

開口を有する木質パネルのせん断性

丸山 武
宮野 博
伊藤 勝彦

1. はじめに

木質パネル構法によるプレハブ住宅の設計において現行では開口部分を有しない、いわゆる盲パネルだけを耐力壁と見なし、開口部分を有するパネルについては耐力壁と見なさずにその存在を無視する方針をとるのが通例である。しかしながら開口部を有するパネルであってもそれなりに剛性と耐力を有していることは明らかであり、そのような仮定は誤った応力分布の設定につながる危険性があり、また、安全側に立つことを理由に開口を有する壁パネルの存在を無視してしまうことは非常に不合理かつ不経済であると指摘されている¹⁾。開口部を有する壁パネルのせん断性能に関する研究は杉山らによる一連の報告²⁾があり、盲パネルの性能によってそれと同種の開口部を有するパネルの性能を推定する式を提案している。また、山井³⁾は開口部の位置によるせん断性能の違いを検討している。しかしながらこれらの開口パネルをどのように評価してよいのかはまだ確立されていないのが現状であり、この種のパネルに関する各方面からのデータの集積が要求されている。そこで、この種の開口パネルのせん断性能に関する基礎的資料を得ることを目的に、外枠のみで組み立てたフレームの両面に合板を張り付けた90cm×240cm、厚さ9.1cmの木質壁パネルについて、パネルの形状と相似の開口をパネルの中央部に設け、それを逐次広げていって、水平せん断加力試験による初期剛性と最終耐力の変動を実験的に検討してみた。なお、この報告は第23回日本木材学会大会(1973年4月京都)において発表した。

2. 材料および試験方法

2.1 パネルの材料

パネルの枠材には含水率11%程度に乾燥された北洋

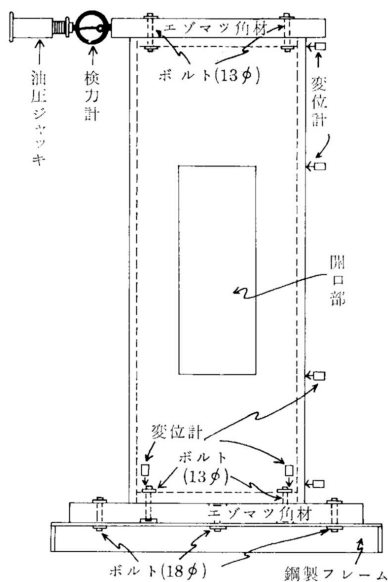
カラマツ材を用いた。使用した縦材材のみについて測定した基礎材質数値の平均値は、比重0.66(範囲0.59~0.81)、平均年輪幅1.6(同0.7~2.5)mm、曲げヤング係数153(同109~184)×103kg/cm²であった。面材には市販の120cm×240cm板で、公称厚さ5.5mm(単板構成0.75+4+0.75mm)のラワン合板をパネルの大きさ90cm×240cmに鋸断して使用した。実大で測定した曲げヤング係数は93(範囲66~108)×103kg/cm²であった。

2.2 パネルの組み立て

枠材の断面寸法は、土台に緊結される下枠を5cm×8cmとし、その他の枠材はすべて4cm×8cmとし、それらで外枠のみを組み立て、その両面に合板を接着剤併用釘打ち方式で接合した。使用した接着剤は尿素メラミン共縮合樹脂接着剤(プライアミンP364B)で、増量剤として尿素100gに対し小麦粉20g、水20cc、硬化剤として塩化アンモニウム2gを添加した。塗布量は30cm×30cm当り40~50gを標準とし、釘は24mmの普通釘をはしあき1cmにして5cmピッチで千鳥打ちした。仕上りパネルの見かけの寸法は幅90cm、高さ240cm、厚さ9.1cmの両面合板張り盲パネルである。接着後1週間以上室内に放置してから6体のパネルについて試験を行なった。

2.3 試験の方法

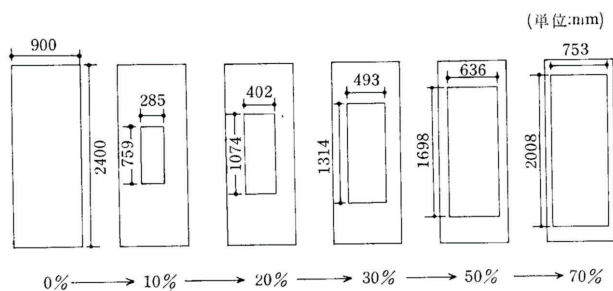
水平せん断試験は第1図に示すような方法によって行なった。すなわち、パネルの上端と下端にそれぞれ桁および土台として10cm×10cmのエゾマツ角材を添えてパネルの両端から10cmの位置に直径13mmのボルトで緊結して地面に水平に寝かせ、土台部分を直径21mmのアンカーボルトで鋼製フレームに固定した。桁部分にはローラーをあてて水平移動を可能にさせた。その際に使用した座金の寸法は60×60×4.2mmで、



第1図 試験の方法

パネルの上下棧のボルト孔の内側には組み立てる前にあらかじめナットを溶接した座金を、その四隅に孔をあけて釘止めしておいた。そのようにセットされた試験体の桁側の木口面の一方から油圧ジャッキによりブルーピングリング（検力計）を介して水平荷重を負荷した。変形の測定は第1図に示すような位置で摺動抵抗型変位計（精度1/100mm）を用いて水平方向および垂直方向の変位を測定した。

せん断試験の順序としては第2図に示すように先ず盲パネル - これを開口率0とする - のままで水平加力によるせん断剛性試験を6体すべてについて行ない、そのうちの1体だけを破壊に至るまで加力して最大せん断力を求め、残りの5体について次にはパネルの中央部にパネルの形状と相似の開口をパネル面積比10%



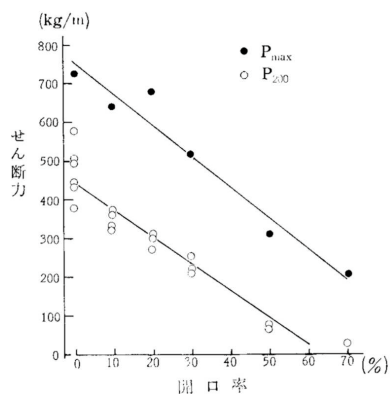
第2図 開口の順序と寸法

になるように表裏両面から慎重に鋸断して盲パネルの場合と同様な水平せん断剛性試験を行ない、そのうちの1体だけを破壊まで加力するという具合に、開口を逐次大きくしていった最大70%までの水平せん断試験を行なった。したがって最初の盲パネルでの試験体は6体であったものが、最終の70%開口のときには1体のみとなる。これらの剛性試験の場合にはパネルが破壊してしまうことを避けるために水平変位がパネルの高さの1/200に至る荷重 P_{200} まで負荷して除荷した。破壊試験まで行なうパネルについてはさらに1/100に至る荷重 P_{100} まで負荷して除荷してから破壊に至るまで加力した。ここではこの P_{200} をパネルのせん断に対する初期剛性とした。

3. 試験の結果と考察

3.1 開口率とせん断力との関係

盲パネルの状態から開口率70%までのせん断試験の結果を開口率とせん断力との関係にプロットして第3図に示した。盲パネル（開口率0）の場合の P_{200} はバラツキが大きくなっているが、全体としては初期剛性としての P_{200} および最大せん断力 P_{max} は開口率が大きくなるにしたがって直線的に低下していることがうかがえる。 P_{200} に関しては開口率10%で盲パネルの75%に、20%開口では同60%に、30%開口では同50%に、50%開口では同15%に、最終の70%開口では同5%にそれぞれ低下している。 P_{max} は、開口率20%の



第3図 開口率とせん断力との関係

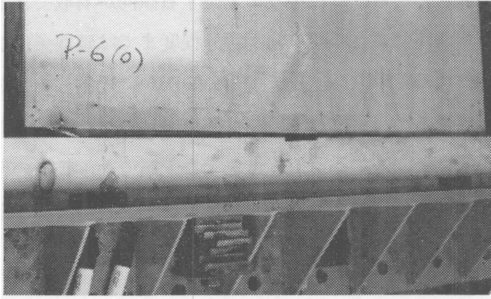


写真1 脚部の破壊

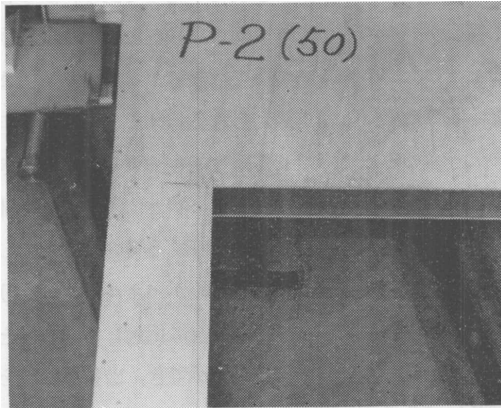


写真2 開口隅角部の破壊

れてしまい、それ以上の大きさの開口になると破壊条件は開口の大きさに依存し、開口が増大するにしたがって P_{max} は低下していくものと思われる。すなわち、この試験で用いた形状と寸法の開口パネルにおいては20%開口付近までは表面合板の耐力（開口隅角部の耐力）がパネル脚部の耐力を上回っており、それ以上の大きさの開口になると脚部の耐力に達する以前に開口隅角部に応力が集中し、さらに開口周辺部にステイフナーとしての棧木の補強がないことにより合板が座屈を起し、最終的には合板の開口隅角部における引張破断で破壊してしまうものと判断できる。このことにより、このパネルでは脚部の耐力と合板開口部の耐力との平衡点が開口率20%から30%の間付近に存在しているものと考えられる。

3.2 初期剛性と終局耐力との関係

盲パネルから70%開口までのせん断に関する粘り強さを比較するために初期剛性と終局耐力との比を第1表に示した。ここで示した値は各開口率で破壊に至るまでの試験を行なったもの各1体ずつの値であるが、開口率が増大するほど P_{200} と P_{max} の比および P_{100} と

ときまではほぼ同様な値とみることができ、30%以上の開口になると P_{200} の場合と同様に開口が大きくなるにしたがって低下している。このことは各開口率でのパネルの破壊形態をみると説明されよう。すな

わち、開口率0%、10%および20%の場合には写真1に示すように下棧部分引抜き側ボルト孔周辺の割裂または下棧と表面合板との接着層のはく離による破壊であったが、30%、50%および70%の開口の場合には写真2に示すように変形の進行に伴って開口の両サイドのスリット部分の合板が面外曲げを起し、その後開口隅角部の引張破断がパネルの幅方向に発生して破壊した。このことから、20%開口付近までの破壊はほとんど開口の影響を受けずに脚部の破損によって決定さ

第1表 剛性と強度との関係

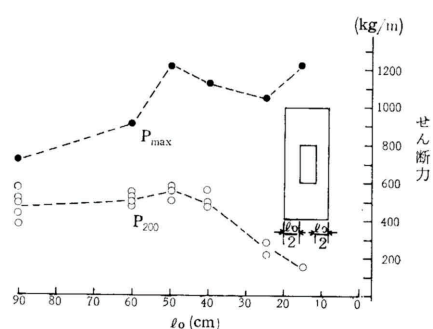
試験体	P_{200}	P_{100}	P_{max}	P_{200}/P_{100}	P_{200}/P_{max}	P_{100}/P_{max}
P-6(0)	425 kg/m	635 kg/m	726 kg/m	0.67	0.59	0.87
P-5(10)	340	—	630	—	0.54	—
P-4(20)	305	532	680	0.57	0.45	0.78
P-3(30)	242	425	508	0.57	0.48	0.84
P-2(50)	83	158	309	0.53	0.27	0.51
P-1(70)	25	50	200	0.50	0.13	0.25

P_{max} との比は小さくなっている。すなわち、開口が大きくなるにしたがって初期剛性に比しての最終耐力が大きくなり、相対的な安全率は高くなっている。このことから、開口が大きくなるにしたがってパネルとしての性能が次第に失われて曲げモーメントによる変形が主体となる、いわゆる矩形ラーメンとしての挙動に近づき、開口周辺部に残っている合板の面内せん断抵抗はほとんど期待できなくなり、周辺の合板はいわばガセット効果としての働きのみに移行していくので

このように開口率が大きくなるに従って初期剛性と最終耐力との比が大きくなっていくものと判断できる。

3.3 単位有効幅でのせん断力と開口との関係

開口パネルの初期剛性 P_{200} および終局耐力 P_{max} を、パネルの幅から開口部分の幅を差し引いた残りの合板の幅（ここではこの幅を仮に有効幅 l_0 とする）で除した値と有効幅との関係をプロットして第4図に示した。 P_{200} の場合には30%の開口までほぼ一定値であ



第4図 単位有効幅におけるせん断力

り、それを過ぎると低下し始める。このことから、開口による初期剛性の低下は開口面積比よりもむしろ開口部の幅に依存するものと考えた方がよさそうである。この P_{200} の曲線から、開口部の幅がパネルの幅の半分程度までは前述のように開口周辺部、特にスリット部分の合板にはパネルとしての効果はその幅に比例して十分存在するが、それ以上の開口幅になってしまうと合板のパネルとしての面内せん断抵抗性能が次第に失われていき、開口幅が大きくなるにしたがって周辺部の合板はガセット効果のみの働きに移行していくものと判断できる。 P_{max} の場合には逆に開口幅

が大きくなるにしたがって上昇する傾向が看取できるが、前述のように開口幅が半分程度までは破壊条件が同一なので単位有効幅での P_{max} が l_0 に比例して当然上昇するが、それ以上の開口幅における単位有効幅での P_{max} はほぼ一定値とみなすことができ、残りの合板幅に比例した終局耐力を示していることがうかがえる。

4. おわりに

以上の実験は限られた形状での開口であり、かつ桧木構成が外枠のみであり、開口周縁部に対しては桧木の補強のないパネルについて行なったものである。また、開口の位置は種々考えられるわけで、単純に開口の大きさのみによってせん断性能を論ずることはできないが、ここで行なったような形状と位置での開口部を有する壁パネルを耐力的に評価する場合の基準としては、初期剛性に関しては開口幅がパネルの幅の半分以内であるならば、残りの合板幅に比例したパネルとしての初期剛性を期待することができ、破壊条件から判断してもこの程度まででの開口であるならば終局耐力の低下もさほどないものと思われる。

文献

- 1) 杉山英男：建築雑誌，昭和46年12月号，1971
- 2) 杉山英男ほか：日本建築学会論文報告集，No. 186，No. 187，No. 190，1971
- 3) 山井良三郎：材料，第20巻，第218号，1971

- 木材部 強度科 -
(原稿受理48.8.2)