

課題番号	7-1	分野名	木材加工	予算区分	国庫・県単
研究課題名	とちぎ材を使用した新たな積層仕様等構造体の研究 〔引きボルトを用いた集成材継手の引張性能に関する研究〕				
担当者名	亀山 雄揮・吉田 智玲・木野本 亮・大塚 紘平			研究期間	平成27~32年度

### 1 緒言

中大規模木造を考える際、長尺材が必要な場合が多いが、普及の観点からは特注品を用いずに継手等を活用して流通品を利用することが有効である。しかしトラスの陸梁等厳しい応力条件下に用いられる部材には高い性能が求められ、一般的な製材品では要求性能を満たせない場合がある。そこで本研究では本県に流通するスギ集成材・ヒノキ製材及び国内に流通する JAS 規格集成材を用いた引きボルト式継手接合部を対象に実験を行い、樹種毎の引張性能を把握することを目的とする。

### 2 材料

樹種毎の性能は、表1のとおり。7種の試験体に対して実験を行った。集成材 (No. 1, 3~7) は全て対称異等級構成とし、No. 7 は外層2層ベイマツ、内層4層スギのハイブリッド型の仕様である。

試験体概要は図1のとおり。

母材の断面は120×240mm、長さ3000mmで、引きボルトはS45C, M16の両ネジタイプ、座金はSS400, 70×70mm<sup>2</sup>、t=9mmで、ダブルナットの仕様とした。試験体数は各仕様6体、計42体である。

表1 試験体一覧

No.	種類	強度等級	ラミナ厚(mm)	層数
1	スギ 集成材	E65 - F225	30	8
2	ヒノキ 製材	E90	-	-
3	カラマツ 集成材	E95 - F270	30	8
4	オウシュウアカマツ 集成材	E105 - F300	30	8
5	ベイマツ 集成材	E120 - F330	30	8
6	ベイマツ 集成材	E135 - F375	20	12
7	ベイマツ+スギ 集成材	E120 - F330	30	8

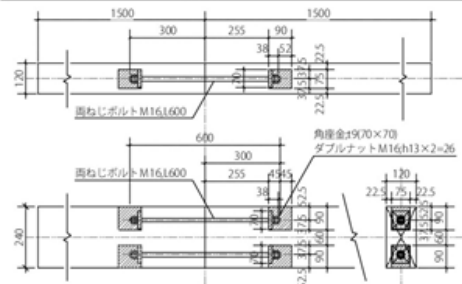


図1 試験体図 (単位: [mm])

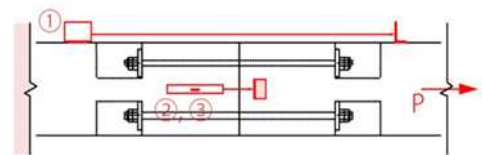


図2 計測器設置位置

### 3 方法

実験は引張試験機により、材端部をチャックで掴み、引張力を加えるものとした。加力は単調载荷で加力速度は5mm/min程度、計測器は図2に示す位置に取り付けた。尚、本節以降で取り扱う実験値は側面に取り付けた変位計と試験機のロードセルによる計測値である。

### 4 結果

引きボルト式の継手接合部に対して引張性能を実験的に検討したところ、対象とした仕様の中ではハイブリッド型集成材の性能が最も高かった。性能予測において、剛性とボルトの破断耐力は精度良く算出できたが、せん断+引張りの複合的な破壊については、特に材料強度の設定について更なる検討が必要であると考えられる。



試験体



試験状況

課題番号	7-2	分野名	木材加工	予算区分	国庫・県単
研究課題名	とちぎ材を使用した新たな積層仕様等構造体の研究 〔一般流通材とプレカットによる平行弦トラスに関する開発研究〕				
担当者名	亀山 雄揮・吉田 智玲・木野本 亮・大塚 紘平			研究期間	平成27~32年度

### 1 緒言

中大規模木造建築において木造トラス架構は、6m以下の一般用流通材を組み合わせて大スパンを飛ばすための有効な手段である。本研究では、住宅用プレカット加工機の標準ラインで加工可能な接合部形式を開発し、引張力のかかる斜材にφ16の丸鋼を使用したプラットトラス形式の平行弦トラスの設計標準を作成することを目的として、県産ヒノキ製材、ヒノキスギハイブリッド集成材により構成されたトラスなど樹種等の異なる3種類の試験体に対し、実大曲げ試験を行った。

### 2 材料と方法

上弦材継手部分は腰掛鎌継とし、下弦材継手部分は2-M16両引きボルト接合(図1)とした。弦材-斜材の接合部は、角座掘り内で角座金を介して2-φ16ドリフトピンで支圧を受ける仕様を考案した(図2)。また、上弦材の両端部と斜材の接合部は、上弦材端部を斜めにカットして角座金t=9-80×80でM16ダブルナット締めとした。図3に示す通り、スパン10.8m、上下弦材芯々間高さ1.2mの平行弦トラス試験体を、弦材の樹種を変えた3種類×3体ずつ実大4点曲げ試験を行った。試験体の種類と使用部材を表1に示す。ここで、ベイマツスギハイブリッド集成材による試験体をTypeA、スギ集成材による試験体をTypeB、栃木県産スギ・ヒノキ材によるものをTypeCと名付ける(図3)。TypeCでは、上弦材にヒノキ製材を使用しており、流通している製材の長さの制限を加味し4m材を最大としたため、上弦材継手位置が他の試験体とは異なっている。また、束材にはスギ製材、斜材にはSS400丸鋼をすべての試験体に共通して使用した。試験方法は3等分点4点曲げとし、加力速度4mm/min(中央部たわみ100mm以降は8mm/min)の一方方向単調加力とした。前項の3種類の試験体について1種類につき3体、計9体について試験を行った。試験計測位置は、たわみ用計測点5点と各接合部での部材相対変位、部材ごとのひずみの計測を行った。

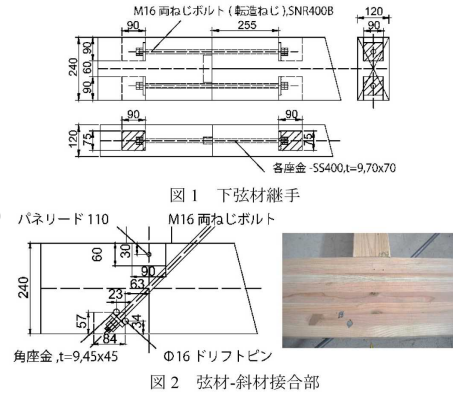


表1 使用部材一覧

試験体名	部材	構成部材	種別	強度等級	断面寸法(mm)
TypeA	上下弦材	ベイマツスギ 対称異等級構成集成材	E120-F320	120x240	
TypeB	上下弦材	スギ 対称異等級構成集成材	E95-F225	120x240	
TypeC	上弦材	ヒノキ 機械等級区分製材	E90~110	120x240	
(栃木県産材)	下弦材	ヒノキスギ 対称異等級構成集成材	E95-F270	120x240	
※共通	束材	スギ	機械等級区分製材	E70	120x120
	斜材	丸鋼	SS400	φ16	

### 3 結果概要

今回の試験体について、上式により降伏荷重 $W_y$ を計算すると $W_{y1} = 52.18kN$ ,  $W_{y2} = 59.06kN$ ,  $W_{y3} = 69.86kN$ となり、両端部斜材の引張降伏で決まり、 $W_y = 52.18kN$ となる。試験結果と比較すると、実験値の方が54~71kNとやや高い値となっている。試験結果がB, A, Cの順に高くなっており、樹種の影響が見られる。これは、実際にはSS400の斜材の $F_y$ が235kN/mm<sup>2</sup>より高いため、 $W_{y1}$ ではなく、 $W_{y2}$ のドリフトピン降伏で決まったのではないかと推測される。

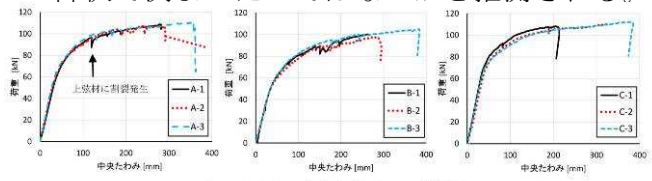


表2および図5 荷重-中央たわみの試験結果

試験体名	A-1	A-2	A-3	A平均	B-1	B-2	B-3	B平均	C-1	C-2	C-3	G平均
最大荷重 $P_{max}$ [kN]	109.0	108.0	110.6	109.2	100.3	97.5	104.8	100.8	111.0	112.4	110.8	
降伏荷重 $P_y$ [kN]	68.4	65.3	65.1	66.2	62.6	54.0	63.0	59.9	71.1	71.5	69.4	70.7
降伏変位 $\delta_y$ [mm]	47.0	42.8	38.5	42.7	50.4	40.1	50.7	47.1	39.4	45.9	40.1	41.8
初期剛性 $K$ [kN/mm]	1.6	1.6	1.7	1.6	1.3	1.4	1.2	1.3	1.8	1.8	1.9	1.7
終局耐力 $P_u$ [kN]	99.5	97.4	102.0	99.6	85.7	87.0	95.7	89.5	100.0	101.8	102.4	101.4



課題番号	7-3①	分野名	木材加工	予算区分	国庫・県単
研究課題名	とちぎ材を使用した新たな積層仕様等構造体の研究 〔一般流通材により構成されたストレススキンパネルの曲げ性能〕 ①要素試験				
担当者名	亀山 雄揮・吉田 智玲・木野本 亮・大塚 紘平			研究期間	平成27~32年度

### 1 緒言

近年、県産材の大径化に伴うスギ・ヒノキ材の新たな用途開発が求められている。また、中大規模木造建築物の増加に伴い、長スパンを架け渡す横架材の技術開発も急務となっている。そこで、実用化を視野に入れ、比較的低い材背で高い曲げ剛性が得られるストレススキンパネルの曲げ性能を実験的に検証することとした。本研究では、当構造体の重要な要素となる合板単体の引張性能試験を実施する。

### 2 材料と方法

合板メーカーに対する聞き取り調査の結果、平成27年7月現在流通している12mm厚構造用合板(JAS特類2級)のうち、表1に示す7種類の合板について、各6体の試験体を作製し実大引張試験を行った。(図2)加力は単調加力(1mm/分)とし、中央部標点距離500mmの位置に取り付けた変位計により変位を計測し、中央部に貼り付けたひずみゲージによりひずみを計測した。引張ヤング係数は、変位計とひずみゲージから算定した値のうち低い方の値を採用した。

### 3 結果概要

荷重と変位の関係を図3に、各試験体の引張強さ(5%下限値)および引張ヤング係数(50%下限値)を図4に示す。各試験体に共通して主な破壊性状は、表層単板の節部を基点に亀裂が進展する引張破壊であった。平行層の単板に着目すると、引張強さ(5%下限値)が最も大きい樹種はヒノキであり、次いでベイマツであった。引張ヤング係数(50%下限値)が最も大きい樹種はベイマツであり、次いでカラマツ、ヒノキという順になった。この要素試験の結果から、SSPのフランジ材として適当な合板はベイマツまたはヒノキで構成された合板と考えられ、今年度はコントロール材として入手のしやすさから、本研究のSSPのフランジ材として平行層をベイマツ、直交層をスギで構成された合板(BSBSB)を採用することとし、次年度以降に県産ヒノキの合板を採用することとした。

表1 試験体種類一覧

試験体名	厚さ	ply数	表層	中央層	直交層
BSBSB	12	5	ベイマツ	ベイマツ	スギ
KSKSK			カラマツ	カラマツ	スギ
KSSSK			カラマツ	スギ	スギ
SSSSS			スギ	スギ	スギ
HSHSH			ヒノキ	ヒノキ	スギ
HSSSH			ヒノキ	スギ	スギ
HHHHH			ヒノキ	ヒノキ	ヒノキ

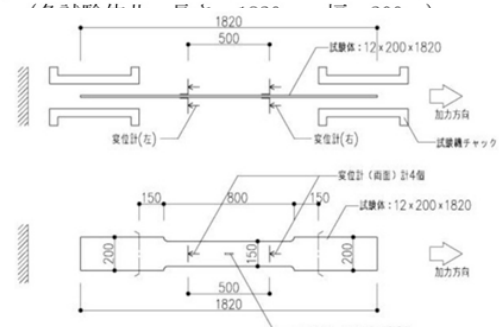


図2 引張試験体の概略

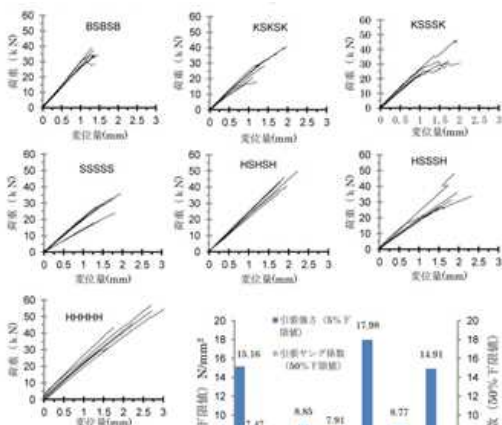


図3 荷重変位曲線

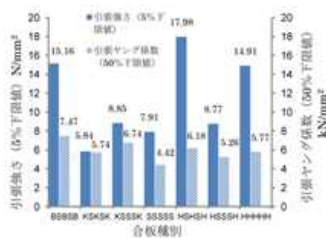


図4 構造用合板の単体引張試験結果



試験体製作状況

課題番号	7-3②	分野名	木材加工	予算区分	国庫・県単
研究課題名	とちぎ材を使用した新たな積層仕様等構造体の研究 〔一般流通材により構成されたストレススキンパネルの曲げ性能〕 ②実大曲げ試験				
担当者名	亀山 雄揮・吉田 智玲・木野本 亮・大塚 紘平		研究期間	平成27～32年度	

## 1 緒言

近年、県産材の大径化に伴うスギ・ヒノキ材の新たな用途開発が求められている。また、中大規模木造建築物の増加に伴い、長スパンを架け渡す横架材の技術開発も急務となっている。そこで本研究では、実用化を視野に入れ、比較的低い材背で高い曲げ剛性が得られるストレススキンパネル（以下SSP、図1）の曲げ性能を実験的に検証した。材料に一般流通材を用い、特殊な技術を要しない加工とすることで広く一般に普及しやすいものとした。

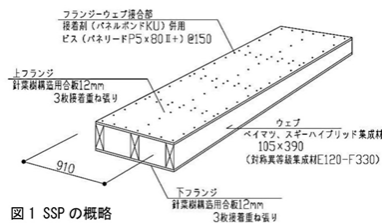


図1 SSPの概略

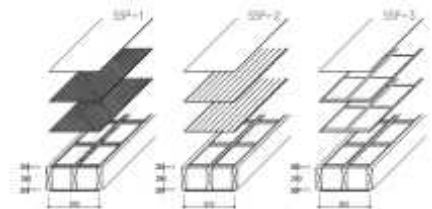


図2 接着剤塗布要領

## 2 材料

試験体の構成は以下のとおりである。本年度は、次年度以降予定しているとちぎ材のコントロール材として、ウェブ材はベイマツとスギからなるハイブリッド対称異等級構成集成材(E120-F330)とし、フランジ材はベイマツとスギからなる構造用合板3枚を、1層毎に継目を910mmずらして接着重ね張りし、それをウェブ材に接着剤を併用したビスどめとした(図1)。加力点付近の継目は、一番内側であるウェブ側の層に設けるものとした。接着剤は、コニシ(株)製パネルボンドKUを使用し、接着剤の塗布方法は試験体ごとに以下の3種類とした(図2)。試験体番号SSP-1は、コテを使用しウェブとつなぎ梁の上面およびフランジ材の合板の上面に接着剤を全面に塗り伸ばした状態で合板を張り合わせた。試験体番号SSP-2は、ウェブとつなぎ梁の上面およびフランジ材の合板の上面全体に接着剤をカートリッジガンで射出し、ビード状のまま合板を張り合わせた。試験体番号SSP-3は、ウェブとつなぎ梁の上面に接着剤を射出し、フランジ材の合板も同様の位置のみに接着剤を射出し、ビード状のまま合板を張り合わせた。接着剤の量は、3種類とも500g/m<sup>2</sup>とした。構造用ビスは東日本パワーファスニング(株)製パネリードP5×80Ⅱ+を使用し、ウェブ材およびつなぎ梁の上に150mm間隔で打ち込んだ。



試験体番号SSP-1は、コテを使用しウェブとつなぎ梁の上面およびフランジ材の合板の上面に接着剤を全面に塗り伸ばした状態で合板を張り合わせた。試験体番号SSP-2は、ウェブとつなぎ梁の上面およびフランジ材の合板の上面全体に接着剤をカートリッジガンで射出し、ビード状のまま合板を張り合わせた。試験体番号SSP-3は、ウェブとつなぎ梁の上面に接着剤を射出し、フランジ材の合板も同様の位置のみに接着剤を射出し、ビード状のまま合板を張り合わせた。接着剤の量は、3種類とも500g/m<sup>2</sup>とした。構造用ビスは東日本パワーファスニング(株)製パネリードP5×80Ⅱ+を使用し、ウェブ材およびつなぎ梁の上に150mm間隔で打ち込んだ。

## 3 試験方法

試験方法は単調加力による3等分点4点曲げ試験とし、スパンは8.0mとした。加力速度は、最大荷重まで10分以上となるよう調整し、試験体が破壊するまで加力した。

試験体数は各仕様1体とした。



## 4 結果概要

荷重変位曲線は、明確な降伏点を示すことなく最大荷重までほぼ弾性状態で推移し破壊に至るといった脆性的な破壊であったが、SSPの実大曲げ試験において最も低い値を示した試験体SSP-2であっても木質構造設計規準の構造用合板1級の長期許容引張応力度による最大荷重の4.29倍であり実用上十分な強度を有していることを確認できた。



課題番号	8-1	分野名	木材加工	予算区分	国庫・県単
研究課題名	中大規模木造建築物に用いる構造用材の乾燥技術開発 〔大径材の異なる条件下における乾燥速度の検証〕				
担当者名	亀山 雄揮・吉田 智玲・木野本 亮・大塚 紘平			研究期間	平成27～32年度

### 1 緒言

公共建築物等木材利用促進法が施行され、木造による中大規模建築物の増加が見込まれるなど、まさに国産材利用への追い風が吹いている状況である。また、県内の森林資源は、スギ・ヒノキ人工林の大径化が進んでいることから、用途拡大・新製品開発による中大規模建築物への活用が望まれており、大空間を実現する新たな大スパン構造体の研究開発が進んでいるところである。そこで、重要になるのが、使用目的に合わせた人工乾燥や天然乾燥、あるいはこれらを組み合わせた複合乾燥等新たな乾燥技術の開発である。本年度は、乾燥材として中大規模木造建築物に活用されることを念頭において、スギ大径材の異なる条件下「丸太（樹皮付・剥皮）」における天然乾燥による乾燥速度等その影響について検証を行った。

### 2 材料と方法

供試体：県産スギ丸太

- ① φ360～400mm×4,000mm  
伐採時期：乾燥試験開始直前(6月)  
(樹皮付3本、樹皮無3本)
- ② φ430～460mm×5,000mm  
伐採時期：乾燥試験開始8ヶ月前(前年10月)  
(樹皮付4本、樹皮無2本)



定期的に供試体の重量を計測し、その重量変動及び供試体の状態を目視により確認した。



### 3 結果概要

- ・ 樹皮の有無について、皮無しH26.6の減少率が大きく剥皮の効果が認められた  
⇒皮無し丸太は半年間密度が減少し続け、特に前半の減少率が大きく、3ヶ月で6ヶ月間の85%もの減少が見られた
- ・ 乾燥方法（樹皮の有無）や乾燥期間に応じて丸太の乾燥方法を選択することが重要

