

研究助成実施報告書

助成実施年度	2019 年度
研究課題（タイトル）	鋼構造床版としてのマッシュ・ホルツ型木質パネルの鋼製床梁との接合に関する研究
研究者名※	中島 史郎
所属組織※	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	126 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2019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 鋼構造床版としてのマッシュ・ホルツ型木質パネルの鋼製床梁との接合に関する研究

(概要) ※最大10行まで

端柄材(製材の挽き板)を釘接合、または、ビス接合により積層成形したマッシュ・ホルツ型木質パネル(以下、「木質積層パネル」と呼ぶ)を鉄骨造の梁に接合する際に用いる接合としてラグスクリー接合を対象として、接合部の一面せん断試験を行った。また、同接合部の接合耐力(降伏耐力)と剛性を計算により求める方法について検討し、木質積層パネルの接合部に対する設計法について検討した。一連の研究により、接合部の降伏耐力については、接合部の仕様によって差はあるものの、計算値は実験値と概ね近い値に求まっており、降伏耐力を概ね推定することができることを確認した。一方、接合部の剛性については、計算値が実験値よりも高く求まり、約2倍となる仕様もあった。ラグスクリー接合部のあそびによる剛性低下がその要因の一つと考えられるが、今後、精査する必要がある。

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)^{注1)}を床版とする数棟の建物の建設実績^{注2)}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^{注3)}(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。

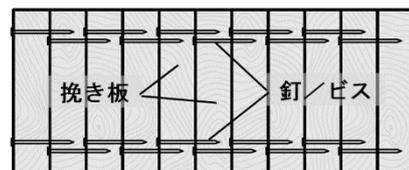


図1 木質積層パネルのイメージ
(解説) 挽き板を釘やビスで積層接合した木質部材

申請者はマッシュブ・ホルツ型木質パネル（木質積層パネル）の面外曲げと面内せん断に関する研究（2018年度本研究助成による）を行い、部材自体を設計する際に必要な設計式を誘導した。一方、木質積層パネルを図2に示すように鉄骨造の床梁に接合する場合の鋼製床梁と木質積層パネルの接合部の力学的性状は、挽き板どうしを接着剤によって接合している集成板やCLTとは異なるものと考えられる。

本研究の目的は、木質積層パネルと鋼構造の床梁との接合部の力学的性状を実験により明らかにし、同接合部に対する設計法を提案することにある。

注1) CLT: 挽き板を隣り合う層で互い直交させて積層接着してパネル形状に成形した木製のパネル

注2) 例えば、松尾建設株式会社本社社屋（佐賀県佐賀市）

注3) 羽柄材: 柱や梁などの断面が大きな材を製材する過程において丸太の周辺部などから切り出される板状の製材

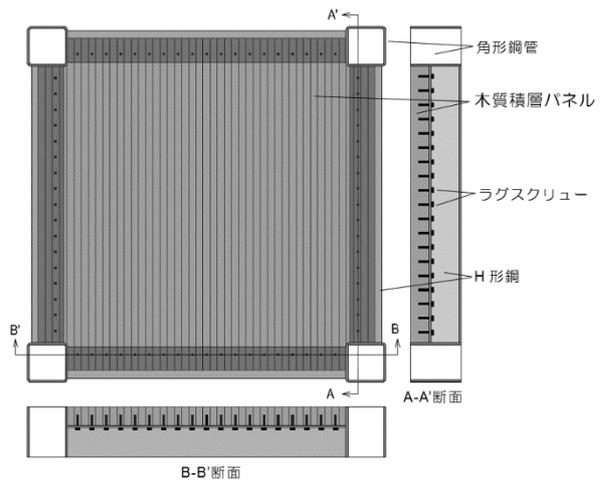


図2 鋼製床梁と木質積層パネルのおさまりの概念図

(解説) 木質積層パネルを床版とし、ラグスクリューを用いて、鉄骨フレームに接合している

2. 研究の経過

(注) 必要なページ数をご使用ください。

2. 1 試験の実施

(1) 試験体

木質積層パネルを主材とし、鋼板を側材とする接合部試験体を製作し、接合部の一面せん断試験に供した。主材の木質積層パネルと側材の鋼板は、ラグスクリューを用いて接合した。試験体の寸法及び形状と仕様を図3、図4、及び、表1に示す。

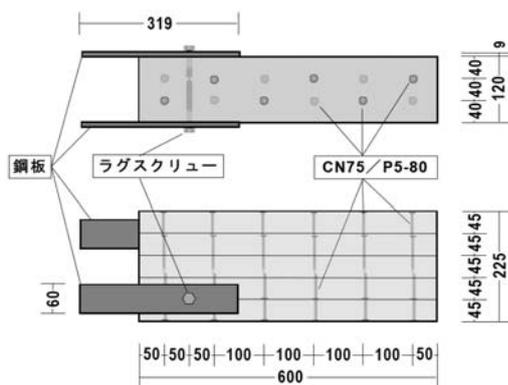
表1 接合部試験体の仕様

試験体名	木質積層パネルの挽き板間の接合	加力方向	ラグスクリュー位置
長手・釘-1	釘 (CN75)	挽き板の長手方向 (繊維方向)	挽き板中央
長手・釘-2	釘 (CN75)	挽き板の長手方向 (繊維方向)	挽き板中央と継目の中央
長手・釘-3	釘 (CN75)	挽き板の長手方向 (繊維方向)	挽き板間の継目
長手・ビス-1	構造用ビス (P5-80)	挽き板の長手方向 (繊維方向)	挽き板中央
長手・ビス-2	構造用ビス (P5-80)	挽き板の長手方向 (繊維方向)	挽き板中央と継目の中央
長手・ビス-3	構造用ビス (P5-80)	挽き板の長手方向 (繊維方向)	挽き板間の継ぎ目
短手・釘-1	釘 (CN75)	挽き板の短手方向 (繊維直交方向)	挽き板中央
短手・釘-2	釘 (CN75)	挽き板の短手方向 (繊維直交方向)	挽き板中央と継目の中央
短手・釘-3	釘 (CN75)	挽き板の短手方向 (繊維直交方向)	挽き板間の継ぎ目
短手・ビス-1	構造用ビス (P5-80)	挽き板の短手方向 (繊維直交方向)	挽き板中央
短手・ビス-2	構造用ビス (P5-80)	挽き板の短手方向 (繊維直交方向)	挽き板中央と継目の中央
短手・ビス-3	構造用ビス (P5-80)	挽き板の短手方向 (繊維直交方向)	挽き板間の継ぎ目

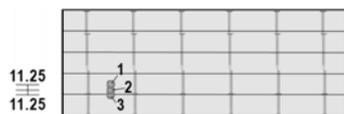
(注) 構造用ビス (P5-80) はパネリートⅡ、P5-80Ⅱ+ (長さ: 80mm、胴径: 5.0mm) である。

試験体は、①木質積層パネルを構成する挽き板の向きと加力方向の関係（平行または直交）、②木質積層パネルを構成する挽き板を接合する方法（釘接合またはビス接合）、③ラグスクリューが木質積層パネルを構成する挽き板に対して納まる位置（挽き板の中央、端部、中央と端部の中間）をパラメータとした12種類とした。表2に木質積層パネルを構成する挽き板、鋼板、釘、ビス、ラグスクリューの諸元を示す。

試験体は、図3と図4に示すように、加力時に木質積層パネルの面外方向に対して偏心が生じないように、木質積層パネルの相対する面にラグスクリュー接合部を2箇所対角に設けた。

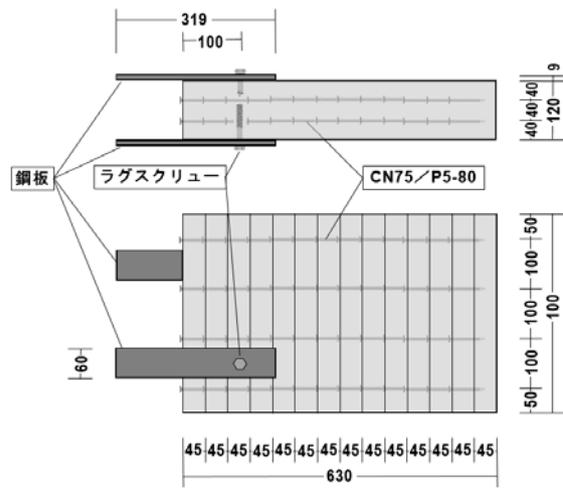


(a)試験体の形状と寸法

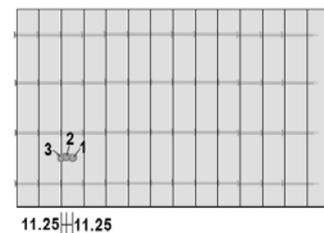


(b)ラグスクリュー接合の位置

図3 挽き板の長手方向に加力する試験体



(a)試験体の形状と寸法



(b)ラグスクリュー接合の位置

図4 挽き板の短手方向に加力する試験体

表2 接合部試験体を構成する材料の諸元

材料種類	諸元 (規格)
製材	樹種：スギ 密度：平均値 384(kg/m ³)、標準偏差 38.9 (kg/m ³) 弾性係数：平均値 8.48(kN/m ²)、標準偏差 38.9 (kN/mm ²) 含水率：最小値 8.0%、最大値 52.5%、平均値 11.0%
釘	CN75 (長さ：75mm、胴径：3.76mm)
構造用ビス	パネリードII、P5-80II+ (長さ：80mm、胴径：5.0mm)
ラグスクリュー	長さ (胴部)：75mm、径：12mm
鋼板	規格：SN490B、厚さ：9mm

(2) 試験方法

試験体を構成する木質積層パネルの端部（ラグスクリュー接合を設けない側の端部）を試験機に固定し、試験体を構成する鋼板に正負交番、または、片振りの繰り返し荷重を載荷した。荷重

速度は 2mm/sec とし、単調加力試験から得た降伏変位の 1/2、1、2、4、6、8、12、16 倍の変位にて折り返す、繰り返し加力（各変位 3 回繰り返し）とした。

挽き板の長手方向に加力する試験（以下、「長手方向加力試験」と呼ぶ）においては、鋼板と木質積層パネルとの相対変位、ラグスクリュー接合を設ける挽き板と同挽き板に隣接する挽き板との相対変位（ずれ）、ラグスクリュー接合を設ける挽き板と同挽き板に隣接する挽き板に生じるひずみを測定した。また、挽き板の短手方向に加力する試験（以下、「短手方向加力試験」と呼ぶ）においては、鋼板と木質積層パネルとの相対変位、ラグスクリュー接合を設ける挽き板と同挽き板に隣接する挽き板との相対変位（開き）を測定した。写真 1 に試験の様子を示す。



(a) 繊維方向加力



(b) 繊維直交方向加力

写真 1 試験の様子

2. 2 接合部の耐力・剛性の算定法に関する検討

長手方向加力時のラグスクリュー接合部の耐力と剛性を式 1 と式 2 により求めることとした。以下の式では、挽き板を接合する釘接合またはビス接合を「挽き板間接合」と記す。

$$[\text{せん断耐力}] = \min [\text{挽き板間接合部のせん断耐力}, \text{ラグスクリュー接合部のせん断耐力}] \quad \dots \text{式 1}$$

$$(1/[\text{せん断剛性}])$$

$$= (1/[\text{挽き板間接合部のせん断剛性}]) + (1/[\text{ラグスクリュー接合部のせん断剛性}]) \quad \dots \text{式 2}$$

短手方向加力時のラグスクリュー接合部耐力と剛性を式 3 と式 4 により求めることとした。

$$[\text{せん断耐力}] = \min [\text{挽き板間接合部の引張耐力}, \text{ラグスクリュー接合部のせん断耐力}] \quad \dots \text{式 3}$$

$$(1/[\text{せん断剛性}])$$

$$= (1/[\text{挽き板間接合部の引張剛性}]) + (1/[\text{ラグスクリュー接合部のせん断剛性}]) \quad \dots \text{式 4}$$

なお、式 1 から式 4 の計算に必要な各接合部のせん断耐力、引張耐力、せん断剛性、引張剛性は、実験または日本建築学会の規準等^{1,2)}に定められている算定式を用いて求めることとした。

文献：

- 1) 木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法，日本建築学会，2006.
- 2) 木質構造接合部設計マニュアル，日本建築学会，2009.

3. 研究の成果

(注) 必要なページ数をご使用ください。

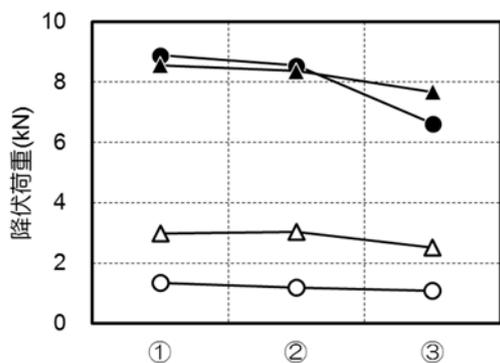
3. 1 接合部試験の結果

表 3 と図 5 に試験結果を示す。試験結果の要点を以下に記す。

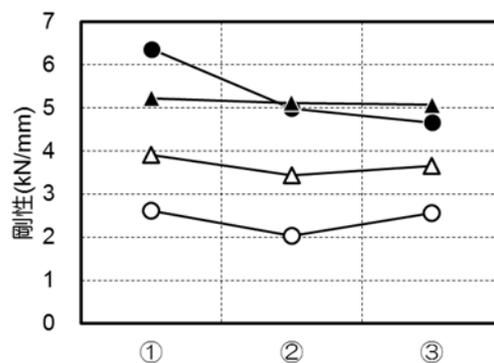
- ① 短手方向加力時の降伏耐力は、長手方向加力時の降伏耐力よりも小さい。
- ② 長手方向加力時の降伏耐力は、挽き板間接合の種類（釘接合／ビス接合）により異なる。
- ③ 短手方向加力時の降伏耐力は、挽き板間接合が釘接合とした場合のほうが小さい。
- ④ 長手方向加力時の降伏耐力は、ラグスクリー接合の位置が挽き板間に近くなるほど小さくなり、その程度は挽き板間接合に釘接合を用いた場合のほうが大きい。
- ⑤ 短手方向加力時の降伏耐力は、ラグスクリー接合の位置によらない。

表 3 試験結果と計算結果

試験体名	実験値				計算値	
	降伏荷重		剛性		降伏荷重 (kN)	剛性 (kN/mm)
	平均値 (kN)	変動係数	平均値 (kN/mm)	変動係数		
長手・釘-1	8.89	0.07	6.37	0.44	6.72	10.08
長手・釘-2	8.56	0.16	5.00	0.26		
長手・釘-3	6.62	0.10	4.66	0.26		
長手・ビス-1	8.57	0.07	5.23	0.29	8.29	6.91
長手・ビス-2	8.37	0.11	5.12	0.23		
長手・ビス-3	7.68	0.18	5.08	0.37		
短手・釘-1	1.35	0.11	2.61	0.51	1.23	4.61
短手・釘-2	1.17	0.24	2.03	0.19		
短手・釘-3	1.08	0.26	2.57	0.46		
短手・ビス-1	2.98	0.11	3.90	0.28	3.37	7.06
短手・ビス-2	3.04	0.16	3.43	0.15		
短手・ビス-3	2.51	0.16	3.66	0.27		



(a) 降伏耐力



(b) 剛性

図 5 接合仕様と降伏荷重および剛性との関係

- (注 1) ● : 挽き板の接合は釘接合, 長手方向(挽き板の繊維方向)に加力
▲ : 挽き板の接合はビス接合, 長手方向(挽き板の繊維方向)に加力
○ : 挽き板の接合は釘接合, 短手方向(挽き板の繊維直交方向)に加力
△ : 挽き板の接合はビス接合, 短手方向(挽き板の繊維直交方向)に加力

- (注 2) ① : ラグスクリーの位置が挽き板の中央
② : ラグスクリーの位置が挽き板の中央と 2 枚の挽き板の間の中間となる位置
③ : ラグスクリーの位置が 2 枚の挽き板の間

- ⑥ 短手方向加力時の剛性は、長手方向加力時の剛性よりも小さい。
- ⑦ 長手方向加力時の剛性は、挽き板間接合が釘接合の場合、ラグスクリュー接合の位置が挽き板間に近くなるほど小さくなる。挽き板間接合がビス接合の場合、ラグスクリュー接合の位置による剛性の低下はない。
- ⑧ 短手方向加力時の剛性は、挽き板間接合が釘接合の場合のほうが小さい。ラグスクリュー接合の位置による剛性の低下ほとんどはない。

3. 2 接合部の降伏耐力と剛性の計算結果

「2. 2」に記した計算方法により、長手方向加力時の降伏耐力と剛性、並びに、短手方向加力時の降伏耐力と剛性を算定した結果を表3に示す。なお、降伏耐力および剛性を計算する際に用いる釘接合部またはビス接合部の降伏せん断耐力とせん断剛性、および、引張降伏耐力と剛性は、別途行った接合部の一面せん断試験と引張試験の結果より得た。また、ラグスクリュー接合部の降伏せん断耐力（繊維方向または繊維直交方向）は前述の既往の計算式¹⁾より求めた。

計算結果の要点を以下に記す。

- ① 長手方向加力時の降伏耐力は、計算値が実験値よりもやや小さく求めたが、降伏耐力を概ね推定することができた。
- ② 短手方向加力時の降伏耐力は、接合部の仕様によって差違はあるものの、計算値は実験値と概ね近い値に求まっており、降伏耐力を概ね推定することができた。
- ③ 長手方向加力時の剛性は、計算値が実験値よりも高く求まり、約2倍となる仕様もあった。ラグスクリュー接合部のあそびによる剛性低下がその要因の一つと考えられるが、今後、精査する必要がある。
- ④ 短手方向加力時の剛性は、計算値が実験値よりも高く求めた。その要因は、長手方向加力時の剛性と同じと考えられ、今後、精査する必要がある。

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 木質積層パネルを母材とする鋼板添え板接合部の降伏耐力が、挽き板間接合部の降伏耐力と鋼板添え板接合部の降伏耐力のうちいずれか小さい方で決まることを実験と計算を通じて確認した。今後は、木質積層パネルに設ける鋼材添え板接合部の位置（挽き板中央や挽き板間など）を考慮した降伏耐力の簡易算定法を誘導するとともに、十分な縁距離を確保していない接合部に対する降伏耐力の低減など設計法に関する提案を行う必要がある。
- ② 木質積層パネルを母材とする鋼板添え板接合部の剛性の計算値は、実験値の約2倍となった。今後、剛性をよりの確に推定する計算方法を誘導する必要がある。
- ③ 本研究では、接合部単体についての検討を行っているが、実建物では、木質積層パネルの四周を鋼製の梁に接合するケースが多いと考えられる。この場合には、挽き板間接合部の変形が拘束されることになる。実建物における諸条件を考慮した設計法を検討する必要がある。