

## 研究助成実施報告書

助成実施年度	2020 年度
研究課題（タイトル）	マッシュ・ホルツ型木質パネルを床版とする鋼構造床構面の力学的挙動と設計法に関する研究
研究者名※	中島 史郎
所属組織※	国立大学法人宇都宮大学 地域デザイン科学部 建築都市デザイン学科 教授
研究種別	研究助成
研究分野	建築技術
助成金額	113.6 万円
発表論文等	

※研究者名、所属組織は申請当時の名称となります。

( ) は、報告書提出時所属先。

# 大林財団 2020 年度研究助成実施報告書

所属機関名 国立大学法人宇都宮大学  
申請者氏名 中島史郎

研究課題	マッシュ・ホルツ型木質パネルを床版とする鋼構造床構面の力学的挙動と設計法に関する研究
<p>(概要) ※最大 10 行まで</p> <p>木質積層パネルを床版とする床構面について、面内せん断試験と面外曲げ試験を行い、床構面としての力学的性状に関する知見を得た。また、床構面の面内せん断と面外曲げに対する特性値を求めるための算定法について検討し、検討した算定法の妥当性について算定結果と実験結果を比較し、確認した。床構面の面内せん断に係る荷重変位曲線は、木質積層パネルを構成する製材間接合部の挙動、木質積層パネル・鉄骨フレーム間接合部の挙動、木質積層パネルを構成する製材間の支圧挙動をモデル化することにより概ね推定することができるという知見を得た。また、製材間の支圧による影響は製材を釘接合により接合した場合のほうが、製材をビス接合により接合した場合よりも著しくなるという知見を得た。床構面の面外曲げによって生じるたわみ量は、木質積層パネルを構成する製材間接合部を、等価なせん断剛性を有する線材に置換した格子梁モデルにより概ね求めることができるという知見を得た。</p>	

## 1. 研究の目的

(注) 必要なページ数をご使用ください。

鉄骨造による建築物の軽量化や木材需要の拡大を図る一つの方法として、鉄骨造による建築物の床版に木材を使用することが考えられる。鉄骨造の床版として木材を使用する試みとしては、既に CLT (Cross Laminated Timber) を床版とする数棟の建物の建設実績がある。一方、柱材や梁材を製造する過程において発生する端柄材 (幅 120mm×厚さ 45mm×長さ 4000mm 程度) は、製材所では余剰となっている場合も多くあり、この端柄材を用いて木質のパネルを簡易かつ安価な方法で製造することができれば、床版としての需要を期待することができる。また、端柄材として地域の木材を利用すれば、地域の木材産業の活性化に寄与することができる。

ドイツには、マッシュ・ホルツ (Massivholz : 大きくて重い木材) という概念があり、製材を束ねて大きな断面の部材を製造することが古くから行われている。端柄材を図 1 に示すように釘接合等により積層成形し、大版のパネル形状の木質部材を製造することができれば、床版を構成する安価な部材を供給することができ、木材の新たな需要を期待することができる。

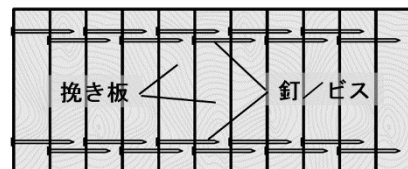


図 1 木質積層パネルのイメージ  
(解説) 挽き板を釘やビスで積層接合した木質部材

本研究では、マッシュ・ホルツ型木質パネル (以下、「木質積層パネル」と呼ぶ) を床版とす



した。また、製材どうしは釘（CN75）、または、構造用ビス（パネリードⅡ P5-80）を100mm間隔千鳥打ちにて接合した。木質積層パネルに用いた製材の平均密度は $370\text{kg/m}^3$ 、弾性係数の平均値は $9.3\text{kN/mm}^2$ 、変動係数は17.6%であった。なお、試験体は、製材どうしの接合方法（2種類）と木質積層パネルを鉄骨フレームに接合する接合方法（2種類）が異なる計4体とした。

表1に各試験体の名称と仕様を示す。

表1 試験体の仕様

試験体名	木質積層パネルの挽き板間の接合	ラグスクリュー位置
Nailed—Center	釘（CN75）	挽き板中央
Nailed—Edge	釘（CN75）	挽き板間の継ぎ目
Screwed—Center	構造用ビス（P5-80）	挽き板中央
Screwed—Edge	構造用ビス（P5-80）	挽き板間の継ぎ目

## （2）試験方法

### 1）面内せん断試験

試験体を構成する鉄骨フレームの下部（図2(a)の下部）を反力床に固定し、試験体を構成する鉄骨フレームの頂部（図2(a)の上部）の水平方向に正負交番の繰り返し荷重を載荷した。荷重載荷時の試験体各部の変位（鉄骨フレームの上部と下部の水平変位、鉄骨フレームの両端部の鉛直変位、鉄骨フレームと木質積層パネル間の相対変位など63カ所）を測定した。

### 2）面外曲げ試験

試験体を構成する水平構面の面外方向に対して、木質積層パネルの中央、または、パネルの中央と隅部を結んだ中間点に、 $3\text{kN}$ の荷重をそれぞれ載荷し、床構面中央、または、中央と隅部の中間点のたわみ量を測定した。

## 2. 2 解析の実施

### （1）面内せん断性剛性の算定法に関する検討

試験体頂部に所定の水平変位を与えたときに、木質積層パネルを構成する製材間に生じるせん断変形量と、木質積層パネルと鉄骨フレーム間に生じる変形量を各々幾何学的に算定した。試験体頂部に所定の水平変位を与えるのに必要な外部仕事量が、試験体を構成する各接合部が行う内部仕事量と等しくなるとして、試験体の頂部についての荷重変位曲線を求めた。計算を行うにあたり、昨年度までに実施した研究により得た各接合部の荷重変位関係を用いた。

### （2）曲げ剛性の算定法に関する検討

木質積層パネルを格子梁としてモデル化し、四周を支持した格子梁に荷重が作用したときのたわみ量を求めた。なお、格子梁は、パネルを構成する製材の長手方向とパネルを構成する製材の積層方向の剛性が異なるものし、パネルの製材長手方向の剛性は製材の弾性係数とし、パネルの製材積層方向の剛性は釘接合部またはビス接合部のせん断剛性より求めた。

## 3. 研究の成果

（注）必要なページ数をご使用ください。

### 1. 面内せん断試験の結果

図3に各試験体の荷重変位曲線（変位は、試験体頂部の水平変位から下部の水平変位を減じた値）を示す。特定の変位（見かけのせん断変形 $1/120\text{rad}$ 時）に対する荷重は、製材どうしを接合

する接合仕様により異なり、ビス接合により製材どうしを接合したほうが、荷重は高かった。昨年度までに実施した研究により、ビス（P5-80）接合部のせん断耐力は、釘（CN75）接合部のせん断耐力よりも高いという知見を得ており、構面の面内せん断性状が製材間の接合部のせん断耐力によって定まることを実験により確認した。

一方、木質積層パネルを鉄骨フレームに接合するラグスクリュー接合部の位置（1本の製材の中央の場合と2本の製材間の場合）については、製材どうしをビス接合により接合した場合には、接合位置によって荷重変位関係に著しい違いが生じることはなかった。製材どうしを釘接合により接合した場合には、ラグスクリューを2本の製材間に施工した場合のほうが、荷重が低くなるという結果を得た。ビス接合には製材を引き寄せる機構があることから、仮にラグスクリューを2本の製材間に施工しても、ラグスクリュー接合部のせん断変形にともない、製材間に大きな開きは生じないが、釘接合部には製材を引き寄せる機構がないため、ラグスクリューを2本の製材間に施工すると、ラグスクリュー接合部のせん断変形にともない、製材間に開きが生じ、この開きが構面の耐力と剛性を低下させる要因になっていると考えられる。

写真1に一例として試験体“Screwed-Center”について、見かけのせん断変形角が1/10rad時の試験体隅部の変形の様子を示す。床構面のせん断変形は、主として木質積層パネルを構成する製材間のせん断変形によって生じた。

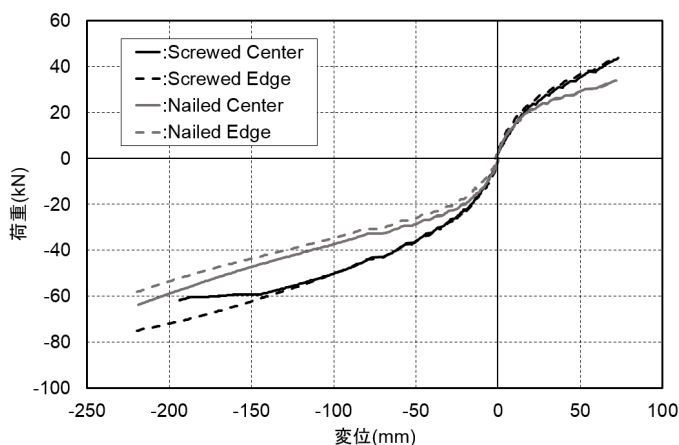


図3 各試験体の荷重変位曲線（包絡線）



写真1 面内せん断試験の様子

表2 各試験体の面内せん断剛性

試験体名	木質積層パネルの 挽き板間の接合	ラグスクリュー位置	1/120rad時の単位長さ 当たりの荷重 (kN/m)
Nailed-Center	釘 (CN75)	挽き板中央	9.87 (5.0)
Nailed-Edge	釘 (CN75)	挽き板間の継目	10.37 (5.3)
Screwed-Center	構造用ビス (P5-80)	挽き板中央	8.92 (4.6)
Screwed-Edge	構造用ビス (P5-80)	挽き板間の継目	8.27 (4.2)

(注)括弧内の値は見かけのせん断変形 1/120rad で評価した床倍率。

表2に見かけのせん断変形角が1/120rad時の床構面単位長さ当たりの荷重（耐力）を示す。表の括弧内には、見かけのせん断変形1/120radを用いて評価した床倍率を示す。製材どうしをビスにより接合した木質積層パネルを床版とした床構面の床倍率は約5.0～5.3(kN/m)、釘を用いて接合したパネルを床版とした場合の床倍率は約4.2～4.6(kN/m)であるという結果を得た。

## 2. 面内せん断性状の推定結果

図4に一例として試験体“Nailed-Center”の荷重変位曲線を2.2(1)に記した方法を用いて推定した結果を示す。図中の太破線は製材間の支圧（めり込み）を考慮しないで求めた荷重変位曲線である。変位が約50mmまでは実験結果と計算結果は概ね一致するが、変位が約50mmよりも大きくなると、変位が大きくなるほど荷重は、実験値が計算値よりも大きくなる傾向にあった。木質積層パネルを構成する製材の端部を製材が積層方向に移動できないように鉄骨フレームにピン接合した場合、パネルのせん断変形によって製材が傾斜することにより、製材間の隙間が減じ、製材間に支圧力が生じる。この支圧力は床構面のせん断変形が大きくなるほど大きくなる。このことが、床構面の水平変位が約50mmよりも大きい範囲において、荷重が増加した要因と考えられる。このような製材間の支圧による荷重増加を反映したモデルにより荷重変位関係を求めた結果を図3に黒実線で示す。計算結果は実験結果と概ね一致した。

一方、木質積層パネルを構成する製材どうしをビス接合により積層した場合には、釘接合を用いた場合のように、特定の変位よりも大きい変位において、荷重の増加割合が増すような傾向は見られなかった（図4参照）。前述のようにビス接合を用いた場合、床構面がせん断変形（製材が傾斜）しても、ビス接合が製材間の距離が縮むのを抑えてくれるため、釘接合を用いた場合に比べて、相対的に製材間に生じる支圧力は小さくなる。ただし、ビスと製材間には支圧が生じるため、図4に示すように変位が約40mmから実験結果とめり込みを考慮しないで求めた計算結果との間には差が生じ、実験により得た荷重のほうが高くなっている。

## 3. 面外曲げ試験の結果とその推定

表3に面外曲げ試験の結果として、床構面の中央、または、中央と隅部を結んだ中間点に3kNの荷重を載荷したときの加力点における変位を示す。木質積層パネルを構成する製材どうしを釘（CN75）で接合した床構面のほうが、製材どうしをビス（P5-80）で接合した床構面よりもたわみ量は小さかった。変形量が小さい範囲では、接合部のせん断剛性は、釘接合部のほうがビス接合部よりも高い。このため、釘接合により製材間を接合したパネルの

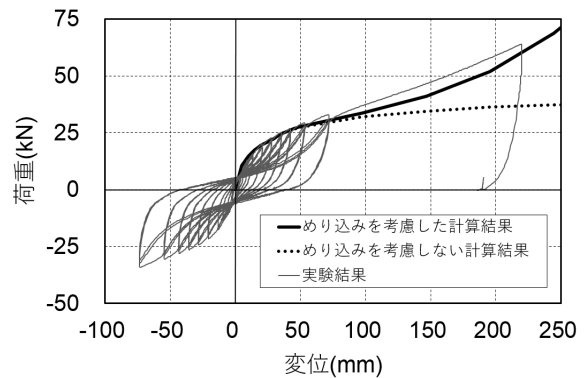


図3 Nailed-Centerの実験結果と計算結果

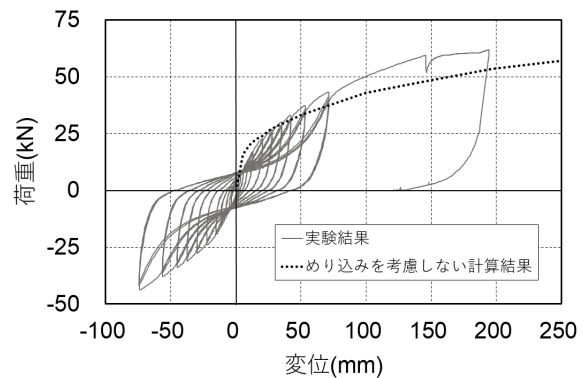


図4 Screwed-Centerの実験結果と計算結果

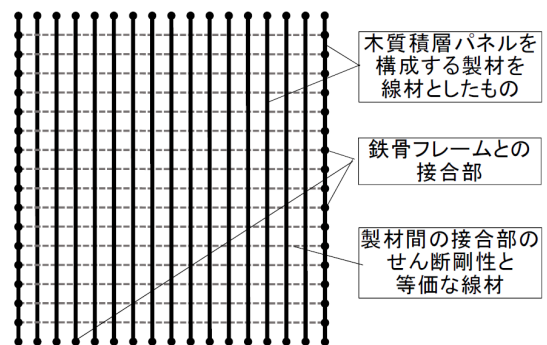


図5 床構面の面外曲げに対するモデル

ほうが製材間のせん断変形量は小さくなるので、床版（パネル）のたわみ量も小さくなる。一方、床構面に等分布荷重を載荷したときには、床版を構成する製材に均等に荷重が作用するため、製材間の接合方法（釘接合またはビス接合）による違いは看取されなかった。

表 3 には、製材間の接合部をそのせん断剛性と等価な線材に置換したモデル（図 5 参照）を用いて各床構面のたわみ量を計算により求めた結果を示す。計算により求めたたわみ量は、実験結果と概ね同じであった。提案するモデルによって木質積層パネルを床版とする床構面に面外荷重に対するたわみ量を概ね求めることができると考えられる。

表 3 面外曲げの実験結果と計算結果

試験体名	加力位置	3kN 載荷時のたわみ量 実験結果 (mm)	3kN 載荷時のたわみ量 計算結果 (mm)
Nailed-Center	試験体中央	3.21	3.26
Nailed-Center	試験体端部	1.11	1.53
Screwed-Center	試験体中央	3.61	3.74
Screwed-Center	試験体端部	1.41	1.59

(注)加力位置の試験体端部は、パネルの中央と隅部を結んだ中間点を加力。

#### 4. 今後の課題

(注) 必要なページ数をご使用ください。

今後の課題を以下に記す。

- ① 木質積層パネルを床版とする床構面の面内せん断挙動（荷重変位関係）は、せん断変形が小さい範囲では、木質積層パネルを構成する製材間の接合部と木質積層パネルを鉄骨フレームに接合する接合部の挙動から推定することができるが、せん断変形が大きくなると、製材間の支圧による影響が顕著となる。製材間の支圧を考慮した解析モデルを検討し、終局変形時までの床構面の挙動（荷重変位関係）を推定することが今後の課題である。
- ② 木質積層パネルを床版とする床構面の面内せん断剛性は、床倍率相当で約 5 倍であった。木質積層パネル自体の面内せん断剛性は、製材を複数枚積層しているという材料の特性上、同材料単独では、著しく高くすることが難しい。木質積層パネルに構造用合板を張るなどの方法により、同パネルの面内せん断剛性を高くした上で、鉄骨フレームと面内せん断剛性を高くしたパネルから構成される床構面について、その面内せん断性状を実験と解析により確認する必要がある。
- ③ 木質積層パネルを床版とする床構面の面外曲げ性状については、②に記したようにパネルの一面に構造用合板を施工する場合やパネルの上にコンクリートを打設した複合スラブとする場合などが考えられる。木質積層パネルと他材料を複合化したときの面外曲げ性状に関する知見を実験と解析の双方により得る必要がある。