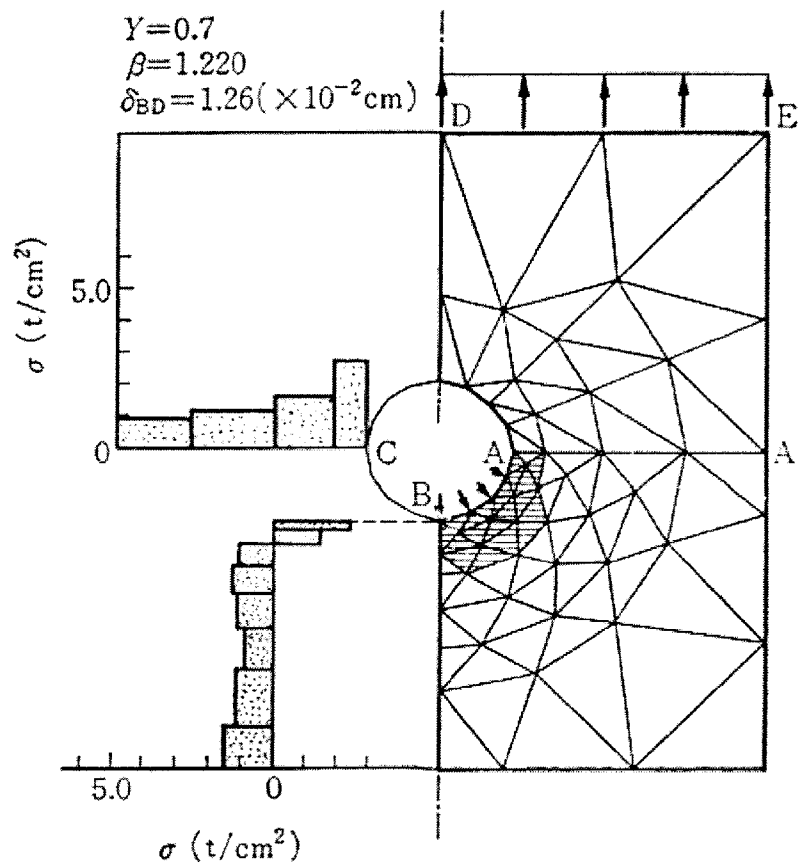
[図11A]



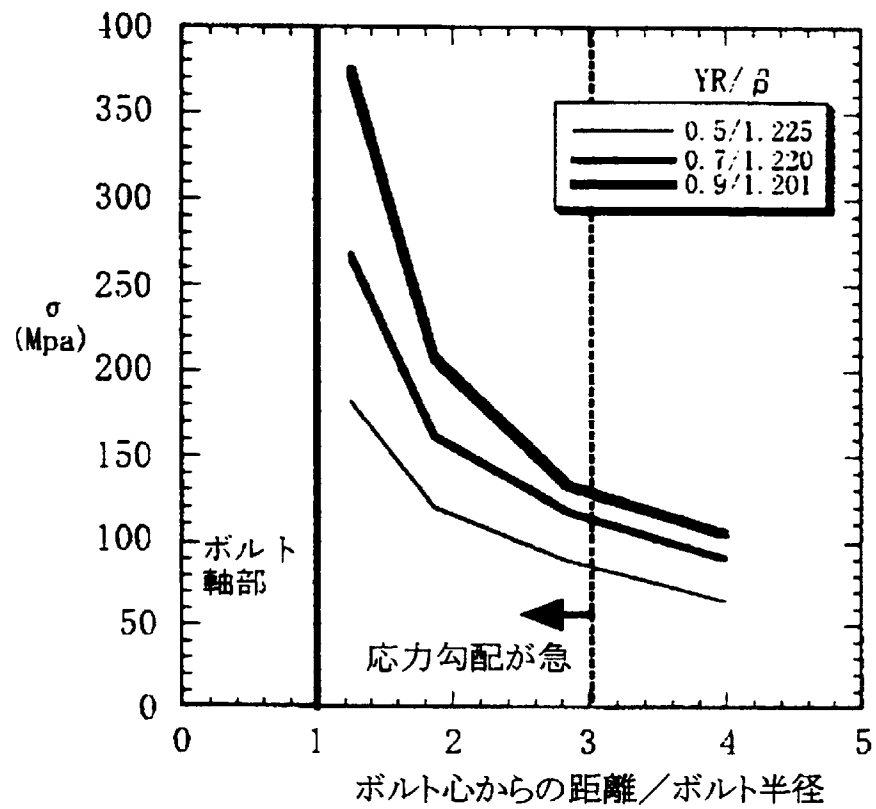
[図11B]



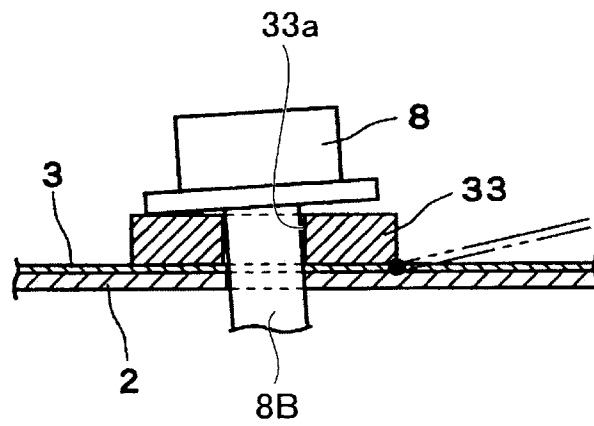
[図12]



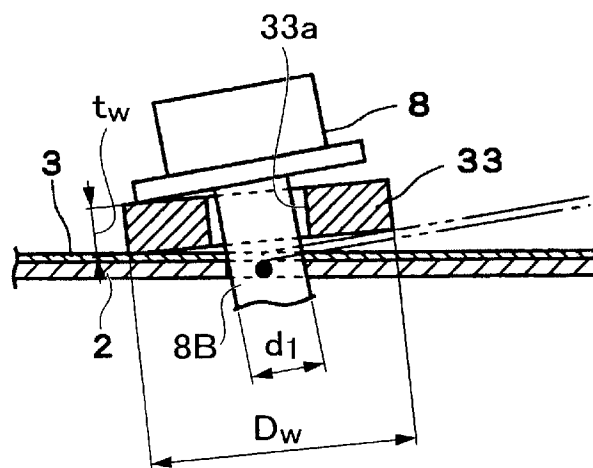
[図13]



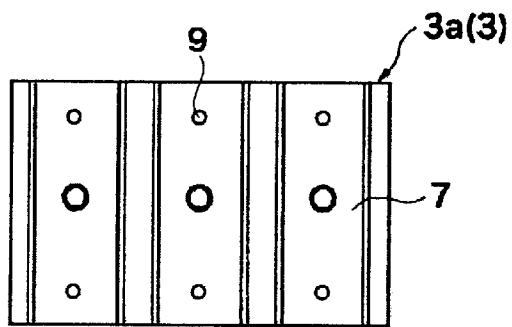
[図14A]



[図14B]



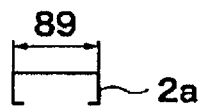
[図15B]



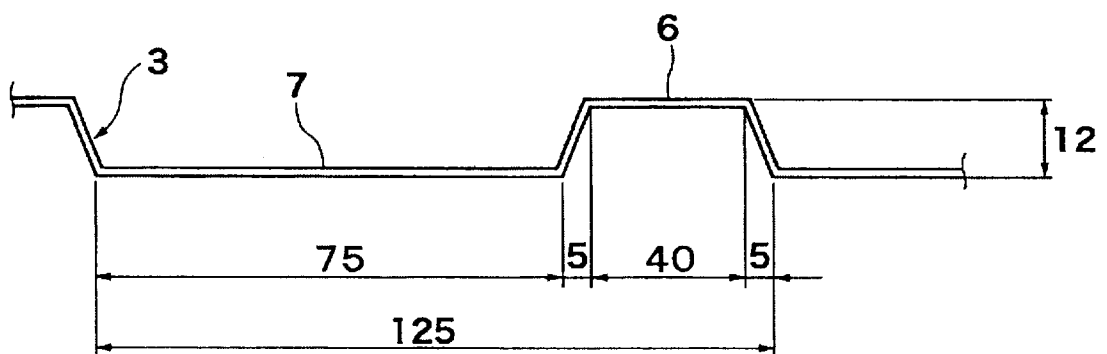
[図15C]



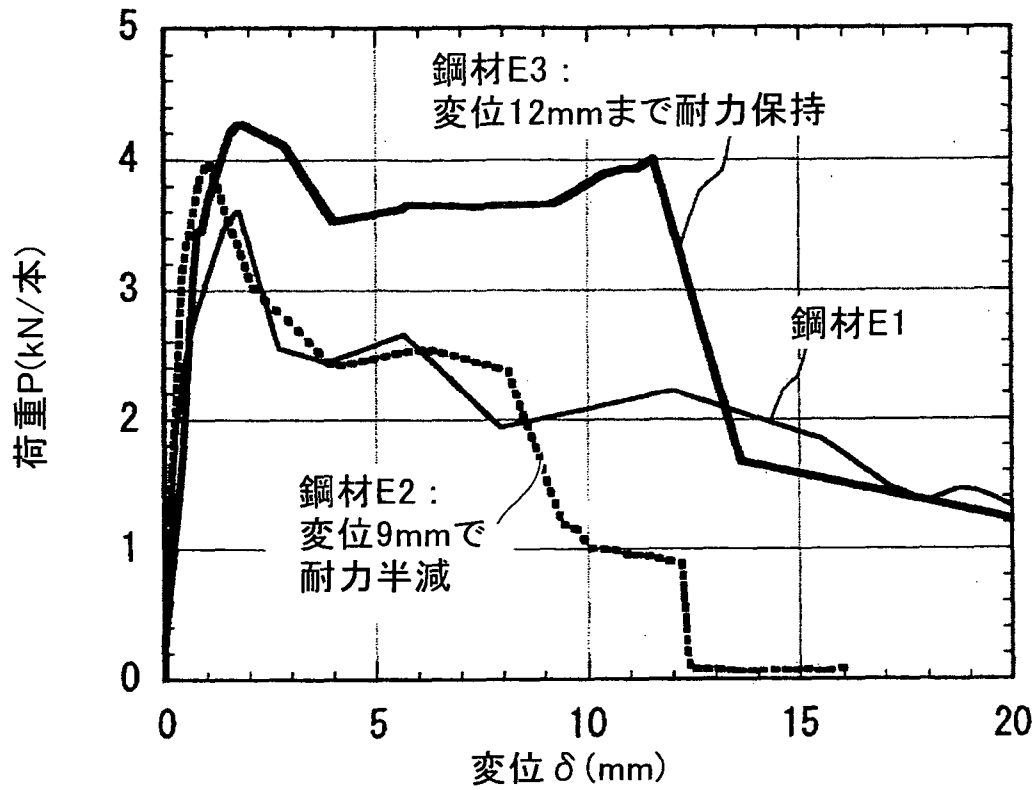
[図15D]



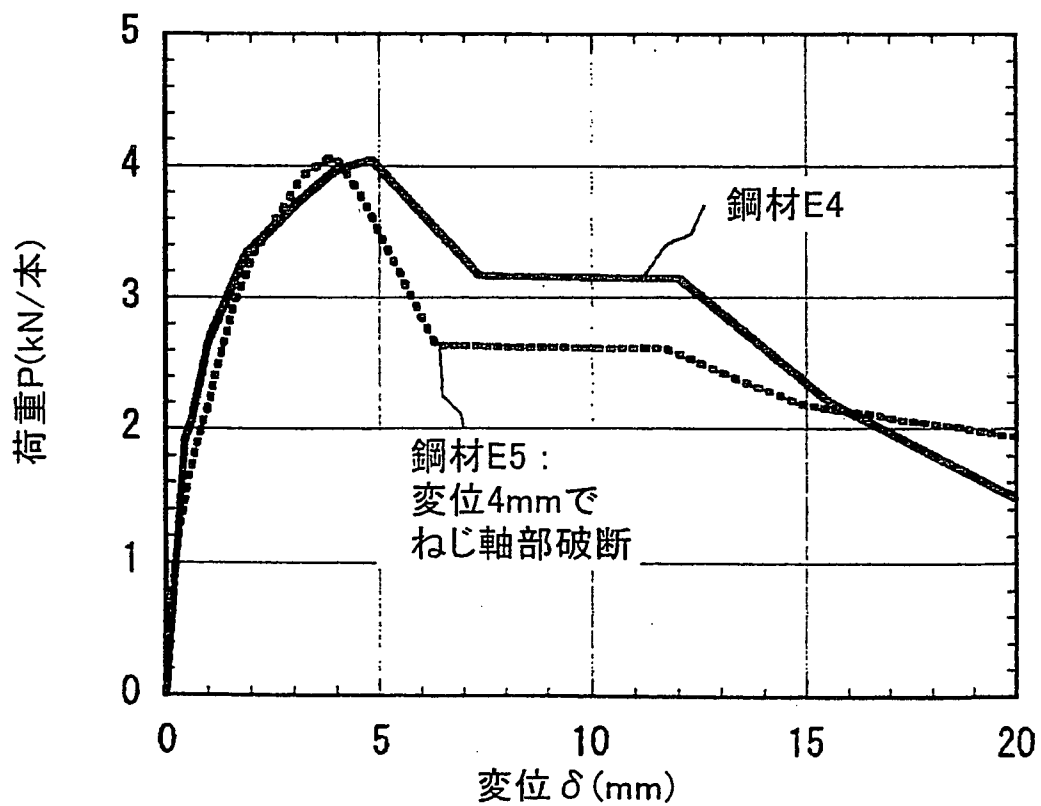
[図16]



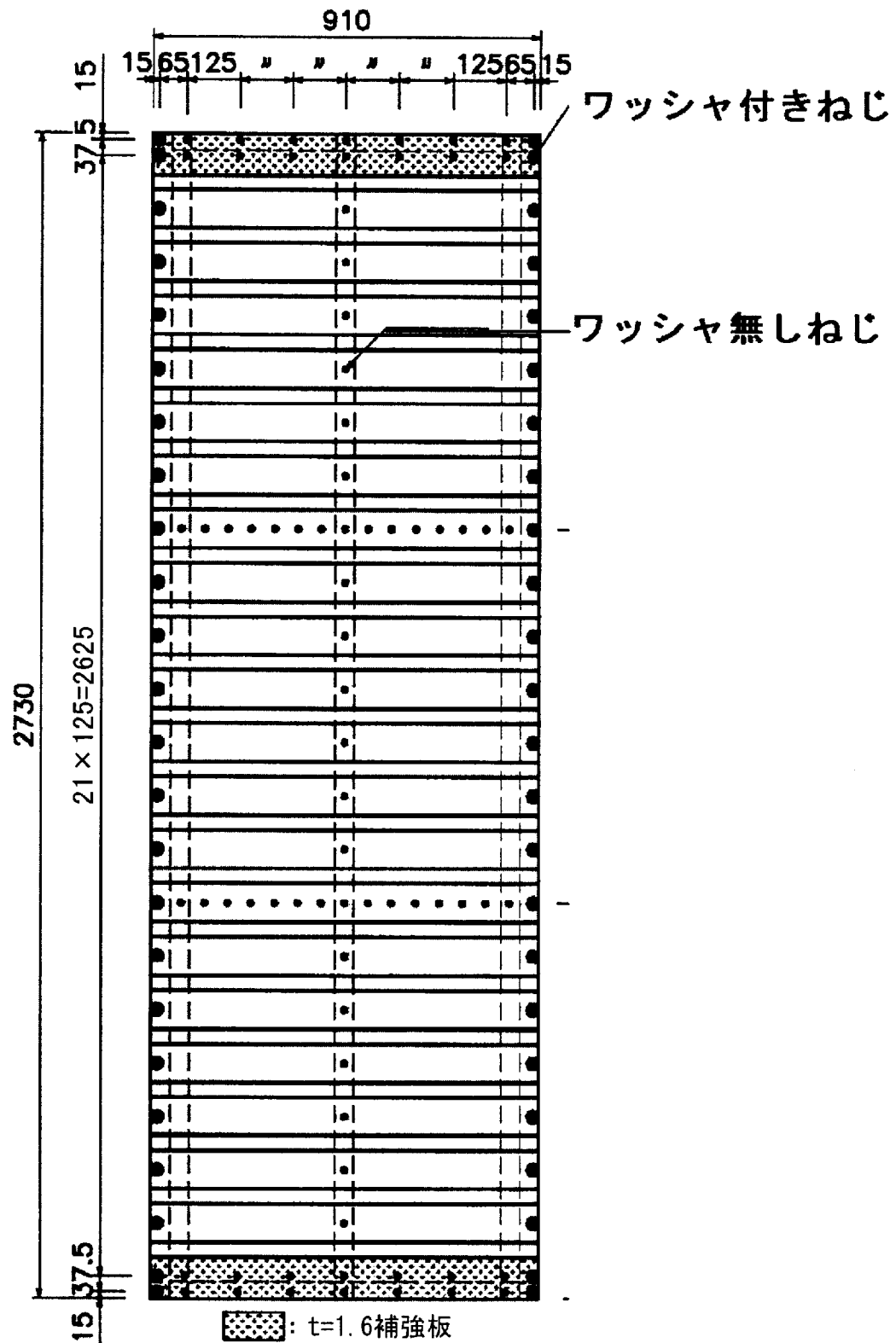
[図17A]



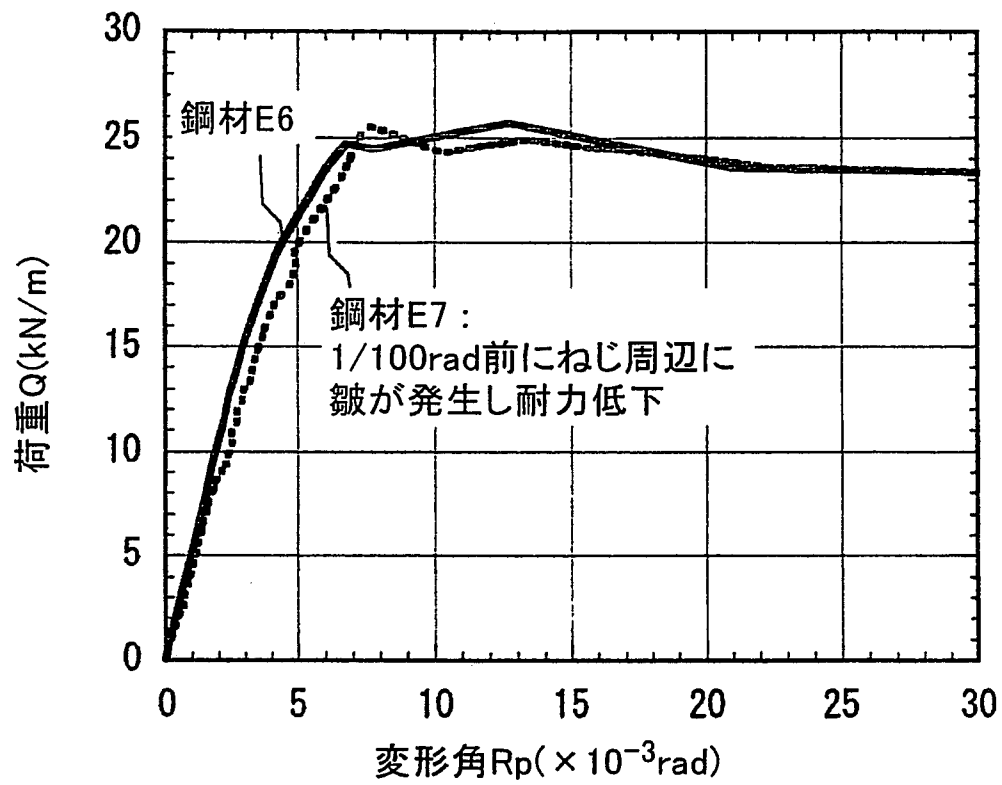
[図17B]



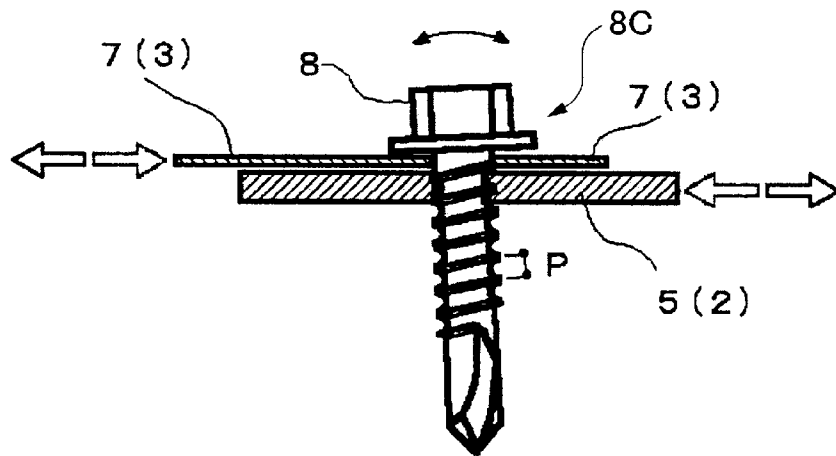
[図18]



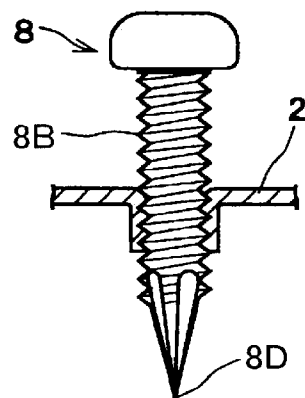
[図19]



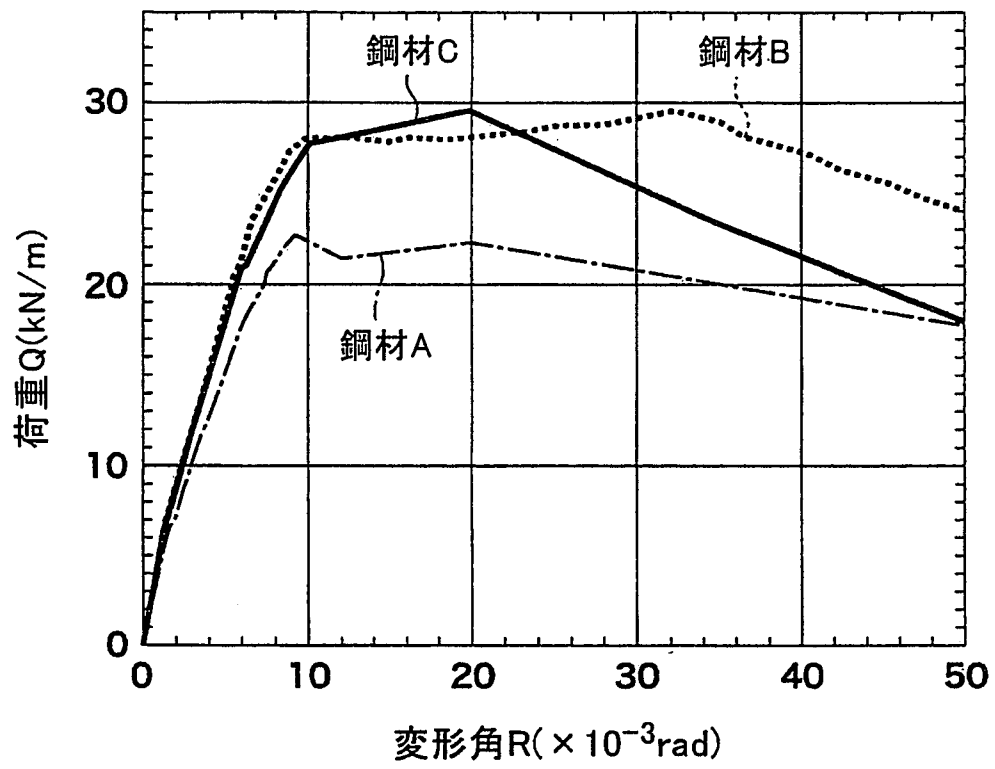
[図20]



[図21]

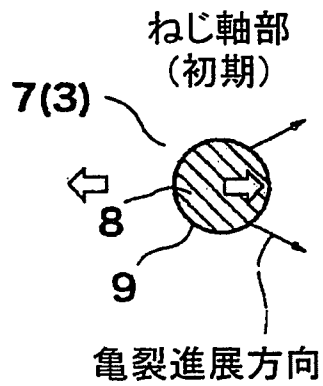


[図23]

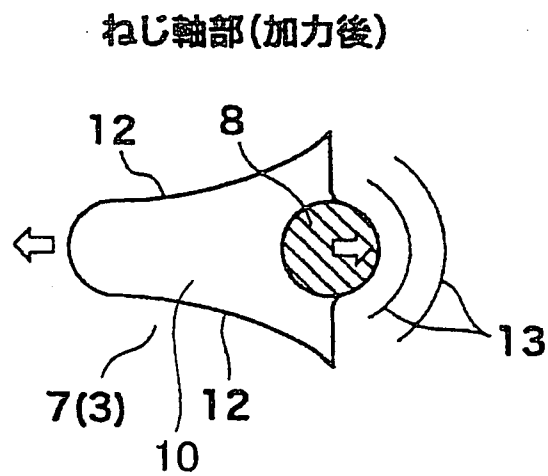


[図24A]

面材(折板)が低YRの場合

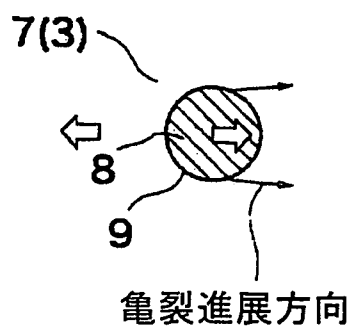


[図24B]

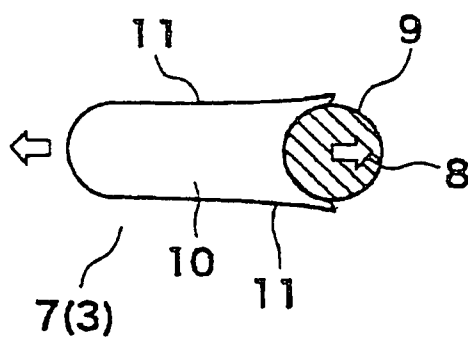


[図24C]

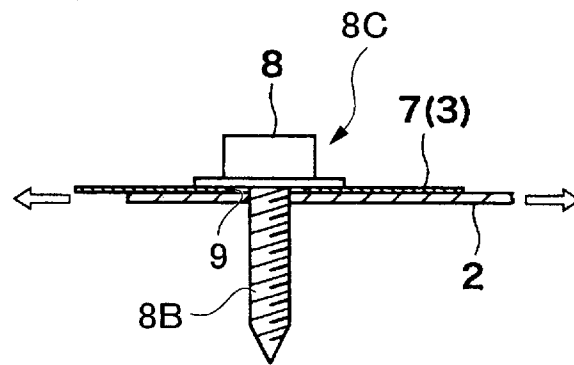
面材(折板)が高YRの場合



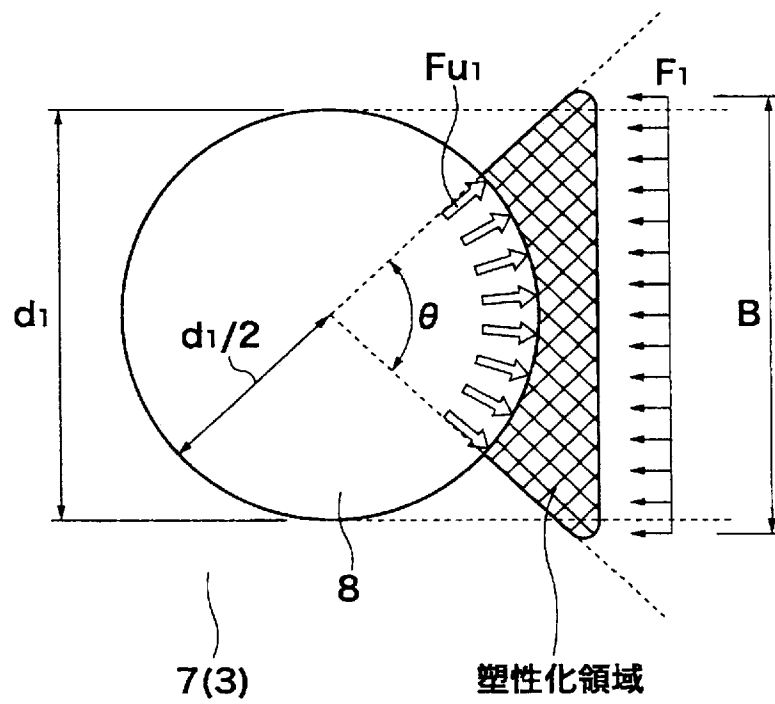
[図24D]



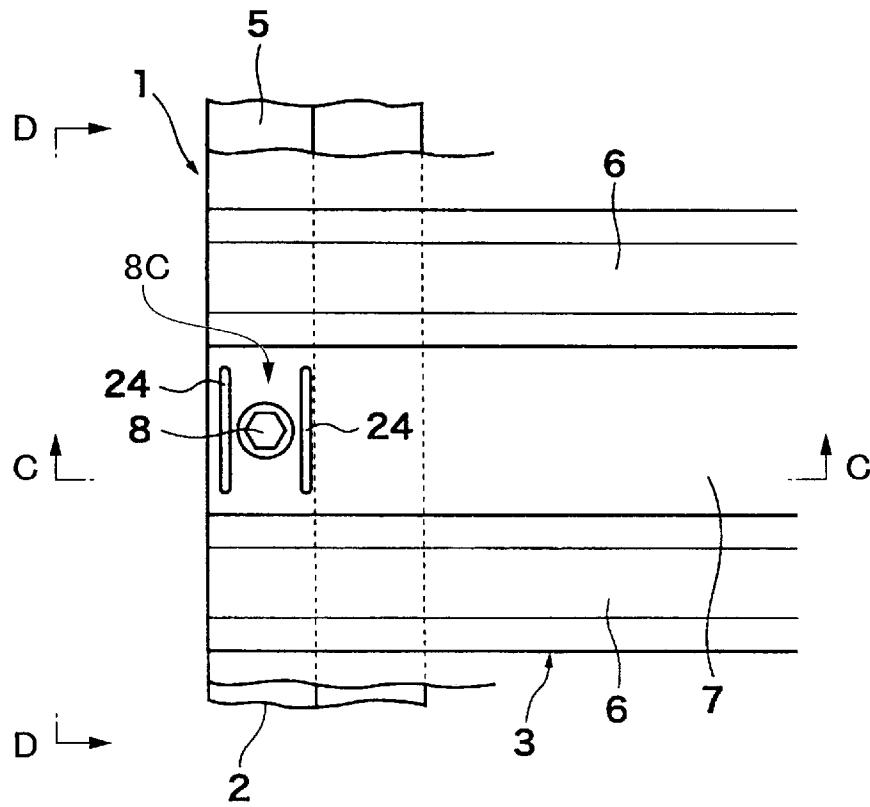
[図25A]



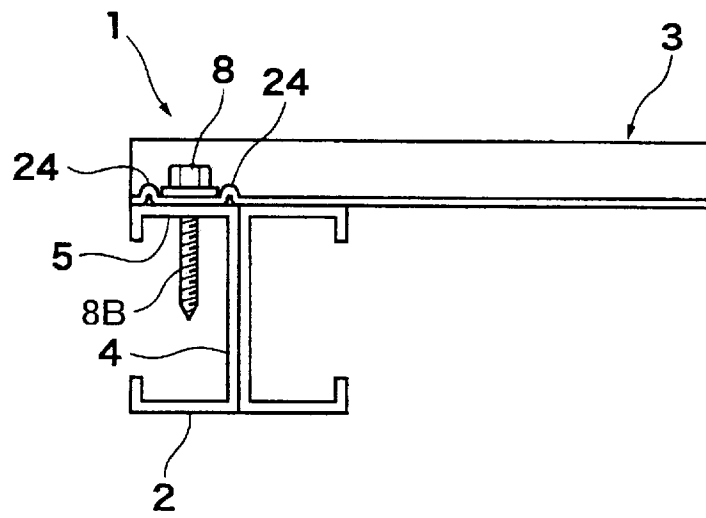
[図25B]



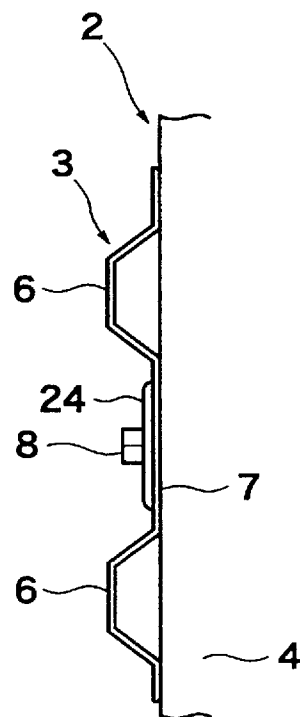
[図26A]



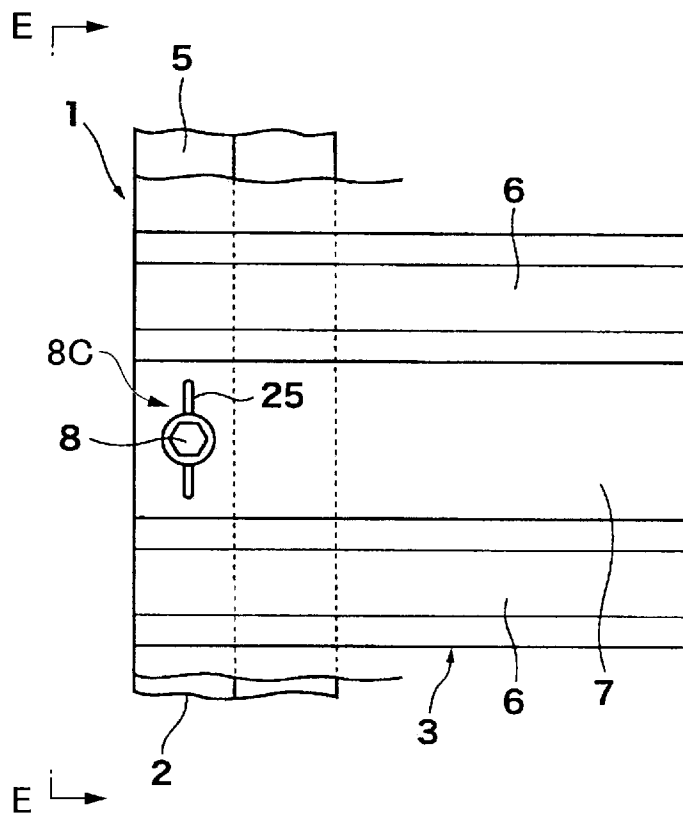
[図26B]



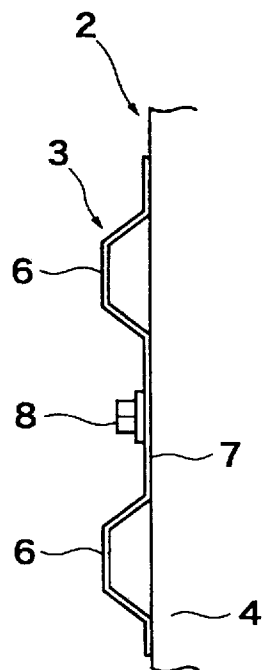
[図26C]



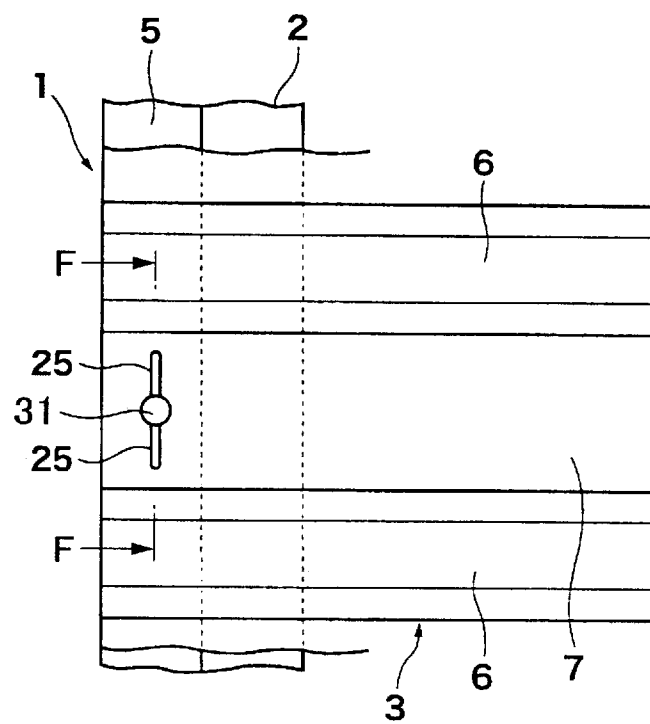
[図27A]



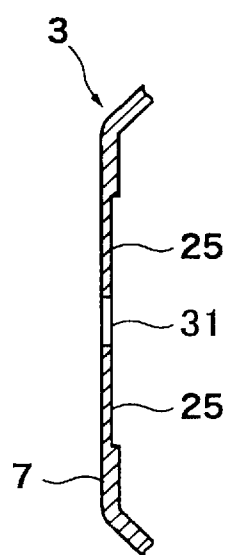
[図27B]



[図27C]



[図27D]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/004150

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E04B2/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E04B2/00, E04B2/56, E04C2/00-2/54

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2010

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-209582 A (Nippon Steel Corp.), 17 September 2009 (17.09.2009), paragraphs [0008] to [0041]; fig. 1 to 18 (Family: none)	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 July, 2010 (27.07.10)Date of mailing of the international search report
03 August, 2010 (03.08.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. E04B2/00(2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. E04B2/00, E04B2/56, E04C2/00-2/54

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	文献 1 : JP 2009-209582 A (新日本製鐵株式会社) 2009.09.17, 段落 0 0 0 8 - 0 0 4 1、図 1 - 1 8 (ファミリーなし)	1-14

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 7 . 0 7 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 8 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

新井 夕起子

2 E

7 9 0 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 4 5