

防腐処理ラミナを用いたカラマツ集成材の 薬液注入性と初期接着性能

金森 勝義 石川 佳生

Impregnation Property and Adhesiveness of Karamatsu Glued Laminated Timber with Preserved Laminae

Katsuyoshi KANAMORI Yoshio ISHIKAWA

The aim of this study was to determine the proper conditions of preservative treatment and manufacturing for Karamatsu (*Larix leptoelepis* Gord.) structural glued laminated timber with high durability, before designing a timber bridge. The results are summarized as follows :

- 1) Incised laminae had about 1.7 times as much retention of water-born DDAC preservative by pressure impregnation as untreated lamina had. Similarly, it had more than four times the permeant area.
- 2) It was necessary that lamina before gluing be planned to exceed the adaptive values of the block shear test and vacuum-pressure test of adhesive bond in accord with the Japanese Agricultural Standard.
- 3) Even if adhered surfaces of laminae were planned, the volume-yield of glued laminated timber was similar to that of glued laminated timber treated with the preservative itself themselves, because their laminae were swollen by the pressure process.
- 4) Glued laminated timbers that consisted of laminae treated with DDAC preservative were excellent compared to glued laminated timber treated with the preservative itself in terms of the net retention of lamina, penetration area and adhesiveness of glued laminated timber.

Keywords: karamatsu, glued laminated timber, preservative treatment, retention, adhesiveness
カラマツ, 集成材, 防腐処理, 注入量, 接着性能

本実験は、木橋の設計にあたり、耐久性の高いカラマツ構造用集成材の防腐処理条件と製造条件を把握することを目的としている。結果を要約すると次のとおりである。

- 1) インサイジング処理によって、薬液（水溶性防腐剤DDACの溶液）のひき板への注入量は無処理のもの約1.7倍となった。浸潤度は同じく4倍を超えた。
- 2) JASのブロックせん断試験と減圧加圧はく離試験に合格するためには、積層接着前に、ラミナ被着材面の鉋削が必要であることが分かった。
- 3) 積層接着前にひき板を鉋削しても、集成材の材積歩留まりは、ひき板が加圧注入後に膨潤したため、集成材に防腐処理した場合の値にほぼ等しかった。
- 4) 防腐処理ラミナを用いた集成材は、集成材に仕上げてから防腐処理をした場合に比べて、薬剤の注入量、浸潤度、集成材の初期接着性能とも優れていた。

1. はじめに

本実験は、木橋の設計にあたり、事前に、主桁^{けた}や床板などに用いる耐朽性に優れた道産カラマツ集成材の防腐処理条件および製造条件を把握することを目的としている。

木橋に用いられている集成材の耐久性調査によると、防腐処理をしていない部材はもちろん、防腐処理材であっても難注入材では割れで露出した未注入部分から腐朽が進展した例も報告されている¹⁾。したがって、難注入材のカラマツを木橋の部材とするには、薬液の注入性を高めた防腐処理が望まれる。この対策として、既往の研究では、前処理のインサイジングと組み合わせたベセル法^{2,3)}、真空法⁴⁾およびOPM法（加減圧交替法）³⁾、前処理の繰り返し圧縮と組み合わせたベセル法⁵⁾による注入法などが検討されている。

集成材の防腐処理には、薬液を注入する時の木材の状態から、ひき板で行う場合と、集成材に仕上げてから行う場合に大別される。どちらにも長所と短所が指摘されている⁶⁾が、今回は北海道内の防腐工場⁶⁾で処理可能で、しかも薬液の注入性に優れている前者の方法を取り上げた。

防腐処理ラミナを用いた集成材の初期接着性については、長野県産カラマツラミナで行ったブロックせん断試験結果によると、防腐剤の種類別の接着力と木破率はいずれも、DDAC>CCA>クレオソート油の順と報告されている³⁾。

そこで、本実験ではまず、薬液（水溶性防腐剤DDACの溶液）をカラマツひき板に加圧注入したときの注入量と浸潤度に及ぼすインサイジング処理の影響について検討した。次に、これらのひき板をラミナとした集成材の初期接着性能について、集成材に仕上げてから同様の防腐処理を行った場合と比較検討した。さらに、防腐処理したラミナを用いた場合と、集成材に仕上げてから防腐処理した場合の材積歩留まりについても検討した。

なお、本報告の一部は、平成8年度北海道林業技術交流大会（北海道主催、1997年2月、札幌市）、第47回日本木材学会大会（1997年4月、高知市）でそれぞれ発表したものである。

2. 実験方法

2.1 ひき板

道産カラマツ (*Larix leptolepis* Gord.) のひき板は、極力心材から採材し、インサイジング処理が均一にできるように、かなな盤と丸のこ盤で厚さ32mm、幅105mm、長さ900mmに仕上げた。これらの気乾比重は平均0.47、変動係数9.4%、含水率は平均10.4%、変動係数10.1%、平均年輪幅は平均5.3mm、変動係数22.6%であった。

2.2 インサイジング条件と薬液の注入条件

インサイジング処理は、上下2軸のドラムにオイスター刃がセットされた装置で、ひき板の両木口を除く4材面に行った。この密度は、広い材面で約4,700個/m²、狭い材面で約3,300個/m²とし、両材面とも材縁から約10mmまでの範囲には、欠けが生じないように、処理しなかった。また、この深さは8mmを目標としたが、装置の能力やカラマツ材の硬さなどから、実際には6~7mm程度であった。

薬液は防腐剤DDAC（(株)ザイエンス、ペンタキュアニュー-BM）の濃度1.6%水溶液とし、注入条件はベセル法で、前排気600mmHgで30分、加圧12kgf/cm²で7.5時間とした。

2.3 供試体の製造

防腐処理を終えたひき板は、養生後、人工乾燥によって仕上がり含水率を約12%とした。これらのひき板は、そのままの状態あるいは被着材面を鉋削した状態のものを供試体（集成材）のラミナとした。この鉋削は、集成材の初期接着性能とともに、材積歩留まりへの影響を把握するために設定した。

供試体は、比重分布が同じになるようにラミナの配分を行い、それらを5プライに水平積層接着した第1表のA~Dの4種類を製造した。A~Cはラミナの状態⁷⁾で防腐処理したもので、各々6体ずつとした。Dは比較のために、集成材に仕上げた状態で防腐処理したもので、3体とした。インサイジング処理は、AとBには行い、Cには行わず、Dには集成材の4材面に行った。また、AとCのラミナは積層接着前に鉋削したもの、Bのラミナは鉋削しないものとした。

接着剤はレゾルシノール・フェノール共縮合型のもの（大鹿振興(株)、ディアノール300号）とし、接

第1表 供試体
Table 1. Glued laminated timber specimens.

	A	B	C	D
加圧注入時の木材の状態 Condition of test species when were impregnated with preservative under pressure	ひき板 Lamina		集成材 Glued laminated timber	
インサイジング Incising	処 理 Treatment		無処理 Untreatment	処 理 Treatment
ひき板の積層接着前の鉋削実施 Planing of laminae before gluing	実 施 Execution	未実施 Unexecution	実 施 Execution	—

着操作は、塗布量約400g/m²（片面塗布）、圧縮圧約10kgf/cm²、圧縮時間約15hr、圧縮時の雰囲気温度40℃の条件で行った。

2.4 注入量と浸潤度の測定

注入量は、A～Cが各供試体を構成するひき板30枚について、Dが集成材3体について、それぞれ加圧注入前後の重量差を加圧注入前の材積で除した値とした。

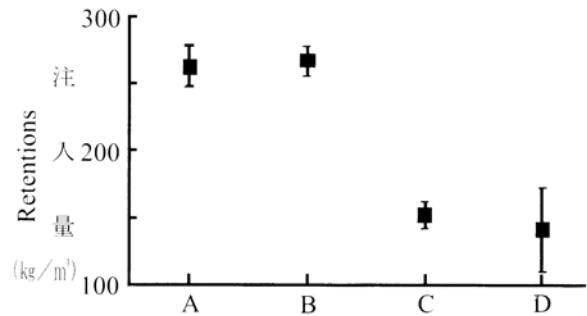
浸潤度は、JIS A 9108「土台用加圧式防腐処理木材」のアルキルアンモニウム化合物系木材防腐剤の呈色法によって測定した。すなわち、供試体の中央部から採取した厚さ1cmの試験片を用いて、A～Cはその木口面に現れた各ラミナ30枚について、Dは集成材3体について、それぞれ周縁部から深さ10mmまでの面積に対する青色に呈色した面積の比を百分率で表した。

2.5 初期接着性能試験

JAS「構造用集成材」に基づき、すべての供試体について、ブロックせん断試験、使用環境1（含水率が19%を超える環境、直接外気にさらされる環境などの構造物の耐力部材として、接着剤に高度な性能が要求される使用環境）の減圧加圧はく離試験をそれぞれ常法により行った。試験片の数は、各実験条件につき、前者が60個、後者が12個（Dのみ6個）とした。

2.6 材積歩留まりの算出

A～Dの製造工程のうち、人工乾燥を終えたひき板の状態から、積層接着前の鉋削工程までの材積歩留まりを調べた。なお、これらの製造工程におけるひき板の幅反りとねじれを測定し、鉋削工程の削り代（切削深さ）との関連も調べた。



第1図 ひき板と集成材の注入量
記号：A,B,C,D は第1表参照

Fig.1. Solution retentions of laminae and glued laminated timber.
Legend : A,B,C and D are shown in table 1.

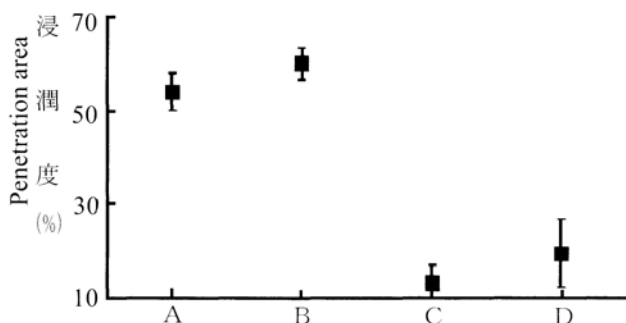
3. 結果と考察

3.1 注入量と浸潤度に及ぼすひき板のインサイジング処理の影響

A～Cの各供試体を構成するひき板ならびにDの集成材における薬液の注入量の平均値と、その母集団の平均に対する95%信頼区間を第1図に示す。分散分析の結果、インサイジング処理したAおよびBと、未処理のCとの間に、危険率1%で有意差が認められた。平均値で比較すると、AとBはCの約1.7倍であり、注入量に及ぼすこの処理の影響は極めて大きいことが分かった。

AとBはほぼ同じ値を示したが、これは両者とも同様のインサイジング処理を行い、かつBの値はひき板を鉋削する以前に測定したためである。

比較のために、集成材に仕上げてから防腐処理したDは、Cとの間に有意差が認められなかった。これは、集成材の外周面にインサイジング処理を行っても、断面積が大きくなるほど、その効果は期待できないことを示唆している。



第2図 供試体の浸潤度
記号：A,B,C,Dは第1図参照

Fig.2. Penetration areas of glued laminated timber specimens.

Legend : A,B,C and D are shown in table 1.

次に、供試体の種類別に、薬液（厳密には薬剤）の浸潤度の平均値と、その母集団の平均に対する95%信頼区間を第2図に示す。注入量の結果からも推測できるように、インサイジング処理したAおよびBと、未処理のCとの間に高度な有意差が認められた。平均値で比較すると、AとBはCの4.0倍と4.5倍であり、浸潤度に及ぼすこの処理の影響も極めて大きかった。

Aは積層接着前にラミナの両被着材面を鉋削しているが、その浸潤度は鉋削をしていないBの場合と大差なかった。これは、Aのラミナの削り代は平均1.5mmであったが、実際は幅反りやねじれなどによって、被着材面上の削り代が一定ではなかったためと考えられる。Bのラミナの積層接着前の幅反りとねじれを測定した平均値は0.14mm/スパン8cmと0.8度/スパン85cmであり、Aの場合のそれぞれ7倍と4倍であった。

比較のために、集成材に仕上げてから防腐処理したDは、Cとの間に有意差が認められなかった。

浸潤度の測定結果を、JAS「針葉樹構造用製材」の保存処理木材の性能区分で評価すると、AとBは5ランクの中で下位から2番目のK2、CとDは最下位のK1に該当した。木橋の使用環境を考えると、今後は、ラミナの強度低下を伴わずに浸潤度をさらに高めるインサイジング処理方法の検討、浸透性に優れた構造用LVLの利用⁷⁾などが期待される。

3.2 防腐処理ラミナを用いた集成材の初期接着性能

供試体の種類別に、ブロックせん断試験結果をヒストグラムで第3図に示す。JASの適合基準であるせん断強さ72kgf/cm²、木破率65%と比較すると、Bが両方、Dが木破率のみ不合格となった。この原因として、積層接着前にラミナを鉋削していないBは、鈴木⁴⁾が考察しているように、薬液を加圧注入したラミナの表面にほこりなどの付着物が多く、これらが接着を疎外したためと考えられる。集成材に仕上げてから防腐処理したDは、田中ら⁸⁾が指摘しているように、水溶性防腐剤を加圧注入すると、膨潤の挙動がラミナ間で異なるためと考えられる。

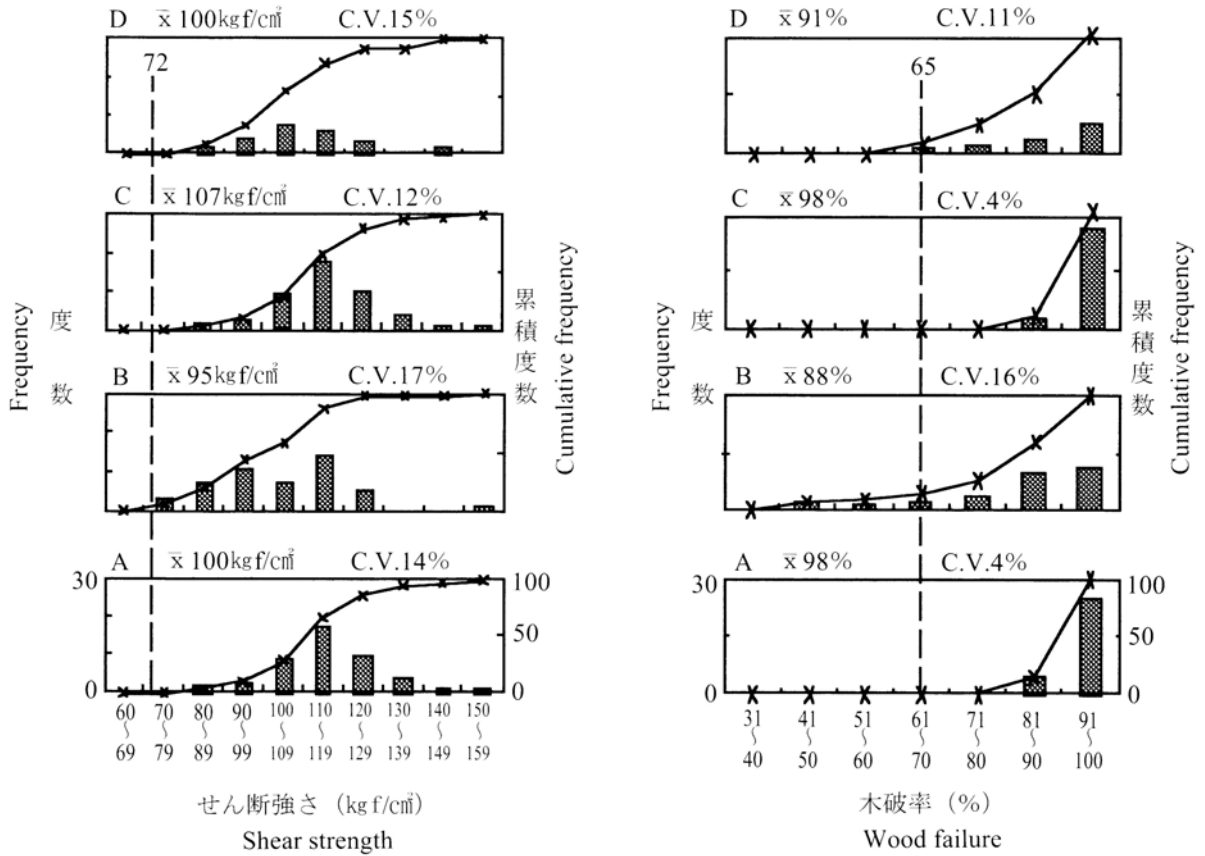
供試体の種類別に、せん断強さと木破率の平均値と、それらの母集団の平均に対する95%信頼区間を第4図に示す。ひき板に防腐処理したA~Cをみると、せん断強さと木破率に及ぼす影響はインサイジング処理よりも鉋削の方が大きかった。集成材に仕上げてから防腐処理したDは、ラミナに防腐処理したAおよびCに比べて、木破率に及ぼす影響の方が大きかった。

次に、減圧加圧はく離試験結果を第5図に示す。この図は、供試体の種類別に、はく離率の母集団の平均値と95%信頼限界を表している。JASの適合基準（5%以下）で評価すると、不合格になったのは、Bに5体、Cに1体であった。この原因として、Bは、ブロックせん断試験と同様に、鉋削の影響が大きいと考えられる。

3.3 材積歩留まりに及ぼす集成材の防腐処理方法の影響

人工乾燥後のひき板から積層接着前の鉋削工程までの材積歩留まりは、AとCがほぼ等しくて83%、Bが93%、Dが89%であった。積層接着前に鉋削しなかったBは、鉋削したAおよびCよりも高い値を示した。しかし、Bは初期接着性能に課題があることから、この製造条件の実用化は困難である。

集成材に仕上げてから防腐処理したDの値と、防腐処理ラミナを用いた集成材AおよびCの値とはほぼ等しかった。これは、薬液の加圧注入によってひき板が膨潤し、その後の人工乾燥過程でもその膨潤状態がほとんど残留変形となったために、鉋削に伴う材積歩留まりの低下は極めて小さかったと考えられ

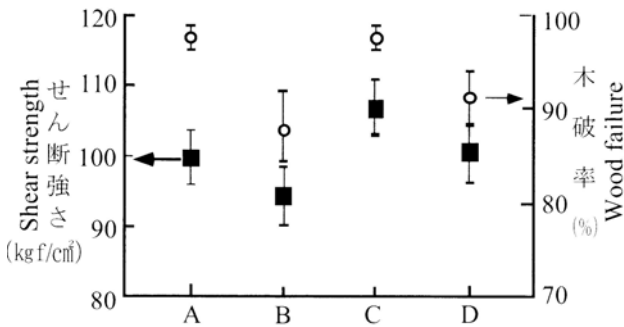


第3図 せん断強さと木破率のヒストグラム

記号：A.B.C.Dは第1表参照， \bar{x} ：平均値，C.V.：変動係数

Fig.3. Histograms of shear strength and wood failure.

Legend : A.B.C and D are shown in table 1., \bar{x} : Mean, C.V.:Coefficient of variation

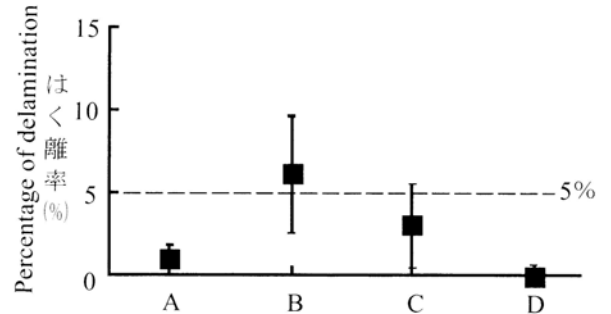


第4図 ブロックせん断試験結果

記号：A.B.C.Dは第1表参照

Fig.4. Results of block shear strength test.

Legend : A.B.C and D are shown in Table 1.



第5図 減圧加圧はく離試験結果

記号：A.B.C.Dは第1表参照

Fig.5. Results of vacuum and pressure test of adhesive bond.

Legend : A.B.C and D are shown in Table 1.

る。なお、今回供試した薬液には、膨潤剤としてPAG（ポリアルキレングリコール）が含まれている⁹⁾。

参考までに、本実験の成果に基づき、実際の木造橋に用いた集成材の製造メーカーによると、カラマツ材の製材から製品までの材積歩留まりは、従来の防腐処理を行わない集成材の場合とほぼ同じ値（約

65%）であった。

4. まとめ

木橋の設計にあたり、事前に、道産カラマツを用いた耐朽性の高い構造用集成材の防腐処理条件および製造条件について検討を加えた。

この結果、人工乾燥したひき板にインサイジング処理することは、薬液の注入量と浸潤度に良好な結果を与えることが分かった。また、それらに防腐剤DDACを加圧注入し、再び人工乾燥後、各ラミナの被着材面を鉋削することは、集成材の初期接着性能を高める上で極めて重要であった。さらに、防腐処理ラミナを用いた集成材の製造にあたっては、積層接着前の鉋削工程による材積歩留まりの低下が懸念されたが、その影響はほとんど認められなかった。

今後は、カラマツ材への薬剤の浸透性をさらに高めるインサイジング処理方法の検討、浸透性に優れているLVLの利用などが期待される。

なお、本文では、インサイジング処理に伴うラミナの曲げ性能の低下については言及していない。後藤ら¹⁰⁾は、ラミナが3層の集成材でMORに20%近く低下したものも報告している。しかし、今回の木橋の主桁に用いた集成材はラミナが21層(630mm)以上であり、そのMORとMOEの低下はJAS「針葉樹構造用製材」に定められている1割を超えない範囲と予想される。

謝 辞

本実験では、実際の木橋に用いた集成材の製造方法と同一条件で行うために、ひき板のインサイジング処理と防腐薬剤の加圧注入は(株)ザイエンス室蘭製造所、集成材の製造はサンモク工業(株)のご協力をいただき実施した。この場をお借りして深謝いたします。

文 献

- 1) 宮武 敦 ほか4名：木材加工技術協会第14回年次大会要旨集，44-45(1996)。
- 2) 布村昭夫，斉藤光雄，葛西 章：林産試験場月報，371，12-14(1982)。
- 3) 井上 衛，山本幸一：第34回日本木材学会要旨集，p.15(1984)。
- 4) 鈴木憲太郎：農林水産技術事務局研究成果，296，36-49(1995)。
- 5) 飯田生穂 ほか4名：木材学会誌，42，581-588(1996)。
- 6) 例えば松阪 裕：「木橋と木材防腐セミナー」資料，日本木橋協会，(1996)。
- 7) 園部宝積，谷川 充，茂山知己：第12回日本木材保存協会年次大会要旨集，24-25(1995)。
- 8) 田中康則 ほか4名：日本木材学会40周年記念大会要旨集，p.445(1995)。
- 9) (株)ザイエンス：さんもく(製品施工例集 93-94)，p.12(1995)。
- 10) 後藤誠二，徳田迪夫，内迫貴幸：日本木材学会中部支部大会要旨集，13-14(1996)。

—企画指導部 デザイン科—

(原稿受理：1997.6.23)