

地域材を利用した接着重ね梁の実用化試験(1)

—カラマツ 6 m 接着重ね梁の製造と性能評価—

伊東嘉文・吉田孝久・橋爪丈夫

カラマツ接着重ね梁を従来の長さ 4 m での研究成果を基に、長さ 6 m の接着重ね梁を作製し、その性能評価等を行った。その結果、エレメントの乾燥に伴うねじれは最大値で 44mm/6m に達し、修正挽き、積層接着仕上げを経て接着重ね梁を作製した後もプレーナの掛からない部分を有する試験体が過半を占めた。強度性能は、動的ヤング係数(Efr)が高いエレメントと低いエレメントの組み合わせた 22 体では曲げヤング係数(MOE)が概ね 9~10kN/mm² に平均化され、曲げ強さ(MOR)との相関は認められなかった。Efr が同程度のエレメントを組み合わせた 26 体では MOE と MOR との相関が認められた。計 48 試験体を試験条件により補正した MOE の平均値は 9.51kN/mm²、同様に MOR のそれは 34.4N/mm² であり、無等級材の基準強度 26.7N/mm² を下回った試験体は 2 体であった。接着性能については、煮沸はく離試験において構造用集成材の JAS 基準値を満たさないものが比較的多く見られ、この面で課題を残した。

キーワード：カラマツ、強度性能、ねじれ、6 m 接着重ね梁、接着性能

1 緒言

長野県の主要樹種であるカラマツの間伐材等中目材の利用を図るため、大型プロジェクト研究「地域材を利用した高信頼性構造用材の開発」(国庫補助事業)の一環として、カラマツの長さ 4m の接着重ね梁が開発され、使用事例も増加しつつある。これを更に利用の幅を広げるため長尺化し、長さ 6m の接着重ね梁を作製し、その性能を評価した。

本研究は、新技術研究成果現地実証事業(国庫補助事業)により実施したものである。



写真-1 カラマツ 6m 丸太

2 接着重ね梁製造に伴う形状変化

2.1 試験の目的

接着重ね梁のエレメント(積層接着前の 1 本の部材)の乾燥に伴うねじれ、曲り、割れ等の形状変化が、長尺化により増大することが危惧されるため、その実態の把握を目的とした。

2.2 試験方法

2.2.1 供試材(エレメント)

平成 15 年度(以下、「平成」は省略する)は末口径 18~24cm、長さ 6 m、年輪数 40~50 の松本市入山辺産のカラマツ丸太から、140mm 正角を 49 本製材した。16 年度は末口径 18~30cm、長さ 6 m、年輪数 40~80 の上伊那郡長谷村(当時)及び同郡高遠町(当時)産のカラマツ丸太(写真-1)から、140mm 正角を 58 本製材し、両年度材とも駒ヶ根市の上伊那森林組合伊南工場において人工乾燥した。

乾燥スケジュールは①〔蒸煮 95℃、6 時間〕+

- ②〔乾球温度 120℃、湿球温度 90℃、24 時間〕+
- ③〔乾球温度 90℃、湿球温度 70℃、144 時間〕+
- ④〔クーリング 24 時間〕である。この中で、②が材面割れ抑制のための高温低湿処理である。

乾燥終了後、11 本(15 年度 5 本、16 年度 6 本)は切断し、全乾法による含水率試験片を採取した。

これら以外の材は同工場において、15 年度はあまり間を置かずに、16 年度は約 4 ヶ月間の養生期間を置いて修正挽き・モルダ掛けし、125mm 角(前者は 44 本、後者は 52 本)に調整した。これらを接着重ね梁のエレメントとした。

2.2.2 供試体(接着重ね梁)

15 年度は人工乾燥後、3 週間程度以内に接着重ね梁を作製した。

作製方法は、エレメント 44 本について縦振動法による動的ヤング係数(Efr)を測定し、2 本のエレメントを最大のもの、2 番目に

高いものと2番目に低いもの、3番目に……、という具合に2本の平均値が概ね 9.5~10kN/mm²の間となるように組合せ、上伊那森林組合伊南工場において(株)オーシカ製接着剤「鹿印ピーアイボンド 6000」を用いて積層接着(写真-2)し、幅 120mm、高さ 240mm に調製して 22 体の試験体とした。

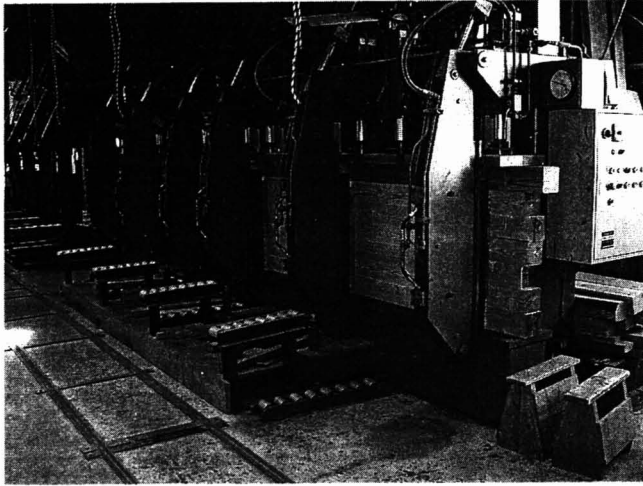


写真-2 積層接着の状況

これらを、上伊那郡高遠町(当時)の同組合木質バイオマスエネルギー工場内の倉庫に約6ヶ月間保管し、接着重ね梁としての供試体とした。

16年度は2.2.1で述べたように養生期間を置いて仕上げたエレメントを用いて接着重ね梁を作製した。

エレメントの組合せ方法は15年度と異なり、エレメント52本のEfrが順に低いもの同士から高いもの同士まで組合せ、2本の平均値は8kN/mm²台~14kN/mm²台となった。15年度と同様に積層接着し、26体の接着重ね梁としての供試体とした。

2.2.3 試験・調査の方法

(1) エレメント

15年度試験体49本については、乾燥終了後、ねじれ(3点を固定し、残りの1点の浮き上りの高さ---写真-3)、曲り(矢高の最大値)、割れ(4材面の長さの合計で、木口から100mm以内は除く)、寸法(幅・厚さ)、含水率計(株)ケット科学研究所製・高周波式木材水分計MOCO-2)による含水率を測定した。うち5本は切断し、全乾法による含水率(7分割して材内水分傾斜を計測)を測定した。

残り44本を125mm正角のエレメントに調製し、最大削り残し長さ(プレーナの掛らない部分の長さ)、断面辺長の最小値についても測定した。

16年度試験体58本についても15年度と同様に乾燥終了後、ねじれ、曲り、割れ、含水率計による含水率を測定した。これらの測定は7月、9月、

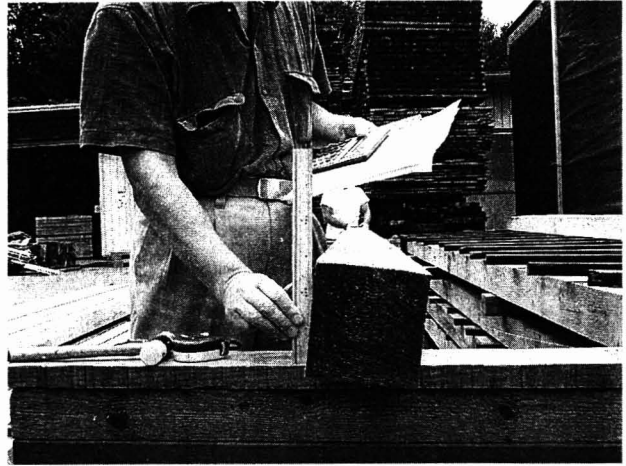


写真-3 エレメントのねじれの測定

11月の3回行った。その後、うち6本を切断して15年度と同様に全乾法による含水率を測定した。また、残り52本は15年度と同様に、最大削り残し長さについても測定した。

(2) 接着重ね梁

15年度試験体22体は上伊那森林組合伊南工場内で約6ヶ月間保管した後、当センターに移送し、接着重ね梁としてのねじれ(長辺を横にして一方を固定し、もう一方の浮上り高さ---写真-4)を5.8m区間で測定した。また、削り残し部分の幅と長さも計測した。



写真-4 接着重ね梁のねじれの測定

16年度試験体26体についても同様に接着重ね梁としてのねじれ、及び削り残し部分を計測した。

2.3 形状変化等の試験結果と考察

2.3.1 エレメントの形状変化

(1) ねじれ

図-1は15、16年度のエレメント全体のねじれ量の分布を示し、図-2は順位化したねじれと曲りの分布を年度毎に対比させたもので、積層接着直前での値である。図-1、2からカラマツ6mエレ

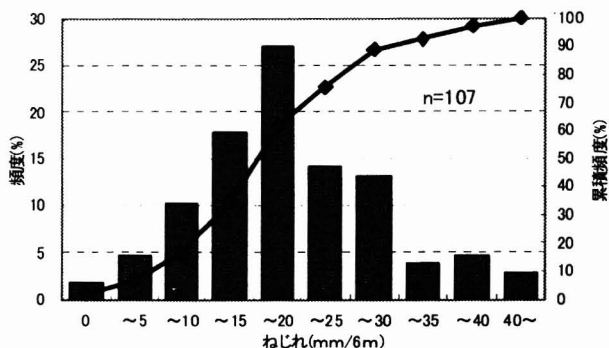


図-1 カラマツ6mエレメントのねじれ(浮上り高さ)量

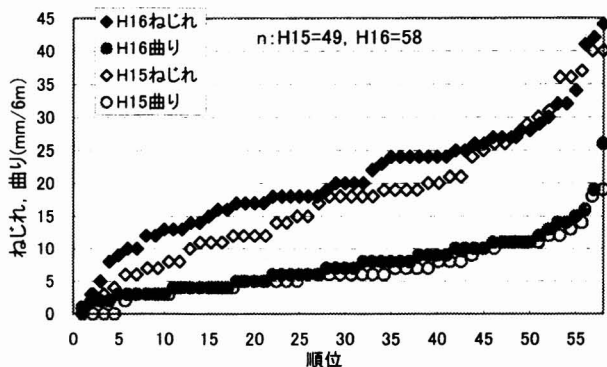


図-2 カラマツ6mエレメントの順位化したねじれ,曲りの分布状況

メントのねじれは9割以上が35mm/6m以下であった。

15年度の49本のエレメント(仕上げ前)の人工乾燥後のねじれは0～40mm/6mで、平均値は17.8mm/6mであった。

16年度は前述のとおり、乾燥後約4ヶ月間の養生期間を置いたため、58本のエレメントのねじれ量の出現頻度の推移を図-3に示した。人工乾燥直後のねじれは0～35mm/6m(平均値16.1mm/6m)と、15年度よりやや少ない程度であったが、約4ヶ月経過後のそれは0～44mm/6m(平均値20.6mm/6m)となり、ねじれが進行していた。

図-4は、15年度の49本中5本、及び16年度の58本中6本について試験片中央部を7分割し、全乾法によって測定した材内含水率分布を表して

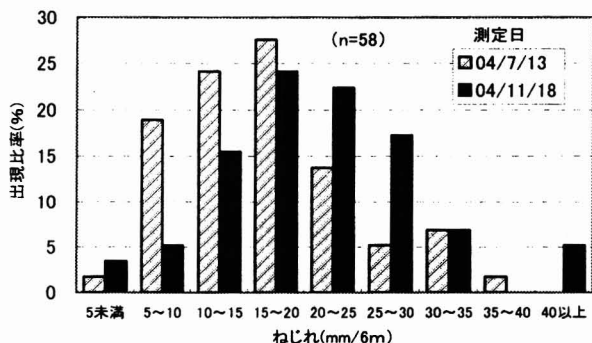


図-3 ねじれ量の推移

いる。図中で15年度の◆■の線形はねじれが40mm/6mの材であり、●の線形は21mm/6m程度の材、×の線形はねじれが8mm/6mの材である。

図-3, 4から、養生期間を置かない15年度試験材では内部まで乾燥の進んだ材のねじれが大きい傾向が見られた。また、養生期間を置いた16年度試験材は水分傾斜が少なくなっている。

このように、通常行われている高温乾燥でも、乾燥終了後当分の間は、材内部にある程度高い含水率を有する材も存在することを示している。

また、僅かではあるが、乾燥しても殆どねじれ

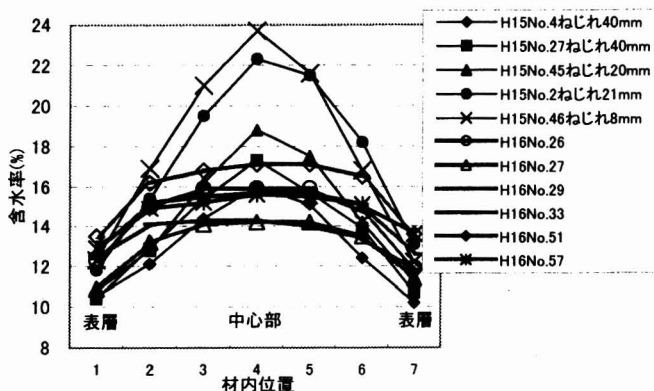


図-4 エレメントの材内含水率分布

ない材もあり、カラマツのねじれに対する個体差の大きいことが再認識された。

各試験片の7分割しない全体の全乾法による含水率は15年度材が11.0～15.8%で、16年度が12.3～14.6%と、ほぼ同程度であるが16年度の方がバラツキが若干少なかった。

含水率試験片を採取した15年度の残り44本について125mm正角のエレメントに調製したが、ねじれの程度が大きく、125mmの寸法が確保できずにプレーナが掛らない部分を有する材が多くを占めた。この部分の断面辺長の最小値とねじれの間係を図-5に示した。125mmを下回った断面辺長を有するエレメントは30本であり、最終的に接着重ね梁に仕上げる段階での幅及び高さの1/2の寸法

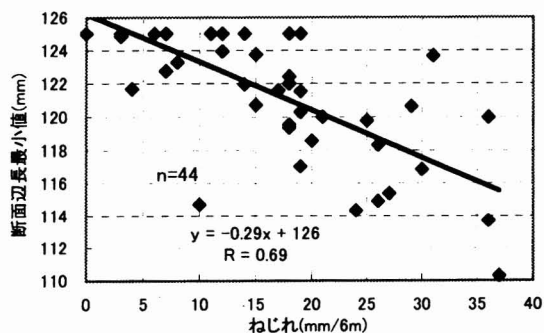


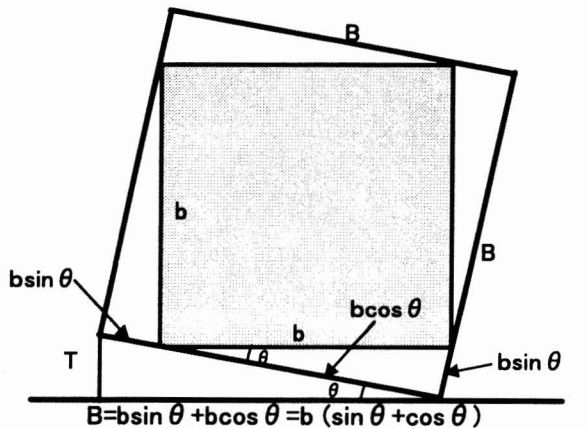
図-5 エレメントのねじれと断面辺長最小値との関係

である120mmをも下回ったエレメントは15本で、断面辺長が最小であったものは110.3mmであった。

次に、乾燥に伴うねじれ等の形状変化を考慮した仕上り寸法と製材寸法の関係について考察する。

図-6は目標仕上げ寸法**b**(ここでは120mm)を確保するため、ねじれの角度 θ によって必要な製材寸法**B**との関係を示したものである。同図から $B=b(\sin\theta + \cos\theta)$ の関係にあることが解る。

ねじれは材長の中央部で中立となるため、修正挽きによってねじれ部分を除去するには、材の両端でねじれを半分ずつ浮かせた状態で挽けば足りる。従って、近似的には実際のねじれ角の1/2の



$B = b \sin \theta + b \cos \theta = b (\sin \theta + \cos \theta)$
 $T = B \sin \theta = b (\sin \theta + \cos \theta) \sin \theta = b (\sin^2 \theta + \sin \theta \cos \theta)$

b: 仕上り寸法, B: 必要製材寸法, T: ねじれ(浮上り高さ), θ : ねじれ角

図-6 ねじれた材の仕上り寸法と製材寸法との関係

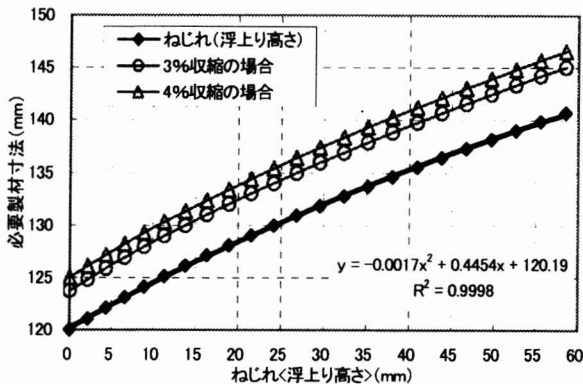


図-7 ねじれ、収縮と必要製材寸法との関係 (120mm角の場合)

場合の必要寸法を算出すれば良いことになる。

これに加え、乾燥による収縮も考慮しなければならない。収縮については16年度の養生後の58本の幅・厚さの寸法を測定したところ、平均値は137.4mm程度であり、最低値は135.1mm、標準偏差は1.1mmであった。生材時の寸法を測定していないため正確には解らないが、製材工場に依頼した製材寸法は140mm(工場の製材精度にもよるが、実

際には寸法不足を避けるため、141mmか142mm程度に製材されることが通例である)であり、これを基準に5mm収縮したとすると約3.6%の収縮となり、大部分の収縮率は3~4%程度と考えて良からう。

これを、ねじれの修正のための必要寸法に更に上乘せすることが必要となる。

図-7はねじれの角度を浮上り高さに換算し、必要とする製材寸法との関係を、図-6の計算式により示し、これに加えて収縮率が3%と4%の場合の必要寸法を示したものである。更に、曲り(後述)があればそれを考慮しなければならない。

実際のねじれ等は、計算通りに均等に変形するとは限らず、また、挽き直しによるねじれの修正は、工場の加工機械の性能や、作業担当者の個人的能力により左右される部分も大きい。今回の試験結果も、その影響を受けていると思われる。

(2) 曲り

乾燥終了後に測定した曲りは図-2のように両年度の差異は殆ど無く、また、16年度の3回の測定でも殆ど変化がなく、人工乾燥が終了した時点で曲がるものは曲がっていたと推測される。

図-8は15, 16年度のエレメント全体の曲り量の分布を示したものである。曲り量は16年度の1本を除いて0~19mm/6mであった。

構造用製材の日本農林規格(JAS)の構造用IIの曲りに関する1級の基準(材長方向の弦長に対する最大矢高の比率が0.2%以下)、即ち12mm/6m以下の材は107本中96本で、90%であった。

13mm/6m以上の材も上記JAS2級(0.5%以下)は満たしており、長い材の割には曲りが比較的小さいと言えそうである。しかし、接着重ね梁のエ

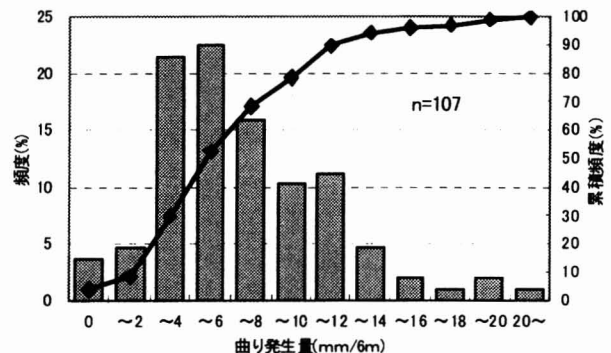


図-8 カラマツ6mエレメントの曲り(最大矢高)量

レメントとして曲りを修正するには、矢高相当分の寸法の上乗せが必要であり、ねじれと共に、修正挽きによる調整には大きく影響していると推測

された。

（3） 割れ

15, 16 年度の 4 材面の割れ長さの合計を順位化して図-9 に示した。15 年度は割れの無いものから最高で 1113cm に達したものがあつたが、この最高値の材は例外的な 1 本で、これを除くと 661cm が最高で、1113cm のものを除く平均値は 283cm であつた。

16 年度は、大部分は 15 年度よりも割れ長さは少なく、400mm 程度以下が大部分であつたが、一部に際立って高い値を示したものがあつて、数本ずつが 600~1000cm 付近と 1400~1800cm 付近に分布してゐた。

これら際立って割れの多い材は、従前の例から見ると乾燥前に微小な割れが生じていた可能性もあるが、本試験においては、乾燥前には割れが生じていないものと考え、測定していないため生材時の状況は不明である。

なお、乾燥直後と約 4 ヶ月養生後の割れ長さに変化は見られなかつた。

総じて言えば、本試験におけるエレメントに顕著な割れは少なく、人工乾燥時における高温低湿処理の効果と思われた。

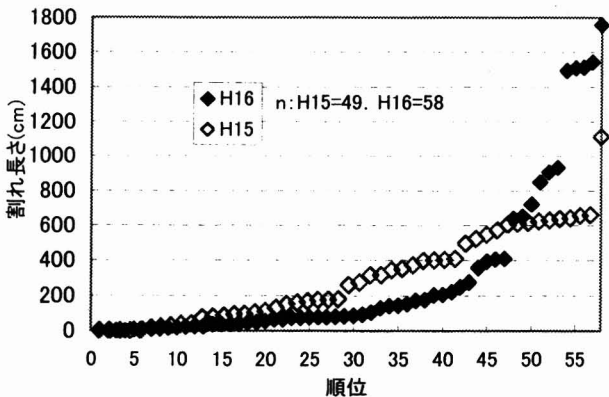


図-9 順位化した割れ長さ(4材面計)の分布

2.3.2 接着重ね梁の形状変化

図-10 に両年度の 48 試験体のねじれを順位化して示した。

全ての試験体にねじれが生じており、15 年度の 22 試験体については、平均値が 8.8mm、最低値が 4mm、最高値で 14mm であつた。16 年度の 26 試験体については、平均値が 3.8mm、最低値が 2mm、最高値が 7mm で、15 年度試験体に比して大幅に減少してゐた。

15 年度試験体は材内水分傾斜が残つた状態のエレメントを積層接着したため、後の約 6 ヶ月間

の保管期間中に乾燥が進み、ねじれが進行したと考えられた。一方、16 年度試験体は約 4 ヶ月の養生期間を置き、ねじれの進行がほぼ収まった状態のエレメントで接着重ね梁を作製したため、ねじ

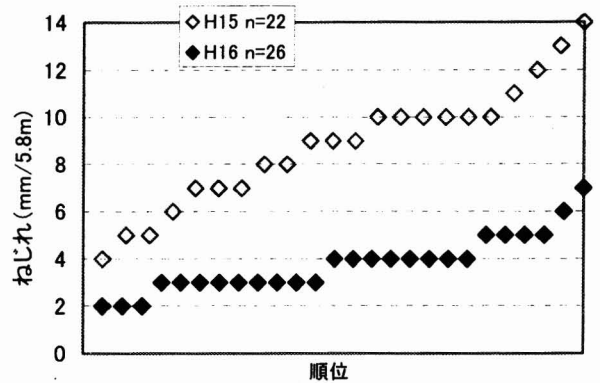


図-10 順位化した接着重ね梁のねじれ(mm/5.8m)の分布

れの発生が小さかつたものと推測される。

このことから、15 年度試験体の例のように、乾燥後の養生期間を置かずに接着重ね梁を作製すると、後に狂いが生じる場合があり、保管スペースと時間的余裕があれば、人工乾燥後、数ヶ月間は養生期間を置いて接着重ね梁を製造することが望ましいと思われた。

次に、修正挽きしても調整しきれない削り残し(写真-5)について考察する。図-11 に削り残し面積を順位化して示した。

エレメントの段階で 125mm 角に調製してねじれ

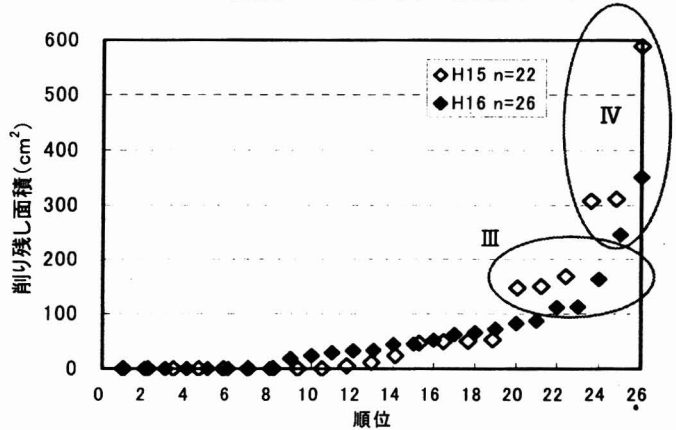


図-11 順位化した接着重ね梁の削り残し面積

を落とした上に、最終的に接着重ね梁として 120mm×240mm に仕上げても、なおかつ削り残しが残る試験体が両年度試験体合計で 48 体中 31 体(64.6%)であつた。

削り残し面積が比較的大きな試験体は、複数個所に渡って削り残しを有するものが多く、単独では幅 62mm、長さ 130cm のものが最大であつた。



写真-5 接着重ね梁の削り残し部分 (右上部分)

これらを外観と削り残し面積で、次のⅠ～Ⅳの4段階に区分した。

- Ⅰ. 削り残しが無い：17体(35.4%)
- Ⅱ. 外観的に殆ど気にならない程度(100cm²未満)：20体(41.7%)
- Ⅲ. あることが分かるがそれ程目立たない(100cm²以上200cm²未満)：6体(12.5%)
- Ⅳ. 目立つ(200cm²以上)：5体(10.4%)

上記Ⅰ、Ⅱを合わせると、ほぼ120mm×240mmの断面を有する試験体は48体中37体となり、77.1%であった。更に、Ⅲまで含めると43体(89.6%)となり、この程度までは実用上差し支えない(Ⅳも接合に支障がなければ、見えない箇所での使用は可能か)と思われたが、実際には設計者、施工者、発注者等の意向によるであろう。

調製しきれないねじれの影響を実用面で考えると、①強度性能に影響するのか、②不整形の断面が接合にあたって不都合があるか、③外観的にどこまで許容されるか、が問題と思われる。

生材時140mmの正角から作製した今回の試験体では、前述のように概ね9割が、近くで意識的に見ないと削り残しに気が付かない程度であり、①②の支障がなければ本試験体で実用上差し支えなからう。

しかし、削り残しが殆ど無い接着重ね梁を要求されるならば、更に製材寸法の上乗せが必要である。

実際にカラマツ120mm角の乾燥材を目的に製材

する場合(4m材)、本県では148mm角で製材する事業者もあると聞かすが、大部分は140～145mm角で製材されているのが実態と言われている。

歩止りの問題をどう考えるかは、経営上の問題であろう。

3 接着重ね梁の強度性能

3.1 試験の目的

カラマツ6m接着重ね梁の強度性能、接着性能等を評価する。

3.2 試験方法

3.2.1 節等の測定

節径比は両年度試験体合計48体について強度試験時の下側(引張側)エレメントのみについて、各々、上部荷重点間距離190cm区間、下部支点間距離570cm区間の単独及び集中節径比を測定した。

曲げ試験終了後、平均年輪幅、含水率の測定を行った。

3.2.2 曲げ強度試験

曲げ強度試験は実大材曲げ試験機(株島津製作所製UH-1000kNA)により、スパン570cm、上部荷重点間距離190cmの3等分点4点荷重条件、加圧速度20mm/minで行った(写真-6)。

スパンは標準とされている高さの18倍(432cm)ではなく、6mの長さに近い長さでの強度性能を把握するため、570cmと長くし、次式により曲げ強さ(MOR)と曲げヤング係数(MOE)を算出した。

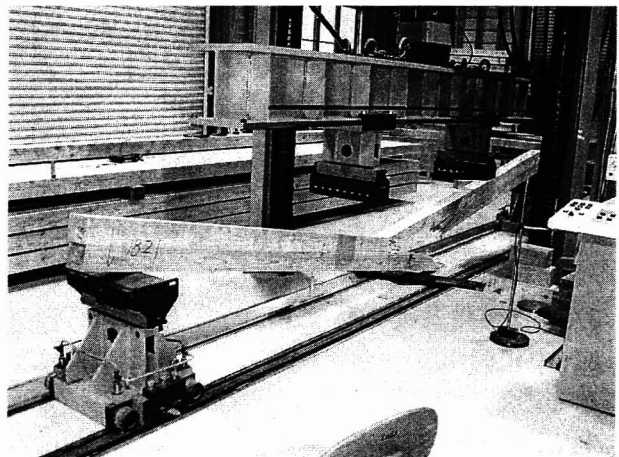


写真-6 曲げ強度試験

$$MOR = aP_m / 2Z$$

$$MOE = a \{ (3L^2 - 4a^2) \Delta P \} / (48I \Delta y)$$

ここで、

a: 支点-荷重点間距離, P_m: 最大荷重, L: スパン

Z: 断面係数 = bh²/6 (b: 幅, h: 厚さ<梁せい>)

ΔP: 比例域における上位荷重と下位荷重との差

Δy : ΔP に対応するスパン中央部のたわみ

$$I : \text{断面 2 次モーメント} = bh^3/12$$

である。

また、荷重条件を標準試験条件（スパンを梁せいの 18 倍、上部荷重点間距離を同 6 倍）とした補正計算も、(財)日本住宅・木材技術センターの「構造用木材の強度試験法」に基づき、次式により行った。

$$\text{補正 MOR} = f_b \{ (L+5S)/(L_0+5S_0) \}^{0.2}$$

$$\text{補正 MOE} = E_b \{ 1 + 2.4h^2(E/G)/(3L^2-4S^2) \} / \{ 1 + 2.4h_0^2(E/G)/(3L_0^2-4S_0^2) \}$$

ここで、

f_b : 試験条件における MOR

S : 試験条件における上部荷重点間距離

E_b : 試験条件における MOE

h_0 : 標準条件における厚さ(梁せい) = h

L_0 : 標準条件におけるスパン = $18h$

S_0 : 標準条件における上部荷重点間距離 = $6h$

E/G : 真のヤング係数 E とせん断弾性係数 G の比 = 15

である。但し、梁せいの試験条件と標準条件は同様として計算した。即ち、梁せいの 240mm は変えずに荷重条件のみを標準条件とした場合に補正した。

15 年度の 22 試験体は加圧方向に対し、Efr の大きい方を下側(引張側)、小さい方を上側(圧縮側)としたが、内 1 体については錯誤により上下を逆にして行った。

16 年度の 26 試験体は 2.2.2 で述べたように Efr は僅かの違いではあるが、高低を半数ずつ上下逆にして曲げ強度試験に供した。

3.2.3 接着性能試験

接着性能試験は曲げ強度試験を行った後、非破壊部分から採取可能な場合は試験体を採取した。

構造用集成材の JAS の方法に準じ、両年度とも浸漬及び煮沸はく離試験を行い、16 年度についてはブロックせん断試験も行った。

3.3 接着重ね梁の強度試験結果と考察

3.3.1 曲げ強度試験

表-1 に 15, 16 年度を合計した 48 体の接着重ね梁 2 本のエレメントの Efr の平均値及び曲げ強度試験結果を示した。

MOE, 補正 MOE, MOR, 補正 MOR の平均値はそれぞれ 9.69kN/mm², 9.51kN/mm², 32.5N/mm², 34.4N/mm² であった。

表-1 カラマツ6m接着重ね梁の曲げ強度(H15,16計) (n=48)

	Efr平均値 (kN/mm ²)	MOE (kN/mm ²)	補正MOE (kN/mm ²)	MOR (N/mm ²)	補正MOR (N/mm ²)
平均値	10.38	9.69	9.51	32.5	34.4
最小値	8.63	7.62	7.48	22.5	23.8
最大値	14.40	13.05	12.81	46.8	49.5
標準偏差	1.07	0.88	0.87	5.0	5.3
変動係数(%)	10.3	9.1	9.1	15.4	15.4
5%下限値	8.44	8.08	7.94	23.5	24.8

* 5%下限値 = 平均値 - 標準偏差 × 1.8147 (n=48の時)

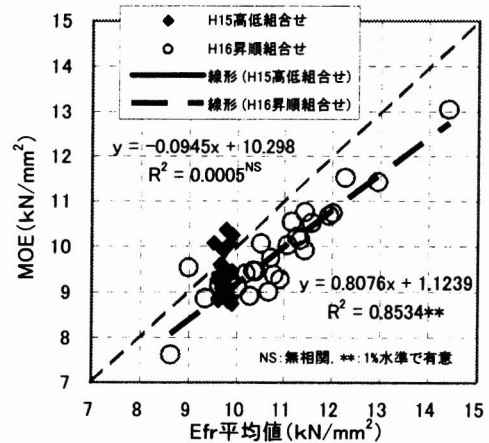


図-12 Efr 平均値と MOE との関係

2 本のエレメントの Efr の平均値と接着重ね梁の MOE との関係を図-12 に示した。

15 年度試験体はエレメントの Efr を平均化するように製造したため、当然ながらこれらは狭い範囲内に分布し、MOE との相関は認められなかった。

16 年度試験体については Efr が同程度のエレメントの組合せのため、図-12 から MOE との関係は比較的高い相関が認められた。

図-13 はエレメントの組合せと MOE との関係を表している。

上段は 15 年度試験体(錯誤により上下逆に曲げ試験を行った 1 体を除く)で、Efr が最も高いエレメントと最も低いエレメントで構成した接着重ね梁を 1 位として順位化したもので、X 軸方向を右に進むほど 2 本のエレメントの Efr 差が少なくなっている。MOE は Efr 平均値に沿って 9 ~ 10 kN/mm² を中心にその前後で推移していた。

下段は 16 年度試験体で、2 本のエレメントの Efr の値が殆ど重なるため、その平均値と MOE のみを表示し、Efr の平均値が最も高い接着重ね梁を 1 位として順位化したものである。図-12 からとも言えることであるが、Efr 平均値に MOE は概ね追随していた。

図-14 は 2 本のエレメントの Efr の平均値と接着重ね梁の MOR との関係を示したものである。

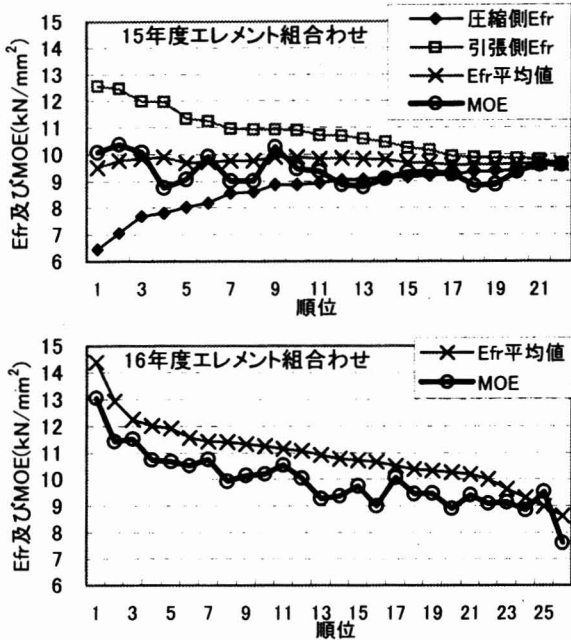


図-13 エレメントのEfrの組合せとMOEとの関係

同図から、15年度試験体については前述のMOEとの関係と同様に、Efr 平均値と MOR との相関は認められなかった。16年度試験体については、両者には1%水準で有意な相関が認められ、相関係数は0.62であったがバラツキが大きく、本試験結果からでは、Efr から MOR を推定することはやや困難を伴うであろう。

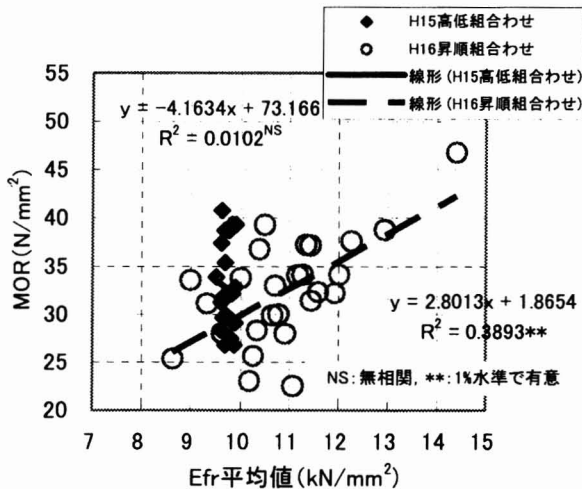


図-14 Efr 平均値と MOR との関係

図-15 に補正 MOE と補正 MOR との関係を示した。15年度試験体は、両者の間に相関は認められず、16年度試験体では1%水準で有意な相関があり、相関係数は0.70であった。バラツキは図-14のEfr 平均値との関係よりも少なかった。

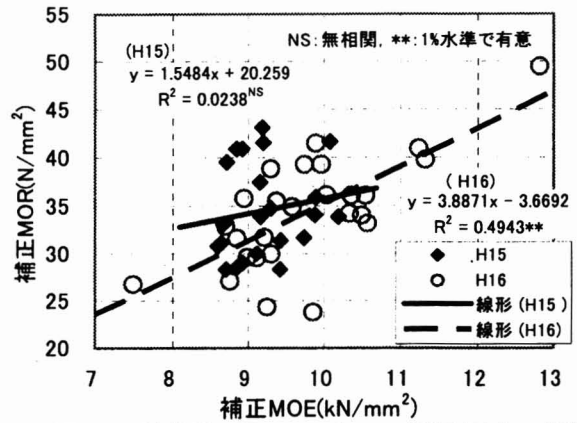


図-15 接着重ね梁のMOEとMOR(補正值)との関係

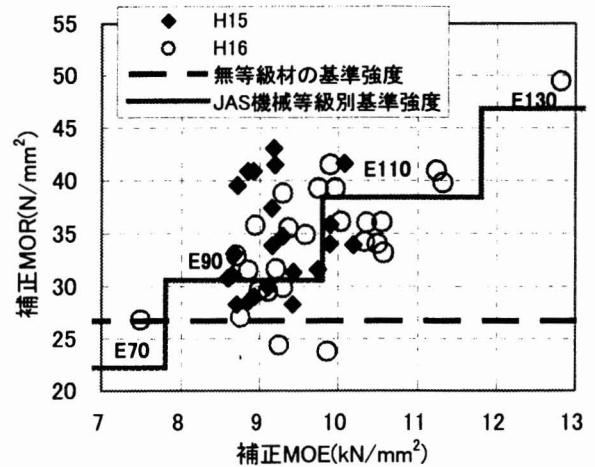


図-16 MOEとMORとの関係(補正值)と基準強度

図-16 は補正 MOE と補正 MOR との関係に、建設省告示1452号(平成12年5月31日)の無等級材の基準強度、及び同告示「針葉樹の構造用製材の JAS(機械等級)」に対応した基準強度を対比させたものである。図-16 のとおり、無等級材の曲げの基準強度 26.7N/mm²を下回った試験体は補正 MOR で 48 体中 2 体(無補正 MOR では 4 体)であった。

JAS 機械等級別の基準強度に対しては、E90、E110 の試験体で基準値を満たさないものが多く、特に E110 では下回る試験体の方が多かった。

4 m 接着重ね梁についての既存の試験結果¹⁾には、120℃乾燥材の MOE 及び MOR の平均値は各々 10.32kN/mm²(変動係数 4.8%)、35.3 N/mm²(変動係数 17.8%)で、無等級材の基準強度を満たさない試験体は 50 体中 4 体であったとの報告がある。

本試験体はこれらと比較すると、MOE は若干低く、MOR はほぼこれに近い値であり、長さが 6 m と長いことを考慮すると、4 m 試験体と概

ね同等の強度性能であると思われた。JAS 機械等級との関係でも、上記報告では本試験体と同様な傾向を示していた。

以上のように、6m 接着重ね梁の強度性能は構造用製材の基準値と比較すると、JAS の機械等級に対応した基準強度については、その分布の多くを占める E90, E110 の MOR が不足している試験体が多く、MOE の割には MOR が低い傾向にあった。

MOR が比較的低位であったことについては、高温乾燥による強度劣化や、心持ちの間伐材であることから未成熟材部が多いこと、試験時密度が 15 年度試験体の平均値で 473kg/m³(変動係数 9.1%)、16 年度試験体が同様に 478 kg/m³(変動係数 7.5%) と比較的良かったこと等が影響していると考えられる。

次に節等との関係であるが、表-2 に本試験体の平均年輪幅、節径比、含水率を示した。平均年輪幅の平均値は 4.3mm で、含水率のそれは 14.1% であった。

図-17 に節径比と補正 MOR との関係を示した。図-17 のとおり補正 MOR は 190cm 区間の単独節径比との間のみ相関が認められ、図-18 のように補正 MOE との間には相関が認められなかった。他の組合せでも強度と節径比の相関が認められず、総じて、本試験体においては、強度と節との関係はそれほど明確ではなかった。

表-2 6m接着重ね梁の含水率、平均年輪幅及び節径比

	平均		190cm区間節径比		570cm区間節径比	
	含水率 (%)	年輪幅 (mm)	単独 (%)	集中 (%)	単独 (%)	集中 (%)
平均値	14.1	4.30	22.0	38.6	25.2	43.6
最小値	12.4	2.89	11.7	15.0	15.8	15.8
最大値	16.3	5.56	35.0	63.3	40.0	67.5
標準偏差	0.9	0.62	6.5	12.9	6.0	12.2
変動係数(%)	6.7	14.5	29.4	33.5	23.9	28.0

(n=48) 注)節径比は曲げ試験時下段引張面みの値

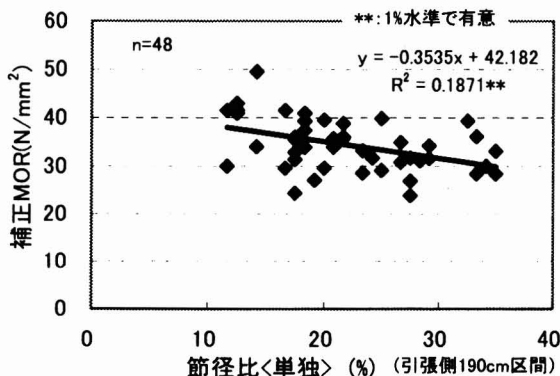


図-17 節径比と補正 MOR との関係

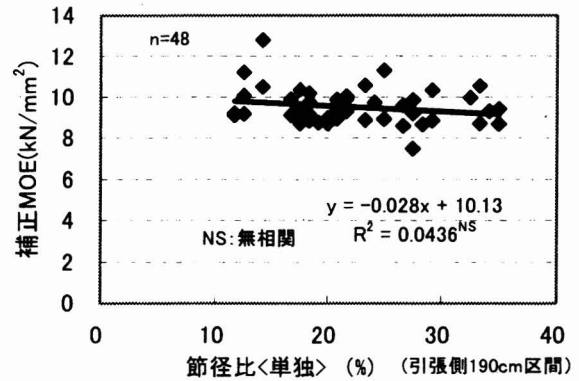


図-18 節径比と補正 MOE との関係

3.3.2 接着性能試験

して行った結果を表-3 に、煮沸はく離試験終了後の試験片の一部の状況を写真-6 に示す。同表から、の試験片の一部の状況を写真-6 に示す。同表から、両年度全体の合格率は、全辺長の 5% による合否判定の浸漬はく離試験で 76%、煮沸はく離試験で 64% に止まり、今後課題を残した。

特に、16 年度試験片では不合格のものが多く、中でも煮沸はく離試験の半数が不合格という結果であった。

表-3 はく離試験結果

年度	方法	1辺の1/4による合否		全辺長の5%による合否	
		合格数 / 試験体数	合格率(%)	合格数 / 試験体数	合格率(%)
15	浸漬	11 / 12	92	11 / 12	92
	煮沸	12 / 12	100	11 / 12	92
16	浸漬	20 / 22	91	15 / 22	68
	煮沸	20 / 24	83	12 / 24	50
合計	浸漬	31 / 34	91	26 / 34	76
	煮沸	32 / 36	89	23 / 36	64

このことについては、

- ① 心持ち正角材をエレメントとする接着重ね梁は、板状エレメント(ラミナ)からなる集成材に比して、乾燥に伴う収縮・変形が大きいこと。
- ② 全辺長の 5% 以下という基準は、接着層が 1 層のみである接着重ね梁では、分母が小さく、はく離が出現した場合はその比率が高くなってしまい、接着層の多い集成材によりも不利となってしまうこと。

等が考えられる。

両年度の試験体の製造工場、接着剤は同一であったにも拘らず、15 年度試験体については採取した試験体数が少なかったこともあるが、両基準とも不合格は 1 体のみであり、16 年度の成績が著しく悪かった原因は不明である。しかし、15 年度の



写真-7 はく離試験(煮沸)終了後の試験片

結果を見れば、改善できる余地はあると思われる。

次にブロックせん断試験であるが、16年度についてのみ、試験片の作製を構造用集成材のJASの第3条別記3の(4)のアの図(3)の接着層に切込みを入れる方法で行った。その結果、木部破断率がJAS基準値を下回るものは65体中2体のみであったが、せん断強さの基準値である $7.2\text{N}/\text{mm}^2$ を下回る試験片が65体中46体に達した。しかし、上記の方法では正確にせん断強さを検出できる試験片を作製することが困難であったため、低めの結果となったことが予測される。そのため、今回の試験結果は参考とすることに留め、今後は上記試験法の図(2)に記載されたイス型試験片によるブロックせん断試験を行うことが望ましい。

4 結言

(1)カラマツ 6m接着重ね梁のエレメントねじれは最大で $44\text{mm}/6\text{m}$ に達したものがあつた。

乾燥後、接着重ね梁製造までに養生期間を置かずに製造した接着重ね梁は、その後若干ねじれが生じた。可能であれば乾燥後に養生期間を置いた後、ねじれ等の修正挽きを行い、接着重ね梁を製造することが望ましい。

(2)ねじれ、曲り等のため、修正し切れない削り残しを有する接着重ね梁が65%で、削り残しの無いものは35%のみであった。しかし、実用上支障はないと思われるものまで含めると90%近くとなった。

(3)曲げ試験についてはエレメントのEfrを平均化するように製造した接着重ね梁は、Efr平均値とMORとの相関は認められなかった。Efr順にエレメントを組合わせた試験体については、両者に有意な相関が認められたがバラツキが大きかった。

MOEとMORとの間には、Efrとのそれよりもやや高い相関が認められた。

無等級材の曲げの基準強度 $26.7\text{N}/\text{mm}^2$ を下回った試験体は補正MORで48体中2体(無補正MORでは4体)であり、JAS機械等級別の基準強度に対しては、E90、E110の試験体で基準値を満たさないものが多く見られた。このことは高温乾燥の影響や、未成熟材部の多いエレメントを使っていること等の影響が考えられた。

(4) 構造用集成材のJASに準拠したはく離試験の結果、年度により試験結果に偏りがあり、一方の年度は殆ど合格したが、もう一方の年度は半数程度しか合格しなかった。集成材に較べると不利な条件ではあるが、安定した接着性能を有する接着重ね梁を製造するためには、更に適確で慎重な対応が必要である。

引用文献

- 1) 吉田孝久・伊東嘉文・橋爪丈夫(2004), 接着重ね梁(ツインビーム)の開発, 長野県林業総合センター研究報告, 第18号, P.111-123