

竹材の集成化に関する研究 (第2報)

— 防虫処理した竹材の集成化と強度性能 —

木材工業部 遠矢良太郎, 米藏 優, 山田式典

Production of Laminated Insect-Proof Bamboo and its Strength Properties

Ryotaro TOYA, Masaru YONEKURA and Tsuneyoshi YAMADA

CCA処理, ナフテン酸亜鉛処理, 高圧蒸気処理したモウソウチク材について, ユリアメラミンレゾルシノール, 変性フェノール樹脂接着剤を用いて, 接着性能を調べた。防虫処理による接着への影響はほとんどない。竹材の常態接着試験ではユリアメラミン樹脂接着剤とレゾルシノール樹脂接着剤が高い接着性能を示し, 煮沸繰り返し接着試験ではレゾルシノール樹脂接着剤が高い接着性能を示した。製作した竹集成材の曲げ強度は850kg/cm², ヤング係数は70t/cm²であった。

1. はじめに

竹材は成長が早く, たけのこ発生後3~5年で材が利用できること, 材の入手が容易なこと, 材質も繊維が通直で, 割裂性や韌性に富み, 加工しやすいことなどから, はし, しゃもじ, 茶の道具, 花器, 床柱など生活用具から建築の素材として昔から広く用いられている。最近では竹材を用いた集成材も製造され, 工芸材料として利用されているが, 構造用材としての利用も試みられている。

しかし, 竹集成材を構造用材として利用するに際しては, かびや虫害に対する保存性や強度面での耐久性の検討が必要であり, また竹材は中空を有する円筒形のため材の利用歩留まりが低く, コスト面での検討が必要である。

今回, 県内宮之城町に建設された林野庁モデル木造施設, 宮之城町歴史研修センターの建物に, 構造材としてモウソウチクの集成材が用いられることになり, 竹材の防虫処理や構造用集成材製作のための検討を行った。

本報ではモウソウチク材について, 防虫薬剤の

注入性や防虫処理材の接着性能および集成材の強度性能について考察した。

2. 試験方法

2.1 防虫薬剤の注入試験

供試材は, 外皮層と内皮層を回転鉋で削除した気乾状態のモウソウチク平板で, 寸法は7.5mm (R) × 50mm (T) × 1000mm (L) である。

防虫薬剤にはCCAと水溶性ナフテン酸亜鉛を用い, 加圧注入処理は岩崎産業(株)木材部に委託して行った。

そのほか, 竹材中の貯蔵でんぷんを高温で変質させることによって, ある程度の防虫効果があるとされる高圧蒸気処理も行った。

高圧蒸気処理は, 長さ約2mの丸竹を幅約20mmに縦割りして, 気乾状態に達した後高圧蒸気処理缶に入れ, 蒸気圧2.3~2.4kg/cm²で1時間処理した。

2.2 接着力試験

供試竹材には, ナフテン酸亜鉛処理材, CCA処理材, 高圧蒸気処理材および無処理の対照材を用いた。試験片の寸法は, 5mm (R) × 40mm (T) ×

450mm (L)とした。

接着は、気乾状態の竹材を、内層側の面と外層側の面が接着するように2枚合わせした。

用いた接着剤は、集成材の構造的な用途を考慮して、ユリアメラミン樹脂接着剤（三井東圧化学(株)：ストラクトボンドC-1-A）とレゾルシノール樹脂接着剤（大鹿振興(株)：ディアノールD-40）および変性フェノール樹脂接着剤（コニシ(株)：ボンドPH-20）を用いた。接着剤の塗布は、両面塗布とし、両面を合計した塗布量を200g/m²とした。圧縮は、どの接着剤も熱圧による接着を行い、熱圧条件は、プレス温度105℃、圧縮圧10kg/cm²、圧縮時間5分である。

試験片は、接着終了後48時間経過してから製作し、試験片数は、1条件につき16個とした。図1に試験片の形状を示す。

接着試験は、JIS K 6851（接着剤の木材引張りせん断接着強さ試験方法）に準拠して、常態試験（試験片を温度20±2℃、湿度60±10%の恒温恒湿室に48時間以上放置した後、そのままの状態で行う）と煮沸繰返し試験（試験片を沸騰水中に4時間浸せきした後、60±3℃の空气中で24時間乾燥し、再び沸騰水中に4時間浸せきする。この処理後、室温の水中に冷めるまで浸し、ぬれた

ままの状態で行う）を行った。

2.3 集成材の製作と強度性能試験

集成材は、接着試験と同じ種類の接着剤と同じ防虫処理条件を用い、9枚の竹ラミナを熱圧して製作した。なお、最外層のラミナは外皮層側が集成材の表面に表れるようにした。熱圧条件は、プレス温度105℃、圧縮圧10kg/cm²、圧縮時間25分である。製作した集成材はプレーナー加工を行い、寸法を42mm (R)×35mm (T)×1,000mm (L)とした。

強度試験は、圧縮、引張り、曲げ、せん断、割裂の各試験をJISに準拠して行った。各試験片の寸法は、圧縮：42mm (R)×35mm (T)×120mm (L)、曲げ：42mm (R)×35mm (T)×1,000mm (L)、せん断と割

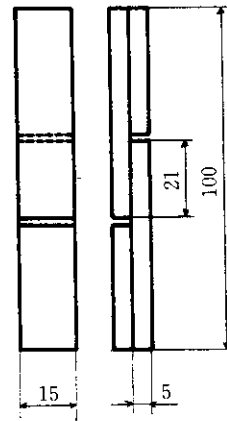


図1 接着試験片

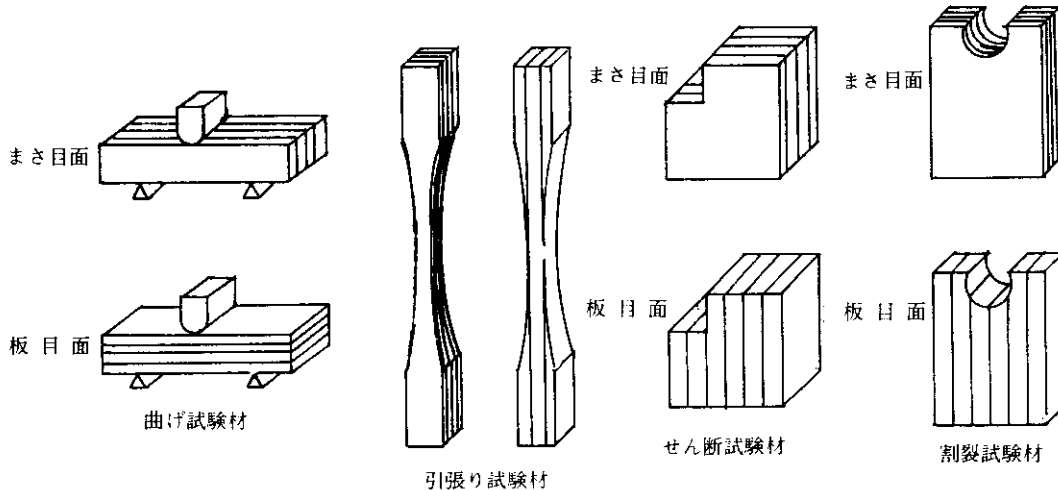


図2 強度試験片の形状と負荷面

裂の断面寸法：30mm(R)×30mm(T)とした。曲げ試験は、スパン80cm, 中央集中荷重で行った。

負荷面は、まさ目面と板目面の両方の面とした。

図2に試験片の形状と負荷面を示す。

3. 結果と考察

3.1 防虫薬剤の注入量

防虫薬液の加圧注入量を表1に示す。

CCAとナフテン酸亜鉛の加圧注入処理は同一条件で実施されたが、CCAの注入量は、ナフテン酸亜鉛の注入量の2倍以上であった。JIS A9002 (木材の加圧式防虫処理方法) では、水溶性木材防腐剤の薬液の注入量は200kg/m³以上が必要とされている。両薬剤は水溶性であり、それらの注入量についてみると、CCAは基準値に達しているが、ナフテン酸亜鉛は基準値に達していない。ナフテン酸亜鉛の場合はさらに注入量を増加させる必要がある。

竹材内の浸潤度を、CCA処理材についてジフェニルカルバジドの呈色反応でみると、処理材の長さ方向の端部はもちろんのこと中央部断面において呈色反応があり、繊維方向への薬剤の浸潤が維管束を通じて良好になされているものと考えられる。

表1 薬剤の注入量

薬剤の種類	注入量 (%)		注入量 (kg/m ³)
	最大~平均~最小	標準偏差	
CCA	60.4~48.2~25.0	11.2	302
ナフテン酸亜鉛	27.7~21.7~14.4	4.2	140

3.2 防虫処理した竹材の接着力

3.2.1 常態試験と煮沸繰り返し試験結果

防虫処理条件ごとに各接着剤の常態試験と煮沸繰り返し試験結果を図3と図4に示す。

常態試験では、どの防虫処理条件においても接着力の大きさはユリアメラミン>レゾルシノール>変性フェノールの順で、煮沸繰り返し試験ではレゾ

ルシノール>ユリアメラミン>変性フェノールの順であった。

前報²⁾において常態試験結果から耐水性を要求されない用途には、ユリア樹脂接着剤は竹材の接着に適した接着剤であると報告した。今回の常態試験でもユリア樹脂とメラミン樹脂の共縮合物であるユリアメラミン樹脂接着剤は、供試した接着剤のなかでは一番大きな接着力を示し、ユリア樹脂接着剤と同様耐水性を要求されない竹材の接着に適した接着剤である。ユリアメラミン樹脂接着剤は、合板では高い耐水性能があるとして、1類用接着剤¹⁾として用いられるが、煮沸繰り返し試験では、接着力および木破率は小さかった。

レゾルシノール樹脂接着剤は、常態接着力ではユリアメラミン樹脂接着剤よりやや小さかったが、煮沸繰り返し接着力では供試した接着剤のなかで一

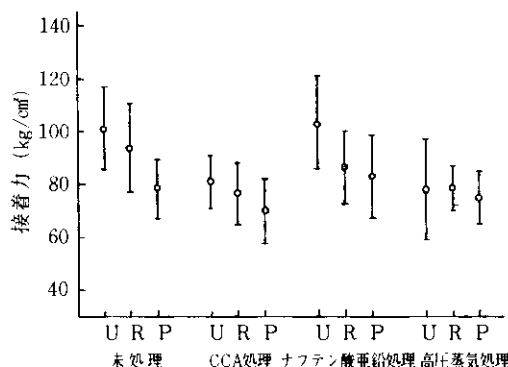


図3 接着の常態試験結果

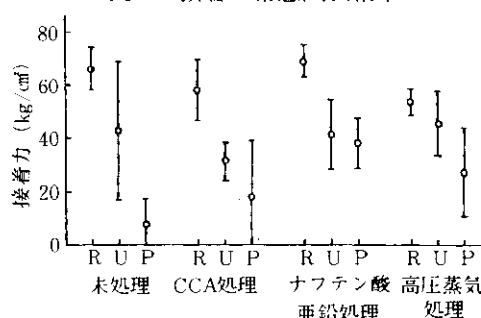


図4 接着の煮沸繰り返し試験結果

番大きな値を示した。レゾルシノール樹脂接着剤は木材の構造用集成材用の接着剤であり、竹材にも優れた性能を発揮することを確認した。

変性フェノール樹脂接着剤は、常態試験において木破率100%を示すものもあるが、供試した接着剤のなかでは接着力と木破率が最も低く、良好な接着性能が得られなかった。

3.2.2 防虫処理と接着力

次に、防虫処理による接着への影響を調べた。各処理材の気乾比重と接着力および木破率は表2に示すように、接着力と木破率において、ナフテン酸亜鉛処理材がやや大きく、CCA処理材がやや小さい傾向を示すものの、今回用いた防虫薬剤の注入量および高圧蒸気処理条件では処理による接着への影響は少ないものと考ええる。

防虫処理による接着への影響は少ないことから、接着剤別に気乾比重、接着力、木破率を集計した結果を表3、表4に示す。

3.2.3 既往の文献との比較

既報の文献と比較すると、常態試験で高い木破率を示したユリアメラミン樹脂接着剤の接着力91.0kg/cm²は、前報²⁾のユリア樹脂接着剤の値100~200kg/cm²と比較すると低い値であるが、これは供試竹の幅の違いによる外皮層と内皮層の削除深さの違いと比重が小さかったこと等供試材の材質差によるものと考えられる。平井ら³⁾は外皮層と内皮層を削除したモウソウチク材の各種面組合せの接着力を80~111kg/cm²としている。山口⁴⁾は各種

状態の竹接着力試験のなかで、尿素樹脂接着剤を82.7kg/cm²としている。今回の試験結果は平井らと山口の結果とほぼ同等の数値を示している。

3.3 集成材の強度性能

3.3.1 気乾比重

製作した集成材の気乾比重の出現頻度を図5に示す。各処理材の気乾比重の平均値は、未処理材>CCA処理材>高圧蒸気処理>ナフテン酸亜鉛処理材の順であった。これらは供試竹材の気乾比重差によるものと考えられる。

3.3.2 接着剤および防虫処理と強度

実施した圧縮、引張り、曲げ、けん断、割裂試験からの各強度値について、接着剤別および防虫処理条件別に強度の平均値と標準偏差を図6~図

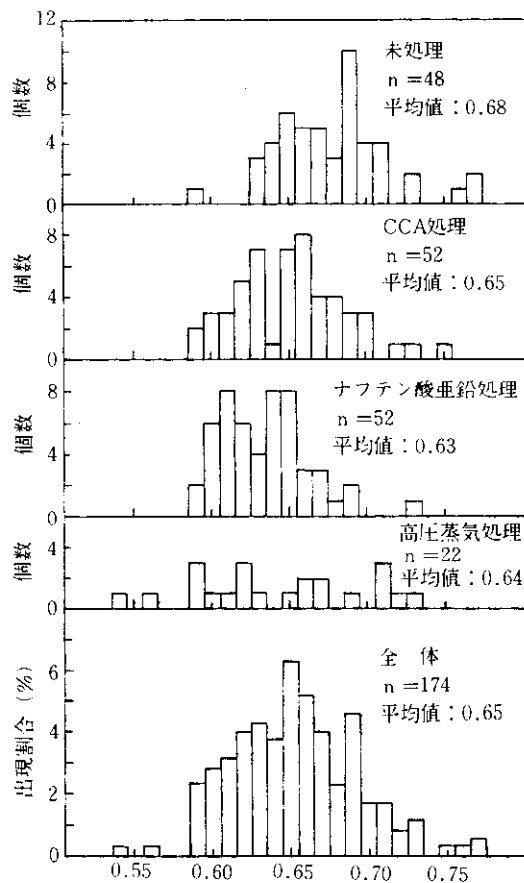


図5 気乾比重の出現頻度

表2 各処理材の接着性能

項目	未処理	CCA	ナフテン酸亜鉛	高圧蒸気
測定数	48	48	48	48
気乾比重	0.66	0.63	0.63	0.61
接着力 常態 (kg/cm ²)	91.2	78.5	90.8	77.4
煮沸繰返し	39.5	32.8	49.0	41.9
木破率 常態 (%)	85.0	78.3	87.5	93.5
煮沸繰返し	18.0	28.9	38.3	48.9

表3 常態試験結果総括表

接着剤	個数	比重			接着力 (kg/cm ²)				木破率 (%)		
		平均	標準偏差	最大	平均	最小	標準偏差	最大	平均	最小	標準偏差
ユリアメラミン	64	0.63	0.03	163.0	91.0	59.0	19.8	100.0	99.9	90.0	1.2
レゾルシノール	64	0.63	0.03	144.0	83.9	47.0	14.6	100.0	92.3	20.0	19.1
変性フェノール	64	0.64	0.04	109.0	78.6	48.0	12.6	100.0	66.1	10.0	33.1

表4 煮沸繰返し試験結果総括表

接着剤	個数	比重			接着力 (kg/cm ²)				木破率 (%)		
		平均	標準偏差	最大	平均	最小	標準偏差	最大	平均	最小	標準偏差
ユリアメラミン	64	0.63	0.03	115.0	40.0	0.0	17.0	90.0	17.6	0.0	26.1
レゾルシノール	64	0.63	0.03	82.0	61.7	26.0	10.1	100.0	74.3	10.0	28.4
変性フェノール	64	0.64	0.04	59.0	20.5	0.0	18.9	90.0	8.3	0.0	15.6

11に示す。図においてU：ユリアメラミン，R：レゾルシノール，P：変性フェノール樹脂接着剤である。

接着剤別では、負荷が接着層に平行にかかる板目面の場合、強度の大きさはレゾルシノール>ユリアメラミン>変性フェノールの順で集成材に用いた接着剤の違いによって強度の差がみられた。集成材の強度試験において板目面負荷の場合、接着力の差異が強度値に表れるものと考察する。このことは割裂試験において顕著である。負荷がまさ目面の場合、接着剤の違いによる強度の差はみられなかった。

防虫処理条件別では、防虫処理の違いによる強度の差はみられなかった。

なお、接着の常態試験における接着力はユリアメラミン樹脂接着剤の方がレゾルシノール樹脂接着剤より大きかったが、集成材の板目面負荷における強度では、レゾルシノール樹脂接着剤の方がユリアメラミン樹脂接着剤よりも大きかった。これは、集成材製造においてレゾルシノールの方の接

着がより良好になされた結果と考える。

3.3.3 強度性能の総括

強度試験の結果を総括して表5に示す。

まさ目面負荷の強度値は、曲げ強さ、曲げヤング係数、せん断強度、割裂強度で板目面より大きく、変動係数は小さくなる傾向を示している。このことは、まさ目面負荷の場合は、集成材試験片断面全体の平均的な数値であるのに対し、板目面負荷の場合は、集成材試験片断面の一部のラミナの数値に左右されることが原因と考える。

試験結果を木材工業ハンドブック⁵⁾に記載してある強度値と比較すると、試験値は記載されているモウソウチクの強度の低い方に属することにな

表5 竹集成材の強度総括表

項目	測定数	最小~平均~最大			標準偏差	変動係数	
気乾比重	174	0.54	0.65	0.77	0.04	6.2	
圧縮強度 (kg/cm ²)	63	280	406	470	40	9.9	
引張り強度 (kg/cm ²)	まさ目 板目	29	950	1169	1355	112	9.6
		30	855	1224	1860	230	18.8
曲げ強度 (kg/cm ²)	まさ目 板目	28	559	851	1008	78	9.2
		30	669	825	990	183	10.1
曲げヤング係数 (t/cm ²)	まさ目 板目	39	59	78	103	8	10.3
		47	54	69	93	8	11.6
せん断強度 (kg/cm ²)	まさ目 板目	66	124	160	186	13	8.1
		65	79	140	188	22	15.7
割裂強度 (kg/cm ²)	まさ目 板目	66	37	60	83	10	16.7
		66	16	48	77	14	29.1

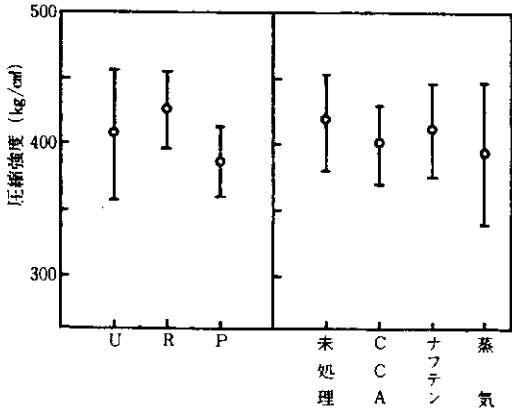


図6 圧縮強度

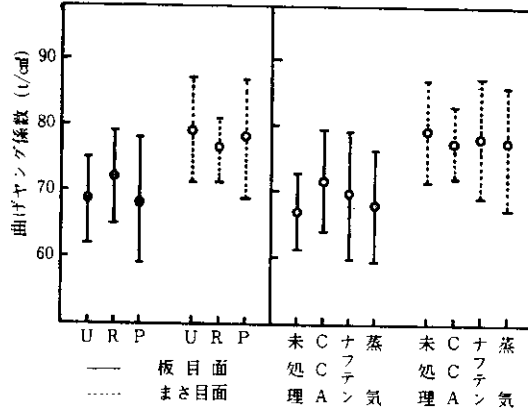


図9 曲げヤング係数

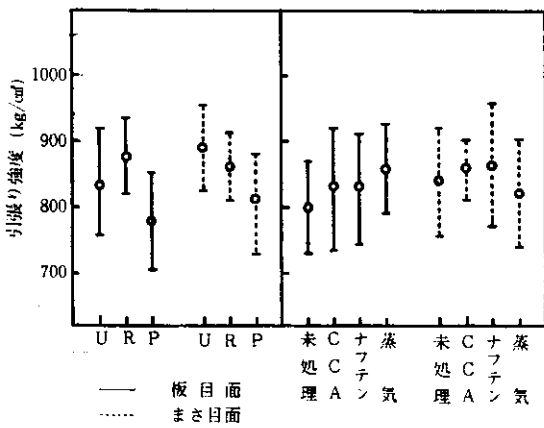


図7 引張り強度

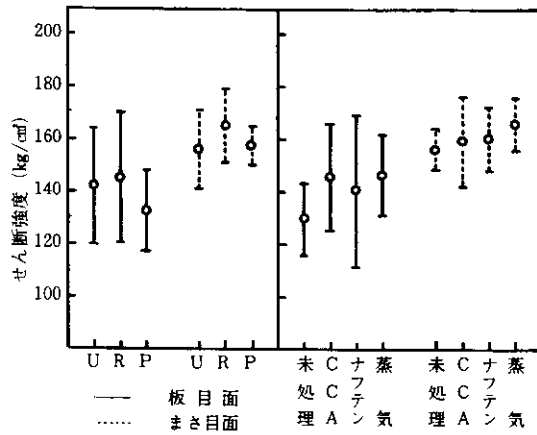


図10 せん断強度

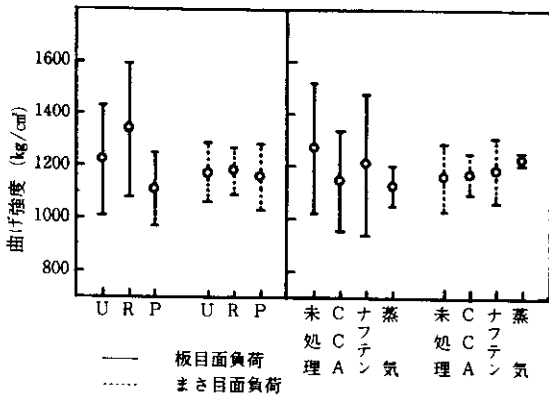


図8 曲げ強度

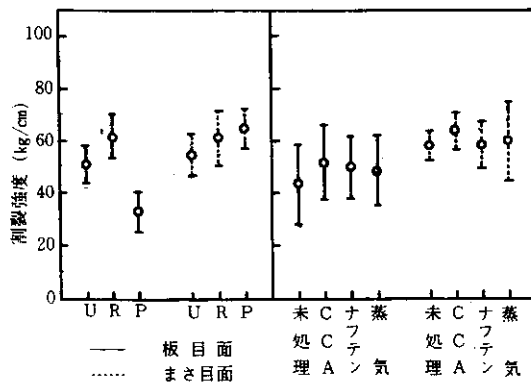


図11 割裂強度

るが、供試した集成材は外皮層と内皮層を削除した竹材で構成され、気乾比重の異なることも考慮する必要がある。各強度全体にわたってみると、竹集成材の強度性能は針葉樹ではヒノキ、広葉樹ではシイノキに近いと思われる。竹集成材の強度値について留意すべき点として、他の強度値にくらべ、曲げヤング係数が小さいことが挙げられる。この点についてはさらに確認を行いたい。

集成材のJAS規格⁶⁾について竹集成材の強度を考察すると、曲げ強度は構造用集成材の針葉樹A1類か広葉樹A類に匹敵する値を有している。

しかし、ヤング係数は小さく、構造用集成材の針葉樹B2類か広葉樹B類にしか該当しない。

竹集成材を構造用材として使用する際には、既往の値よりヤング係数の小さいものが出現することを考慮する必要がある。

3.3.4 竹集成材の利用例

林野庁モデル木造施設宮之城町歴史研修センターの建物のなかで、竹集成材が構造用材として用いられた例を図12と図13に示す。図12は建物入口の屋外に用いられたもの、図13は大断面集成材の間で屋根を支えるタルキとして用いられたものである。

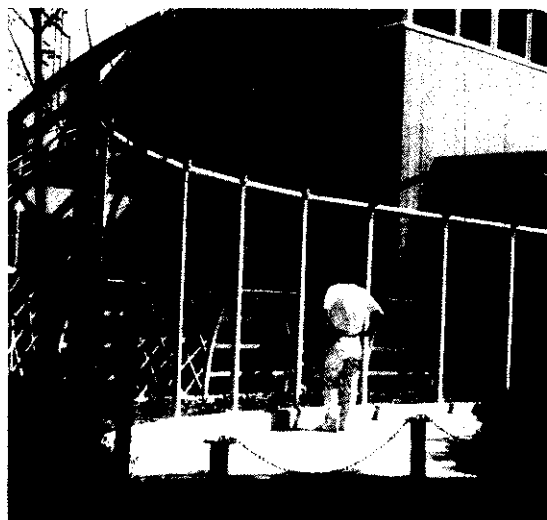


図12 建物の入口

4. おわりに

試験の結果得られた結論は以下のとおりである。

- (1) モウソウチク材への防虫薬剤の加圧注入において、CCAはJAS規格の注入量を満足したが、ナフテン酸亜鉛は規格値に満たなかった。
- (2) 竹材の接着には、常態ではユリアメラミン樹脂接着剤とレゾルシノール樹脂接着剤が良好であり、耐水性を要求される構造用集成材にはレゾルシノール樹脂接着剤が適当である。変性フェノール樹脂接着剤は接着力と木破率のばらつきが大きい。
- (3) CCA処理、ナフテン酸亜鉛処理、高圧蒸気処理によって竹材の接着性能が大きく影響されることはない。
- (4) 竹集成材の強度値は、ヒノキかシイノキの強度値に近い。
- (5) 竹集成材の曲げ強度は、集成材のJASの針葉樹A1類か広葉樹A類に該当する大きな値を

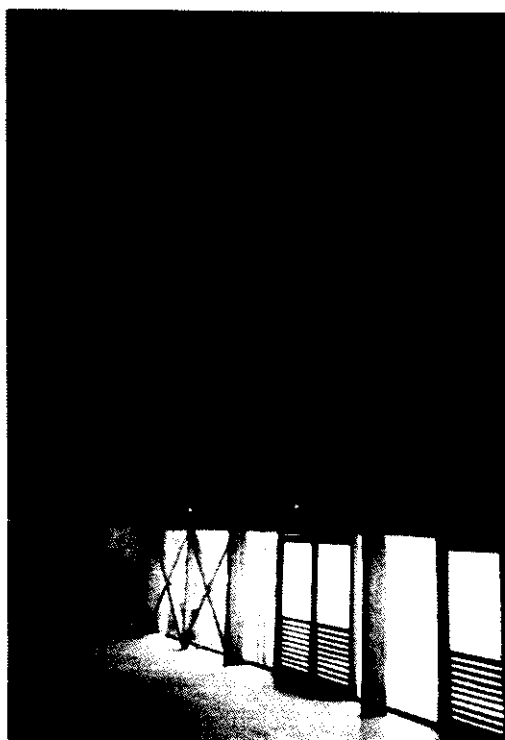


図13 集成材の間のタルキ

示すが、曲げヤング係数は小さく、針葉樹B2
類か広葉樹B類に該当した。

参 考 文 献

- 1) 小西 信：木材の接着，日本木材加工技術協会(1982) p.116
- 2) 遠矢良太郎：昭和61年度鹿児島県木材工業試

験場業務報告書，22～24(1986)

- 3) 平井信二，小河原治郎：東大演報，43(1952)
- 4) 山口文之助：木材工業，4，10(1949)
- 5) 農林省林業試験場：木材工業ハンドブック，丸善(1982) p.186～189
- 6) 吉川芳明：木材工業，42，172～177(1987)