

## 長大スパンに対応する接着重ね材の開発

令和2年度～令和4年度  
木材チーム 山本 幸雄

### 1. 目的

平成22年の「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」により、非住宅分野建築物の木造化が促進されている。これら非住宅分野の建築物では大きな空間が必要なため、長大スパンに対応できる大断面集成材が使用されることが多いが、県内にはそれを製造できる工場はない。

このような中、平成31年1月に接着重ね材の日本農林規格<sup>1)</sup>(以下、JASと記す)が制定された。接着重ね材とは、構造用に使用する断面が105～150mmの製材(以下、製材ラミナと記す)を、その繊維方向を互いにほぼ平行にして厚さ方向に2～5層積層接着した構造用木材である。これにより集成材とほぼ同様な、長辺が最大で750mmの構造材を、一般に流通している寸法の製材で製造できるようになった。また接着重ね材には、集成材に比べ接着剤の使用量が少なく、圧縮するための設備と養生を行うための施設のみの少ない投資で製作が可能といった利点が挙げられる。

しかし、JASには製材ラミナのたて継ぎに関する規定がなく、接着重ね材の長さは一般的に流通している製材品の長さの制約を受けることになり、4メートルを超えるスパンへの対応は困難である。そこで本年度は、より長大スパンへの対応を目標に、大分県産スギ製材品をフィンガージョイント(以下、FJと記す)でたて継ぎした製材ラミナで接着重ね材を試作し、曲げ試験を行い、その性能を検討したので報告する。

### 2. 試験方法

#### 1) たて継ぎ製材ラミナの引張試験

たて継ぎしたスギ製材ラミナで接着重ね材を試作するにあたり、FJと節との間隔を検討するため、たて継ぎした製材ラミナの引張試験を行った。

#### (1) 供試材

はじめに、大分県内の大分方式乾燥材認証工場で製材、乾燥(含水率15%以下)された断面寸法が105×105mmで長さ4mのスギ製材7本を準備し、寸法、重量、縦振動ヤング係数(以下、 $E_{fr}$ と記す)、最大節径、集中節径等を測定した。次いで、7本のうち5本について、長さを2mに切断し二つのグループに分け、寸法、重量、 $E_{fr}$ を測定した。その後、一方のグループはFJと節との間隔が、材長方向で測定した節径の1倍になる位置で切断・FJ接合し、試験体を作製した(以下、1dグループと記す)。もう一方のグループは、FJと節との間隔が3倍になるようにした(以下、3dグループと記す)。残りの2本について、片方を1d、他方を3dとした。FJの成形には、フィンガーシェイパー(飯田工業株式会社製 FJS-252T)を、圧縮には、フィンガーコンポーザー(飯田工業株式会社製 FJP-8ET)を用いた。

#### (2) 引張試験

試験には、木材引張試験機(飯田工業株式会社製 NET-401G)を用いた。

## 2)FJ たて継ぎ製材ラミナを用いた接着重ね材の試作

FJ たて継ぎした製材ラミナについて、長さ 3m の製材 2 本を FJ たて継ぎし 6m にした製材ラミナ（以下、FJ3-3 製材ラミナと記す）と、長さ 3m の製材の両木口に 1.5m 材を FJ たて継ぎし 6m にした製材ラミナ（以下、FJ1.5-3-1.5 製材ラミナと記す）、長さ 4m の製材の両木口に 1m 材を FJ たて継ぎし 6m にした製材ラミナ（以下、FJ1-4-1 製材ラミナと記す）の 3 種類を作製した。

また、試作した接着重ね材は、FJ3-3 製材ラミナと FJ1.5-3-1.5 製材ラミナを組み合わせた A タイプと、FJ1-4-1 製材ラミナと FJ3-3 製材ラミナを組み合わせた B タイプの 2 種類とした。図-1 に組み合わせ方を示す。

接着重ね材の種類について、たて継ぎ製材ラミナの  $E_{fr}$  をもとに試験体構成の検討を行った。構成は JAS に準拠し、非対称異等級構成を基本とし、一部対称異等級構成とした。

たて継ぎ製材ラミナを用いた接着重ね材作製のため、大分県内の製材所で製材、乾燥された断面寸法が 105×105mm で長さ 3m のスギ製材 21 本と、断面寸法が 105×105mm で長さ 4m のスギ製材 7 本を準備し、寸法、重量、 $E_{fr}$ 、最大節径、集中節径等を測定した。

A タイプの接着重ね材に使用した FJ3-3 製材ラミナについて、準備した長さ 3m の製材 21 本のうち、木口を FJ したとき、FJ から節までの距離が節径の 3 倍以上になる材 18 本を選び、 $E_{fr}$  の高い材から 12 本を  $E_{fr}$  の高い順に 2 本を組み合わせ、FJ たて継ぎし、FJ3-3 製材ラミナ 6 本を作製した。FJ1.5-3-1.5 製材ラミナについては、FJ から節までの距離が節径の 3 倍以上になる材 18 本のうちの残り 6 本を  $E_{fr}$  の高い順に 2 本を組み合わせ、組み合わせた 2 本のうち  $E_{fr}$  の高いほうを 1.5m に切断し、他方の 3m 製材の両木口に FJ し、FJ1.5-3-1.5 製材ラミナ 3 本を作製した。FJ3-3 製材ラミナの  $E_{fr}$  の高い順に、A タイプ接着重ね材 1 体目の外層引張側、外層圧縮側、2 体目の外層引張側、外層圧縮側、3 体目の外層引張側、外層圧縮側に、FJ1.5-3-1.5 製材ラミナの  $E_{fr}$  の高い順に、A タイプ接着重ね材 1 体目の内層、2 体目の内層、3 体目の内層に配置し、A タイプの接着重ね材を作製した。

B タイプの接着重ね材に使用した FJ1-4-1 製材ラミナについて、準備した長さ 4m の製材の  $E_{fr}$  が高いほうから 3 番目の材を長さ 1m に切断し、 $E_{fr}$  が高いほうから 1 番目と 2 番目の両木口に FJ し、FJ1-4-1 製材ラミナを 2 本作製した。次に、長さ 4m の製材の  $E_{fr}$  が低いほうから 1 番目と 2 番目の材をそれぞれ 3m と 1m に切り、それぞれの 3m 材を FJ し FJ3-3 製材ラミナを 1 本、切ったそれぞれの 1m 材を長さ 4m の製材の  $E_{fr}$  が高いほうから 4 番目の材の両木口に FJ たて継ぎし、FJ1-4-1 製材ラミナを 1 本作製した。A タイプの接着積層材に使用しなかった 3m 製材のうち  $E_{fr}$  が最も低いものを 1m に切り、そのうちの 2 本を長さ 4m の製材の  $E_{fr}$  が高いほうから 5 番目の材の両木口に FJ たて継ぎし、

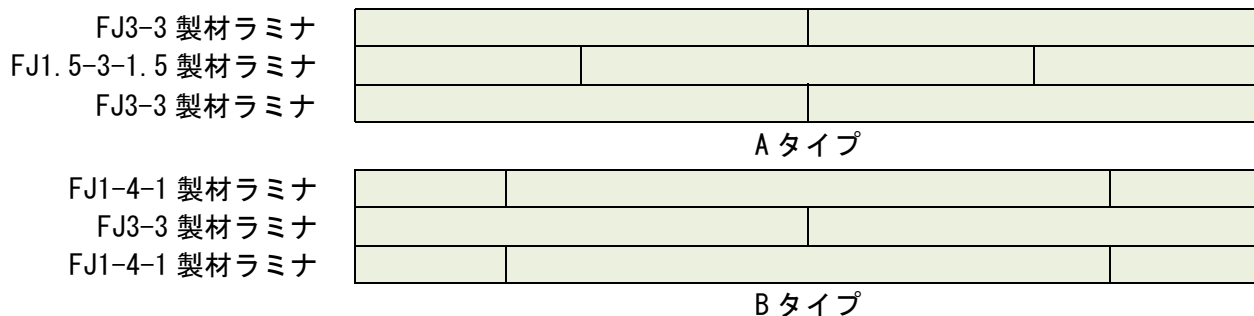


図-1 FJ 製材ラミナの組み合わせ方

FJ1-4-1 製材ラミナを 1 本作製した。A タイプの接着積層材に使用しなかった 3m 製材のうち、残りの 2 本を FJ し FJ3-3 製材ラミナを 1 本作製した。作製した FJ1-4-1 製材ラミナを引張又は圧縮側に、FJ3-3 製材ラミナを内層に配置し、B タイプの接着重ね材を作製した。

FJ の成形には、フィンガーシェイパー（飯田工業株式会社製 FJS-252T）を用いた。また FJ の接着には、水性高分子-イソシアネート系木材接着剤（株式会社オーシカ製 鹿印ピーアイボンド TP-111（主剤：TP-111、架橋剤：H-3M））を用いた。重量部で、主剤 100 部に対し架橋剤を 15 部の割合で調合し、0.4MPa で圧縮した。

積層接着には、TP-111 を用いた。重量部で、主剤 100 部に対し架橋剤を 15 部の割合で調合し、調合後ハンドローラーを用いて積層面に対し約 300g/m<sup>2</sup> の割合で両面塗布した。その後、通直湾曲集成材製造装置（小林機械工業製 M-RS）により圧縮し 60 分以上養生した。圧縮圧力は 0.8MPa とし、トルクレンチを用いてボルトの締め付けを管理した。その後、各試験体の寸法、重量、 $E_{fr}$  を測定した。

### 3) 曲げ試験

試験には、木材実大強度試験機（株式会社 島津製作所製 UH-1000kNAR）を用いた。スパンは 5,400mm とした。加力点間距離はスパンの 4/18 倍である 1,200mm とした。

加力速度は 10mm/min とした。加力及び支持点の一端をピン支持、他端をピンローラー支持とした。

変位は、ストレインゲージ式変位計（株式会社 東京測器研究所製 SDP-200D 及び SDP-100CT）を用いてスパン中央及び加力点で測定した。

また、JAS に準じ、曲げ強さ（以下、 $\sigma_b$  と記す）と曲げヤング係数（以下、 $E_b$  と記す）を求めた。 $E_b$  は最大荷重の 10% と 40% 時の変位差と荷重差を用い求めた。ただし、試験体のめり込み変形は考慮しなかった。

また、曲げ剛性（以下、 $E_b I$  と記す）及び FJ 製材ラミナの  $E_{fr}$  を用いた等価断面法<sup>2)</sup>による剛性（以下、 $E I_e$  と記す）も求めた。試験の様子を写真-1 に示す。



写真-1 曲げ試験の様子

## 3. 結果及び考察

### 1) たて継ぎ製材ラミナの引張試験

1d グループと 3d グループの密度と  $E_{fr}$ 、引張強度の平均値と標準偏差、5% 下限値<sup>3)</sup>を表-1 に示す。引張強度の平均値の検定の結果 1d と 3d に差は認められなかった（ $p=0.05$ ）が、1d の 5% 下限値が 14.7MPa に対し 3d のそれは 22.9MPa と 1.5 倍高い値を示した。そこで、以降の FJ たて継ぎ製材ラミナでは、FJ と節との間隔が 3 倍になるようにした。

表-1 たて継ぎ製材ラミナの引張試験結果

FJ と節 の間隔	密度 (kg/m <sup>3</sup> )		$E_{fr}$ (GPa)		引張強さ (MPa)		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	5% 下限値
1d	471	39.2	8.2	1.2	29.2	6.20	14.7
3d	472	54.9	8.6	1.1	31.7	3.77	22.9

2)FJ たて継ぎ製材ラミナを用いた接着重ね材の試作と曲げ試験

試作した接着重ね材の強度等級、 $E_{fr}$ 、最大荷重、 $\sigma_b$ 、 $E_b$ 、 $E_bI$ 、 $EI_e$ を表-2に示す。

$\sigma_b$ について、すべての試験体でJASの基準値を上回った。図-2に、JASに規定される $\sigma_b$ の基準値と $\sigma_b$ の関係を示す。

JASの $E_b$ の基準値と、 $E_{fr}$ 、 $E_b$ の関係を図-3に示す。JASの $E_b$ の基準値と、 $E_{fr}$ 及び $E_b$ の間には強い正の相関がみられた。

$EI_e$ と $E_bI$ の関係を図-4に示す。 $EI_e$ と $E_bI$ の間には強い正の相関があることが分かったが、 $E_bI$ は $EI_e$ の0.94倍程度という結果になった。これは $E_b$ を求めるとき、支持点のめり込み変形を考慮しなかったためと考えられる。

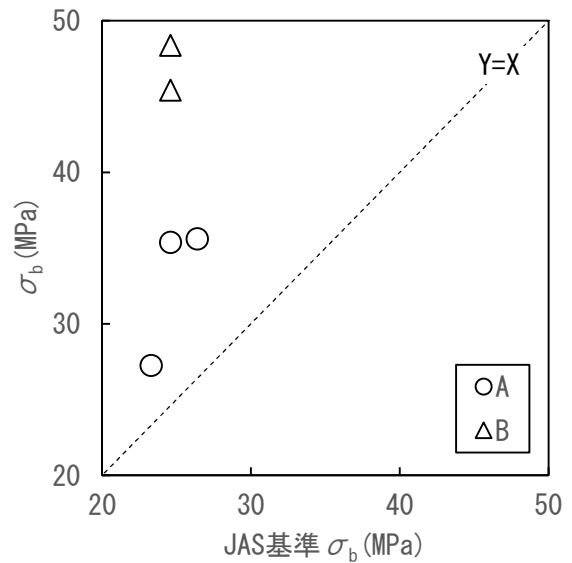


図-2  $\sigma_b$ の関係

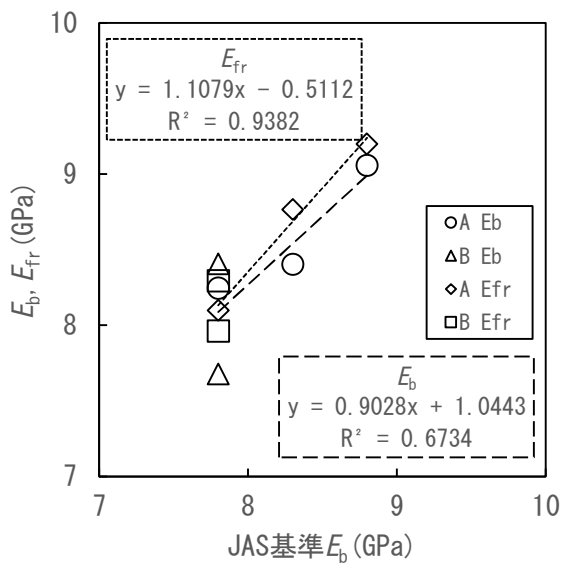


図-3 ヤング係数の関係

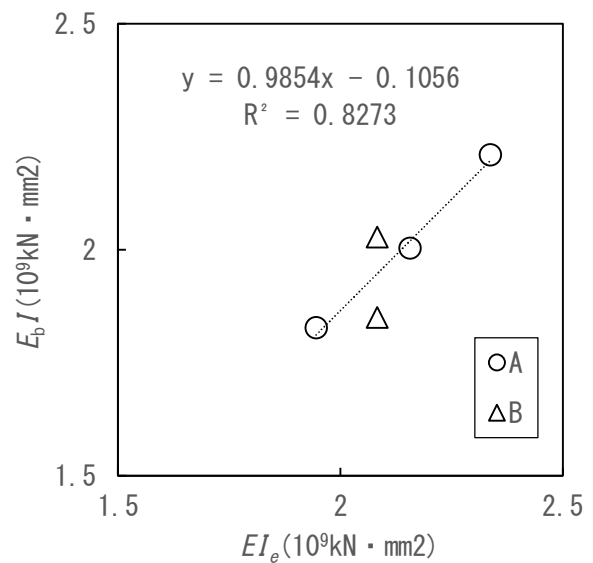


図-4  $EI_e$ と $E_bI$ の関係

表-2 試作した接着重ね材の性状

種類	番号	強度等級	$E_{fr}$ (GPa)	最大荷重 (kN)	$\sigma_b$ (MPa)	$E_{fr}$ (GPa)	$E_bI$ ( $10^9\text{kN}\cdot\text{mm}^2$ )	$EI_e$ ( $10^9\text{kN}\cdot\text{mm}^2$ )
A	1	E80-F240	8.1	51.01	35.4	8.2	1.83	1.95
	2	E85-F230	8.8	41.29	27.3	8.4	2.00	2.16
	3	E90-F260	9.2	54.71	35.6	9.1	2.21	2.34
B	1	E80-F240	8.3	69.22	45.4	7.7	1.85	2.08
	2	E80-F240	8.0	73.72	48.4	8.4	2.03	2.08

#### 4. まとめ

大分県内で製材されたスギ FJ 製材ラミナを用いた接着重ね材を JAS に準じ試作し、曲げ試験を行った結果、以下のことが分かった。

- ・ FJ でたて継ぎした製材ラミナについて、FJ と節との間隔は節径の 3 倍必要。
- ・ 試作した接着重ね材は、JAS の基準値を満足した。

#### 謝辞

今回の試験では、大分大学理工学部創生工学科/建築学コース 木質構造研究室准教授 田中 圭氏及び同研究室の学生の方々に、多大なご協力を頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 接着重ね材の日本農林規格 (JAS 0006) , 平成31年1月
- 2) 日本木材学会 木材強度・木質構造研究会編：ティンバーメカニクス 木材の力学理論と応用 183-192, 2015年
- 3) 財団法人日本建築学会編：木質構造設計基準・同解説 ー許容応力度・許容耐力設計法ー 153, 2006年