

トドマツ材を用いた枠組壁工法用床根太部材の開発

- フィンガージョイントにより幅はぎした210材 -

大橋 義徳 佐藤 司 田口 崇
戸田 正彦*¹ 松本 和茂*² 高山 光子*³

Development of a Floor Joist for Wood Frame Construction

Using Todomatsu Lumber

-Edge jointed 2 by 10 using finger joint-

Yoshinori OHASHI Tsukasa SATO Takashi TAGUCHI
Masahiko TODA Kazushige MATSUMOTO Mitsuko TAKAYAMA

We developed a method for an edge joint using a finger joint (FJ), in order to manufacture 2 by 10 's for wood frame construction using todomatsu (*Abies sachalinensis*) lumber efficiently. The manufacturing conditions for the edge joint using the FJ were examined, and bending tests and trial calculations of cost of edge jointed 2 by 10 's using the FJ were carried out. The following results were obtained.

1) Fine machinability and operability were obtained by using the prototype FJ cutter suitable for the edge joint.

2) As a result of the examination of the adhesive properties and measurement of the dimensions and form, the optimal closing pressure for the edge joint was found to be 0.78 MPa, and it was confirmed that the edge joint using the FJ enabled the shortening of the pressing time and the omission of the finishing process.

3) As a result of the bending tests, the average modulus of elasticity was found to be 15% lower than the standard value of SPF-No.2; however, the calculated deflection was in compliance with the building code standard. The lower tolerance limit of the modulus of rupture was 34% higher than the standard strength. The coefficient of variance of the modulus of rupture was less than half of that of dimension lumber; therefore it was shown that the end joint and edge joint would be able to reduce the variance of bending strength.

4) As a result of the trial calculations of product cost, it was confirmed that the edge joint using the FJ would be able to cut the cost as compared with the conventional method using a butt joint (BJ).

Key words : *Abies sachalinensis*, wood frame construction, floor joist, finger joint, edge joint
トドマツ, 枠組壁工法, 床根太, フィンガージョイント, 幅はぎ

道産トドマツ材を幅はぎして枠組壁工法の床根太用210材を効率的に製造するため、フィンガージョイント(FJ)を用いた新たな幅はぎ方法を開発した。FJによる幅はぎの製造条件の検討、FJにより幅はぎした210材の曲げ強度試験、製品コストの試算を行い、以下の結果を得た。

1)幅はぎに適したフィンガーカッターを試作し、良好な被削性および作業性が得られた。

2)接着性能や寸法形状の測定結果から、適正な圧締圧は0.78MPaであった。また、FJによる幅はぎによって圧締時間の短縮と仕上げ鉋削の省略が可能となることが確かめられた。

3)曲げ試験の結果、曲げヤング係数の平均値はJAS甲種SPF2級の基準値より15%低かったが、計算したたわみ量は建築基準法の基準を満たした。曲げ強さの下限値は基準強度よりも34%大きかった。曲げ強さの変動係数は枠組壁工法用製材の半分以下であり、たて継ぎと幅はぎにより強度のバラツキが抑えられた。

4)製品コストを試算した結果、FJによる幅はぎは従来のバットジョイント(BJ)による方法に比べて低コストとなることが確かめられた。

1. はじめに

北海道は枠組壁工法の普及率が全国で最も高く、平成12年度における新設木造戸建て住宅の24.9%が同工法で建設され¹⁾、年々そのシェアを伸ばしてきている。このように北海道では枠組壁工法による住宅需要が他の都府県より多く、しかも豊富なトドマツ人工林資源を背景として、国内で唯一の枠組壁工法構造用製材の生産が行われている²⁾。しかしながら、その生産は小径間伐材によるために204材や206材に限定されており、床組や小屋組に多用される210材といった梁せいの大きな部材は、依然として北米からの輸入に依存している。そのため、為替変動や輸出国内の住宅着工など様々な要因により大きな価格変動を余儀なくされている。さらに、210材の品質低下を指摘する声も挙がり、地域材による総合的な部材供給体制の構築が期待されている³⁾。

そこで、本研究では枠組壁工法用部材の自給率の向上とトドマツ間伐材の需要拡大のために、トドマツ間伐材を用いた枠組壁工法用床根太210材の開発を目的とした。

幅の狭い204材や206材から幅の広い210材を製造する場合、一般的にはBJによる幅はぎ方法^{4,5)}が用いられるが、本報ではFJを応用した新たな幅はぎ方法を考案した。そして、FJにより幅はぎするための製造条件の検討、FJにより幅はぎした210材の曲げ強度試験および従来のBJによる幅はぎ方法との製造コストの比較を行ったので報告する。

なお、本研究の一部は、第50回日本木材学会大会(2000年4月、京都市)で発表した。

2. FJによる幅はぎの製造条件の検討

2.1 切削工具

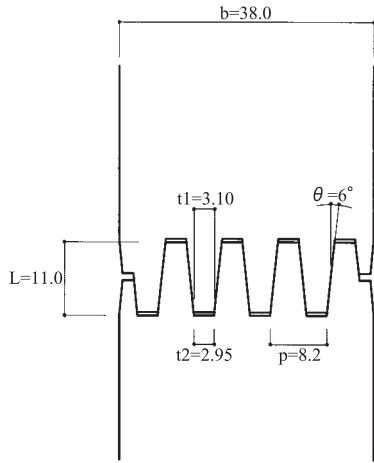
幅はぎに適したフィンガーカッターを検討するため、市販のたて継ぎ用カッター(フィンガー長さ $L=11.0$ 、底部幅 $t=0.6$ 、ピッチ $P=4.0\text{mm}$ 、スカーフ傾斜角 $\theta=7^\circ$)を用いて予備切削を行った。たて継ぎと同様にフィンガーカッターの刃先をスパイラル状に配列して切削を試みたが、木材に切り込む方向がたて継ぎと異なるためフィンガー先端が逃げやすく、形状が先太りになってしまった。そこで、カッターの刃先を直線上に配列して切削したところ、フィンガー先端が逃げずに良好な形状が得られるようになった。しかし、節のある部分を切削すると、隣り合うカッターの間に切りくずが詰まって切削不良となる場合があった。

そこで、これらの不具合を解消するために、先端幅を広げてピッチを大きくしたカッターを試作した。この試作カッターによって切削されるフィンガーチップの形状を第1図に示す。試作カッターは、精密研磨機により成形した平刃(材質HSS)を多軸かん盤用かん胴に2枚取り付けたものとした。このカッターを用いて切削したところ、切りくずが詰まらずに良好な形状が得られるとともに、ピッチを広げたことで、幅はぎするとき反りのあるラミナでもかん合せやすくなることが分かった。したがって、本研究では良好な結果が得られたこの試作カッターを用いて幅はぎを行うこととした。

2.2 圧締圧

2.2.1 かん合圧縮試験

FJにより幅はぎするときの圧締圧の適正範囲を把握



第1図 試作カッターによるフィンガーチップの形状

凡例) b : 材厚(mm), L : フィンガー長さ(mm),
p : ピッチ(mm), θ : スカーフ傾斜角(度),
t1 : 先端幅(mm), t2 : 底部幅(mm)

Fig. 1. Form of the finger chips that was shaved by the prototype cutter.

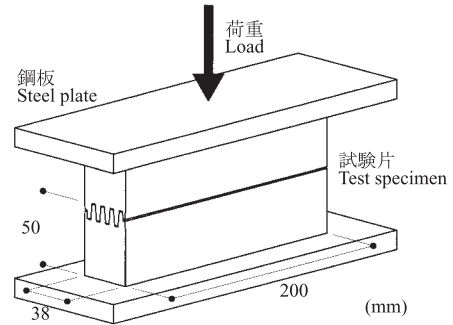
Legend) b : Width of lumber(mm); L : Length of finger(mm);
p : Pitch(mm); θ : Angle of scarf(deg.);
t1 : Top width(mm); t2 : Bottom width(mm)

するため、かん合圧縮試験を行った。試験は、堀江らのたて継ぎ用FJの実験⁶⁾を参考にし、フィンガー切削したトドマツ材をかん合させた状態で、強度試験機により破壊まで横圧縮し、得られる圧縮圧と変形量の関係から、圧縮圧の適正範囲を調べた。試験方法の概要を第2図に示す。

試験体は、幅はぎ加工した二つのラミナをはめ合わせたものを6体とした。ラミナの寸法は38 × 50 × 200mmとした。実測したフィンガーチップの形状は、先端幅 t1=3.09, 底部幅 t2=2.97, かん合度 (t1-t2) =0.12mmであった。

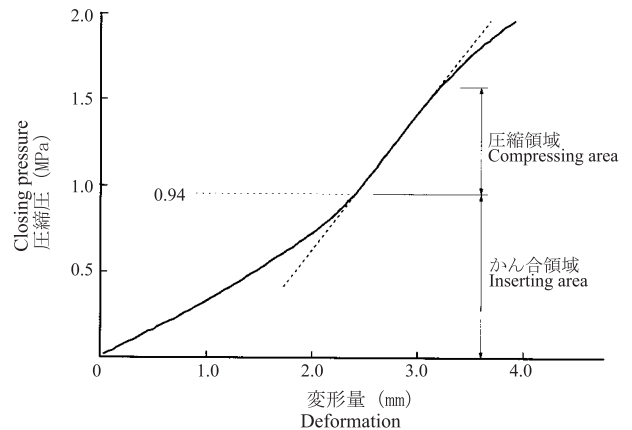
試験には、インストロン型強度試験機((株)島津製作所製, 容量10tf)を用いた。圧縮圧は、得られた荷重を受圧面積 (38 × 200mm=7,600mm²) で除した値とし、変形量は、クロスヘッドの移動量をひずみゲージ式変位変換器 (最大ストローク10mm, 分解能1/1,000mm) で計測した値とした。

この試験では、接着剤をかん合部分に塗布した状態で行った。接着剤は、低粘度タイプの水性高分子-イソシアネート系接着剤(光洋産業(株)製, 主剤: KR-E26, 架橋剤: AX-10)を使用し、主剤100部に対し架橋剤を5部添加した。塗布はエアースプレーガンを用



第2図 かん合圧縮試験

Fig. 2. The compression test of insert type.



第3図 圧縮圧 - 変形量の関係曲線の一例

Fig. 3. An example of closing pressure-deformation curve.

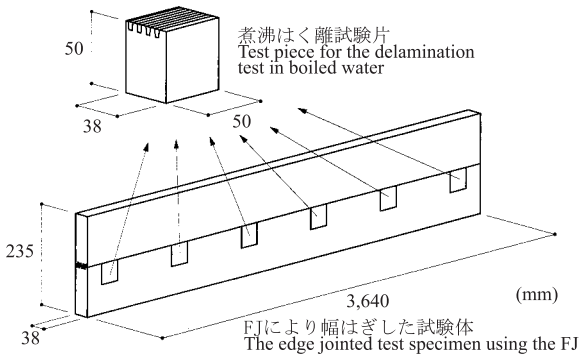
いて接着面の両面に均一に行い、塗布量はFJの有効接着面積に対して300g/m²とした。

得られた圧縮圧-変形量曲線の一例を第3図に示す。圧縮圧と変形量の関係は、かん合領域と圧縮領域に大別された。かん合領域はフィンガー先端部と底部のすき間(かん合すき間)がなくなるまでの領域であり、図では変形量に対して圧縮圧が緩やかに増加している。圧縮領域はかん合すき間がなくなった後から塑性破壊を生じるまでの領域であり、図では変形量に対し圧縮圧が直線的に増加している。

フィンガージョイントの場合、かん合すき間がなくなればそれ以上の圧縮圧をかける必要がないことから、かん合すき間がなくなるときの圧縮圧を圧力の上限と定め、その値として圧縮領域の比例下限値を求めた。その結果、試験体6体の平均値が0.94MPaとなり、この値を圧縮圧の上限とした。

2.2.2 圧縮圧が接着性能に及ぼす影響

圧縮圧と接着性能との関係を調べるため、煮沸はく



第4図 煮沸はく離試験片の概要
Fig. 4. Outline of the specimens for the delamination test in boiled water.

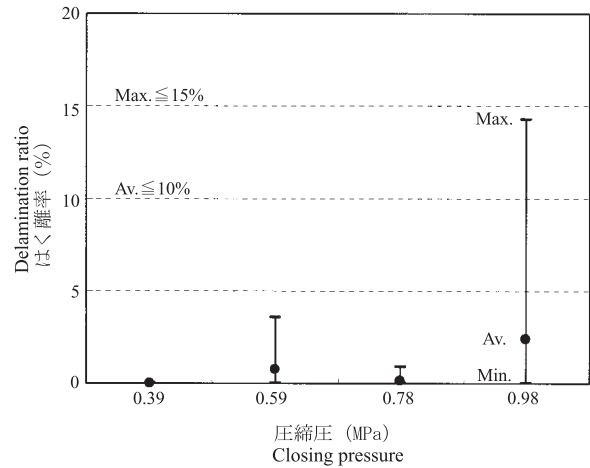
離試験を行った。

この試験に用いた試験片(38×50×50mm)は、実大サイズの試験体(38×235×3,640mm)から採取した(第4図)。試験片の採取にあたっては、試験体からフィンガージョイント部の中心が現れるようにし、1つの試験体から6個切り出した。

試験体のフィンガーチップの形状は、先端幅 $t_1=3.11$ 、底部幅 $t_2=2.97$ 、かん合度(t_1-t_2)=0.14mmであった。圧縮圧は、0.39、0.59、0.78、0.98MPaの4水準とした。試験体数は、0.59と0.78が各2体、0.39と0.98が各1体の計6体とした。塗布量は、かん合圧縮試験では有効面積に対して 300g/m^2 としたが、木口からの接着剤のしみ出しが多かったため、この試験では 250g/m^2 とした。圧縮時間は、接着剤のしみ出しがほぼ完了する3分間とした。

煮沸はく離試験は、枠組壁工法構造用たて継ぎ材のJASに準拠し、沸騰水中に5時間浸せきし、さらに室温水中に1時間浸せきした後、水中から取り出して60の恒温乾燥器中で18時間乾燥させる処理を1サイクルとし、3サイクルを行った。評価は、試験片の繊維方向に平行な切断面に現れる接着層7層を対象として、はく離長さが3mm以上のものを測定し、接着層長さの合計(7層×50mm=350mm)に対する割合をはく離率とした。その適合基準は、3サイクル後において個々の試験片のはく離率が15%以下であり、かつ、全試験片の平均はく離率も10%以下とされている。

試験の結果を第5図に示す。その結果、圧縮圧4水準ともはく離率が適合基準を満たしたが、0.98MPaの



第5図 煮沸はく離試験の結果
Fig. 5. Results of the delamination test in boiled water.

一部で比較的大きなはく離が発生した。それは、高い圧縮圧により最外縁にあるフィンガーチップが破損したことによって発生したと考えられる。他の3水準では、はく離率がきわめて低く、良好な結果が得られた。

以上より、0.39～0.78MPaで十分な接着性能が得られることが確かめられた。

2.2.3 圧縮圧が寸法形状に及ぼす影響

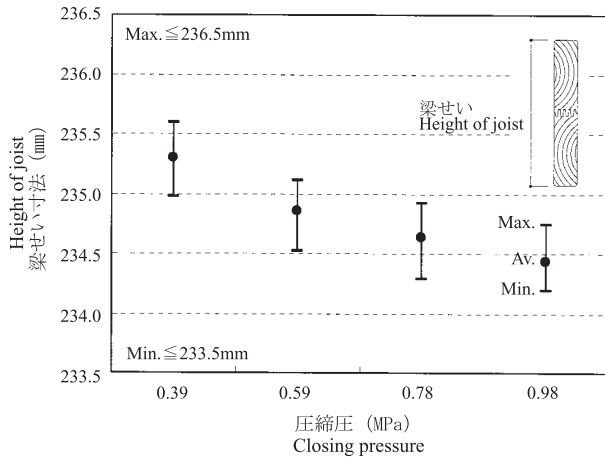
FJで幅はぎをする際の圧縮圧が製品の寸法形状に及ぼす影響を調べるため、前述の煮沸はく離試験後の試験体を用いて、梁せい寸法および幅反り矢高を測定した。

これらの測定は、解圧1週間後に仕上げ鉋削をしない状態で行い、1体につき各々5か所測定した。梁せい寸法の測定にはデジタルノギス(分解能1/100mm)、幅反り矢高の測定にはダイヤルゲージ(分解能1/100mm)を用いた。

測定結果を第6図、第7図に示す。測定値の評価基準は、枠組壁工法構造用製材のJASに従い、梁せい誤差は規定寸法に対して±1.5mm以内、幅反り矢高は4.8mm以下(甲種枠組材2級の210材の規定値)とした。

梁せいについては、圧縮圧が大きくなるにつれて減少する傾向が認められた。ほぼ同じ寸法のラミナを張り合わせていることから、梁せいが小さければそれだけかん合すき間が小さいことになる。かん合すき間は強度的には断面欠損と考えられるため、小さいほうが望ましいことから、この結果だけを見れば圧縮圧は高い方がよいと考えられた。

幅反り矢高については、各水準の平均値はほとんど



第6図 梁せいの測定結果(解压1週間後)

Fig. 6. Results of the measurement of the height of joist (one week later after releasing pressure).

差がなかったが,最大値では0.98MPaで大きな矢高を示すものがあった。これは最外縁のフィンガーがめくれ上がったためであり,圧縮圧が過大であると考えられた。

以上の結果から,最適な圧縮圧は0.78MPaであると判断した。

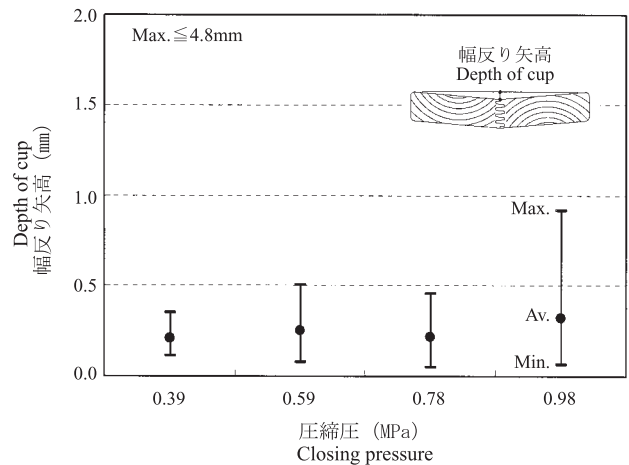
また,寸法形状の点では,いずれの圧縮圧においても梁せいの誤差および幅反り矢高はJASの品質基準を満たしており,FJによる幅はぎは,仕上げ鉋削をしなくても十分な梁せいの寸法精度および幅反り形状を得られることが確かめられた。

3. 幅はぎした210材の曲げ強度試験

ここまでに決定した製造条件に基づいてFJにより幅はぎした道産トドマツ210材の曲げ強度試験を行った。

3.1 試験体

試験体の寸法は, $38 \times 235 \times 3,690$ mmとした。ラミナの原材料は,道産トドマツ間伐材による枠組壁工法構造用製材(206材)の鉋削されていない乾燥材とした。ラミナは,乾燥材を枠組壁工法構造用たて継ぎ材のJASの甲種枠組材SPF2級に準じて欠点除去を行った後,たて継ぎしたものとした。ラミナはすべて,FFTアナライザ((株)小野測器製,CF-1200「パッソ」)を用いて縦振動法による動的ヤング係数 E_{fr} を測定した。幅はぎを行う2枚のラミナは, E_{fr} がほぼ等しいものを組み合わせた。幅はぎの条件は,圧縮圧0.78MPa,かん合度0.14mm,圧縮時間3分,接着剤の塗布量は



第7図 幅反り矢高の測定結果(解压1週間後)

Fig. 7. Results of the measurement of the depth of cup (one week later after releasing pressure).

250g/m²とした。試験体数は10体とした。

曲げ破壊した試験体の各ラミナ(20本)の非破壊部分の材質を調べたところ,平均値で気乾比重0.38,含水率9.6%,平均年輪幅5.5mmであった。

3.2 試験方法

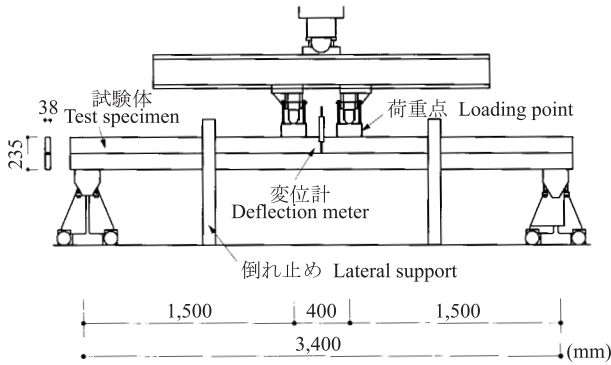
曲げ強度試験の方法を第8図に示す。試験は,油圧式強度試験機((株)東京衡機製造所製,曲げ容量200kN)を用いて行った。荷重方式は荷重点間400mmの2点荷重方式とし,試験スパンは3,400mmとした。倒れ止めは2か所に配置した。荷重の計測には容量200kNのロードセルを使用し,たわみ量の計測は,スパン中央部の両側面においてひずみゲージ式変位変換器(最大ストローク100mm,分解能1/100mm)により行い,それらの平均値をスパン中央の曲げたわみとした。

3.3 結果と考察

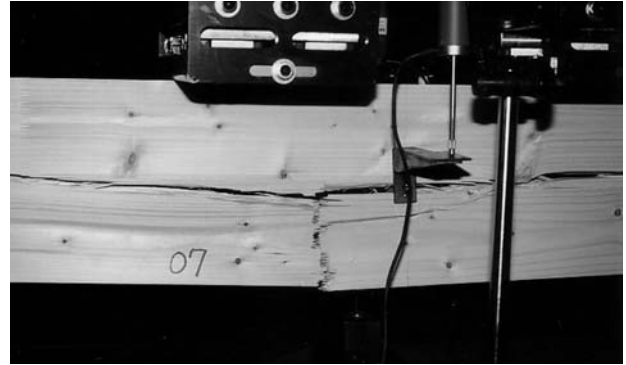
3.3.1 破壊形態

破壊形態の一例を第9図に示す。試験体10体すべての破壊形態は,図のように下側ラミナの外縁に位置する節またはたて継ぎ部位における脆性的な引張破壊であった。節によるものが6体,たて継ぎによるものが4体であった。図のように引張破壊後に幅はぎに沿ってき裂が進行する形態が多く見られたが,主たる要因は節またはたて継ぎであり,今回の試験条件では,幅はぎが要因となる形態は見られなかった。

3.3.2 曲げ剛性



第8図 曲げ強度試験の方法
Fig. 8. Method of the bending test.



第9図 破壊形態の一例(たて継ぎの引張破壊)
Fig. 9. An example of the failure mode(The tension failure was caused at the end joint of the downside lamina).

第1表 FJ幅はぎした210材の曲げ強度試験の結果
Table1. Results of the bending tests of the edge jointed 2 by 10's using the FJ.

	E_c (GPa)	E_b (GPa)	E_b/E_c	σ_b (MPa)
Max.	9.71	8.78	0.98	34.8
Av.	8.92	8.21	0.92	29.2
Min.	8.08	7.64	0.87	20.9
CV(%)	5.7	4.5	-	16.0
TL	-	-	-	19.4

凡例) E_c : E_b を用いて計算した曲げヤング係数, E_b : 実験による曲げヤング係数, E_b/E_c : E_b の E_c に対する比,
 σ_b : 最大曲げ応力度, CV: 変動係数, TL: 信頼水準75%の5%下側許容限界
 Legend) E_c : Modulus of elasticity calculated by E_b ; E_b : Modulus of elasticity by experiment; E_b/E_c : Ratio of E_b to E_c ;
 σ_b : Modulus of rupture of bending; CV: Coefficient of variation; TL: 5th percentile lower tolerance limit with confidence level of 75%

曲げ試験の結果を第1表に示す。曲げヤング係数 E_c は、上下ラミナの E_{fr} の差によって中立軸がずれることを考慮した梁全体の曲げヤング係数の計算値であり、上下ラミナの材せいが等しいとき(1)式により得られる。

$$E_c = \frac{3E_1E_2}{2(E_1+E_2)} + \frac{E_1+E_2}{8} \quad (1)$$

ただし、

E_1 : 上側ラミナの E_{fr}

E_2 : 下側ラミナの E_{fr}

曲げヤング係数 E_b は、試験で得られた荷重-たわみ曲線から求めた静的な曲げヤング係数の実験値であり、(2)式により得られた。

$$E_b = \frac{\Delta P}{\Delta \delta} \frac{a(3L^2 - 4a^2)}{48I} \quad (2)$$

ただし、

P/l : 荷重-たわみ曲線の比例域における傾き

L : 試験スパン (=3,400mm)

a : 支点から荷重点までの距離 (=1,500mm)

I : 断面二次モーメント (= $38 \times 235^3/12 = 4.11 \times 10^7 \text{mm}^4$)

E_c および E_b ともに、幅はぎ部分のかん合すき間やサイドカッターによる凹凸は微小であるため無視できるものとし、矩形断面のラミナを2枚幅はぎした梁として計算を行った。

その結果、平均値で E_c は 8.92GPa, E_b は 8.21GPa となり、 E_b が E_c よりも 8% ほど低い値を示した。その原因としては、一般的に木材は完全な弾性体ではないため、静的な測定方法では塑性ひずみの影響により動的な測定方法よりもヤング係数が 5 ~ 10% ほど低い値を示すと言われている⁷⁾。また、せん断変形が含まれることも影響していると考えられる。

日本建築学会では、枠組壁工法構造用製材の甲種 SPF2 級の曲げヤング係数を 9.61GPa⁸⁾ と定めているが、この値と E_b の平均値 8.21GPa を比較すると、トドマツ 210 材は 15% ほど低い結果となった。

このような曲げヤング係数を持つトドマツ 210 材を床根太として使用し、設計荷重がかかったときのたわみ量 δ_{pl} を計算した。設計荷重や計算方法は枠組壁工法の構造計算方法⁹⁾ に従い、(3)式により得られた。

$$\delta_{pl} = \frac{5WL^4}{384E_bI} \times C_{cp} \quad (3)$$

ただし、

L : 床根太スパン (=3,640mm)

W : 設計荷重 (= (固定荷重 + 積載荷重) × 床根太間

隔 + 床根太自重 = (450 + 600) × 0.455 + 50 = 5.30 × 10²N/m)

E_b : 曲げヤング係数 (=8.21GPa=8.21 × 10³N/mm²)

I : 断面二次モーメント (=38 × 235³/12=4.11 × 10⁷mm⁴)

C_{cp} : 変位増大係数 (=2.0)

計算の結果, ρ_{pl} は 7.2mm となった。床根太としての制限たわみ量 ρ_{lim} は, 建設省告示第 1459 号でスパンの 1/250 以下と定められており, ここでは, ρ_{lim} = 3,640/250 = 14.6mm 以下となる。 ρ_{pl} はそれに比べて十分に小さいことから, 実用上の問題はないと言える。

3.3.3 曲げ強さ

曲げ強さ σ_b は, 上下のラミナのヤング係数 E_{fr} を考慮した (4) 式を用いて計算した。

$$\sigma_b = \frac{PahE_2(3E_1 + E_2)}{8IE_c(E_1 + E_2)} \quad (4)$$

ただし,

E_1 : 上側ラミナの E_{fr}

E_2 : 下側ラミナの E_{fr}

E_c : (1) 式により計算した曲げヤング係数

I : 断面二次モーメント (=38 × 235³/12=4.11 × 10⁷mm⁴)

P : 最大荷重

a : 支点から荷重点までの距離 (=1,500mm)

h : 梁せい (=235mm)

その結果, 第 1 表より平均値が 29.2MPa, 変動係数 CV が 16.0% となった。内迫ら¹⁰⁾ が行った北米産たて継ぎ材の曲げ試験では, 210 材 (SPF2 級, n=19) の平均値が 28.3MPa, CV が 15.2% であり, ほぼ同等の値を示した。

変動係数 CV は, Doyle ら¹¹⁾ が行ったサザンパイン製材の曲げ試験によれば, 210 材 (No.2 glade, n=99) で 38%, Aplin ら¹²⁾ が行ったダグラスファー製材の曲げ試験では, 208 材で 46% (No.2 glade, n=107) であった。今回の試験ではこれらの試験に比べて試験体数が少ないため断言はできないが, たて継ぎや幅はぎを行うことによって強度のバラツキを減少させる可能性が示唆された。

建設省告示第 1452 号では 枠組壁工法構造用製材甲種 SPF2 級 210 材の曲げ強さの基準強度を, 14.7MPa (=曲げ基準強度 × 210 材の寸法調整係数 = 21.6MPa × 0.68) と定めている。枠組材の評価方法¹³⁾ にもとづい

て, 曲げ強さ σ_b の信頼水準 75% の 5% 下側許容限界 TL を母集団を正規分布と仮定して求めたところ, TL は 19.4MPa となり, 210 材の基準強度よりも 32% ほど大きく, 十分な曲げ強度を持つことが明らかとなった。

4. コスト試算

FJ による幅はぎによって, 圧縮工程の短縮と仕上げ鉋削の省略が可能となることが確かめられたが, その一方で, FJ 部分の材積の歩留り低下や接着剤塗布量の増加など, コスト増加の要因がいくつか考えられる。そこで, FJ による幅はぎ (FJ タイプ) を用いた 210 材のコスト試算を行った。比較のため, 4 面回転プレスを用いた従来の BJ による幅はぎ (BJ-R タイプ), 高周波プレスを用いた BJ による幅はぎ (BJ-H タイプ) についても試算した。試算条件を以下に示す。

- ・新設の工場建物に新規の機械設備を導入し, 公的補助を受けないものとする。

- ・原板はトドマツ乾燥材とし, その単価を 32,000 円/m³ とする。

- ・接着剤を水性高分子-イソシアネート系接着剤とし, その単価を 350 円/kg とする。

- ・原板寸法は, FJ タイプでは 45 × 130 × 2,500mm, BJ タイプでは 45 × 125 × 2,500mm とする。

- ・製品寸法 = 38 × 235 × 3,650mm

- ・製造工程は, 原板欠点除去 たて継ぎ用鉋削 たて継ぎ 幅はぎ用鉋削 接着剤塗布 幅はぎプレス 仕上げ鉋削 (FJ タイプでは省略)

- ・年間生産量 3,100m³ (道内における 210 材の総需要量約 3 万 m³¹⁴⁾ の 1 割に相当)

試算結果を第 2 表に示す。生産工程を検討したところ, FJ タイプでは通常の横はぎプレス 1 台で済み, 仕上げ鉋削用モルダラーが不要となる。一方, 同じ生産量を達成するには BJ-R タイプでは回転プレス 3 台と仕上げモルダラー 1 台, BJ-H タイプでは高額な高周波プレス 1 台と仕上げモルダラー 1 台が必要となるため, BJ タイプの機械設備費, 建物面積, 従業員数が FJ タイプよりも増加した。それに伴って, 製品コスト (利益率を 3% とした工場出荷価格) は, FJ タイプが 58,332 円/m³, BJ-R タイプが 62,782 円/m³, BJ-H タイプが 60,900 円/m³ となり, FJ を用いた幅はぎ方法が 210 材のコストを削減できると予想された。

第2表 幅はぎ210材のコスト試算の結果
Table2. Results of the trial calculations of cost of the edge jointed 2 by 10's.

	幅はぎタイプ Type of edge joint		
	FJ	BJ-R	BJ-H
機械設備費(千円) Cost of machine plant (thousand yen)	40,420	89,620	80,220
建物面積(m ²) Area of factory building	360	650	422
従業員数(人) Payroll	8	10	9
製品コスト(円/m ³) Product cost (yen/m ³)	58,332	62,782	60,900

注)FJタイプは積層プレスをを用いたFJによる幅はぎ,
BJ-Rタイプは回転プレスをを用いたBJによる幅はぎ,
BJ-Hタイプは高周波プレスをを用いたBJによる幅はぎ
Note) FJ type is the edge joint using the FJ with the laminating
press; BJ-R type is the edge joint using the BJ with the rotary
press; BJ-H type is the edge joint using the BJ with the high-
frequency press.

5. まとめ

道産トドマツ材を用いて枠組壁工法用210材を効率的に製造するため、FJを用いた新たな幅はぎ方法を開発した。FJにより幅はぎするための製造条件の検討、FJにより幅はぎしたトドマツ210材の曲げ強度試験、コスト試算を行い、以下の結果を得た。

- 1)幅はぎに適したフィンガーカッターを試作し、良好な被削性および作業性が得られた。
- 2)接着性能や寸法形状の測定結果から、適正な圧縮圧は0.78MPaであった。また、FJによる幅はぎによって圧縮時間の短縮と仕上げ鉋削の省略が可能となった。
- 3)曲げ試験の結果、曲げヤング係数 E_b の平均値は8.21GPaとなり、枠組壁工法構造用製材の甲種SPF2級の基準剛性より15%ほど低くなったが、計算したたわみ量は建築基準法告示の基準を満たした。曲げ強さ σ_b の信頼水準75%の5%下側許容限界 TL は19.4MPaとなり、甲種SPF2級の基準強度よりも34%ほど大きかった。曲げ強さ σ_b の変動係数CVは16.0%と低く、ラミナのたて継ぎとFJによる幅はぎを行うことによって強度のバラツキを低減できることが示された。
- 4)2枚のラミナを幅はぎした210材の製品コストを試算した。その結果、FJによる幅はぎは4面回転プレスまたは高周波プレスをを用いた従来のBJによる幅はぎよりもコスト削減が可能となった。

文 献

- 1) (財)建築物価調査委員会：“建築統計年報平成13年度版”，320-371(2001)
- 2) 山内聖昭：木材工業，51，591-594(1996)
- 3) 宮島寛：北方林業，48，270-273(1996)
- 4) McAlister R.H.：Forest Prod.J.，24(7)，17-22(1974)
- 5) Johnson J.W.：Forest Prod.J.，28(11)，37-43(1978)
- 6) 堀江秀夫，倉田久敬：林産試験場研究報告，No.73，1-33(1984)
- 7) 北原覚夫：“木材物理”，森北出版，113-117(1966)
- 8) (社)日本ツーバイフォー建築協会：“1998年枠組壁工法建築物構造計算指針”，枠組壁工法建築物設計の手引・構造計算指針編集委員会編，41-42(1998)
- 9) 住宅金融公庫：“枠組壁工法の構造計算の手引き - スパン表の解説 -”，(財)住宅金融普及協会編，21-46(2001)
- 10) 内迫貴幸，徳田迪夫，松原千裕：三重大学生物資源学部演習林報告，23，1-14(1999)
- 11) Doyle D.V.；Markwardt L.J.：U.S.Forest Service Res. Pap.FPL，64，1-20(1966)
- 12) Aplin E.N.；Green D.W.；Evans J.W.；Barrett J.D.：U.S.Forest Service Res. Pap.FPL，475，1-16(1986)
- 13) (社)日本ツーバイフォー建築協会：“1998年枠組壁工法建築物構造計算指針”，枠組壁工法建築物設計の手引・構造計算指針編集委員会編，203-210(1998)
- 14) 米田昌世：林産試だより，7月号，2-7(1995)

- 技術部 加工科 -

- * 1：性能部 構造性能科 -

- * 2：企画指導部 企画課 -

- * 3：企画指導部 経営科 -

(原稿受理：02.8.9)