

1 木材の接着

接着は、接着剤分子と被着体分子との化学的結合、物理的結合（分子間引力：水素結合等）及び機械的結合（投錨効果）により発現する。木材の接着においては、木材の主成分であるセルロースが水酸基（OH）を有する極性¹⁾化合物であり、木材が多孔質素材であることから、セルロースの水酸基と極性基²⁾との物理的結合と多孔構造への機械的結合を利用した接着剤が多用されている。なお、木材用接着剤の極性基には、水酸基（OH）、カルボニル基（CO）、アミノ基（NH₂）等が挙げられる。

参考^{1) 2)} 異なる2個の原子が化学結合する場合、原子間で電子対を共有するが、この2個の原子間では、電子対を引き付ける強さ（電気陰性度）が異なるため、どちらか一方の原子に電子が引き付けられて電子のかたよりが生る。この電子のかたよりを極性といい、極性を有する結合体を極性基という。主な原子の電気陰性度の大小：F(4.0)>O(3.5)>N(3.0)>C(2.5)>H(2.1)

（1）接着剤の種類と性質、用途

木材用接着剤は、別表のような種類があり、その性質に応じて、木材／木材及び木材／木材以外の素材（金属、石材、コンクリート、ガラス、プラスチック）の接着用に使い分けられている。なお、最近では住宅における VOC 規制が厳しくなっているため、木材用接着剤においても、ホルムアルデヒドの低含有化（レゾルシノール、フェノール、ユリア及びユリア、メラミン接着剤）、合成ゴム等の有機溶剤系接着剤から水性ビニルウレタン接着剤等への代替が進んでいる。

（2）木材接着の留意点

①含水率

8～15%が適当とされている。含水率が高すぎると、接着剤の接着速度又は硬化反応に影響（表面に染み出した水溶性成分等による）し、接着不良の原因となるため、調整が必要である。木材／木材の接着では、反りやひずみを生じさせないため、部材間の含水率を同一に調整することも必要である。

②表面仕上げ

表面は平滑なほど良好な接着力が得られる。プレナー仕上げ程度で十分である。

③油脂、樹脂分の除去

油脂、樹脂分が付着していると接着剤の濡れが悪くなり、接着不良の原因となるため、アセトン等の低沸点溶剤で湿らせたウエス等で油脂、樹脂分を拭き取り、よく乾燥した後に接着することが必要である。

④繊維方向

繊維方向により収縮率、反り、ひずみが異なり、これらが接着不良の原因となるため、部材間の繊維方向を出来るだけ平行に接着することが必要である。

⑤接着剤の塗布量

最大の接着強度を得るには、塗布量を出来るだけ少なく均一に塗布することが必要である。なお、部材の表面状態によって最適塗布量が異なるため、予備試験により塗布量と接着強度の関係を把握しておくことが必要である。（河野）

別表 接着剤の種類と性質、用途

分類	種類	形状	溶剤又は分散媒	特 徴	主な用途
水性	酢酸ビニル	乳状液体	水	熱可塑性のため、耐熱性、耐水性に劣る。接着速度遅い。	家具等木工
	α オレフィン				
	エチレン、酢酸ビニル				
	ビニルウレタン	水	ポリイソシアネート硬化剤併用タイプは常温又は加熱硬化するため、接着強度、耐久性に優れる。接着速度遅い。	集成型 各種タイル/合板の接着	
	ニカワ、カゼイン	ゼリー状固体 (常温)	水	60~70℃に加熱溶解して使用する。常温ではゲル化し、固化する。合成品に比べ耐久性に劣る。接着速度遅い。	家具等木工
	レゾルシノール	シロップ状液体	水	触媒添加により常温又は加熱硬化するため、接着強度、耐熱性、耐久性に優れるが、VOC（ホルムアルデヒド）の問題有り。接着速度は硬化温度により異なる。	集成型 合板、MDF パーティクルボード チップボード
	フェノール				
ユリア（尿素）					
ユリア、メラミン					
有機溶剤	合成ゴム	透明液体	エステル系、ケトン系及び芳香族系化合物	熱可塑性のため、耐熱性、耐久性に劣る。樹脂を有機溶剤で溶解しているため、VOC（有機溶剤）の問題有り。接着速度やや速い。	各種タイル/合板の接着
	酢酸ビニル				
	塩化ビニル				
無機溶剤	エポキシ	透明液体	なし	ポリアミン、ポリアミド等の硬化剤併用により、常温又は加熱硬化するため、接着強度、耐熱性、耐久性に優れる。接着速度は硬化温度により異なる。	パテ 金属、石材、コンクリート、 ガラス/木材の接着
	エチレン、酢酸ビニル	不透明固体	なし	加熱溶解により接着力が発現する。熱可塑性のため、耐熱性、耐久性に劣る。接着速度速い。	家具等木工、内装材
ポリアミド					
合成ゴム					
ホットメルト	ウレタンプレポリマー	不透明固体	なし	湿気により硬化するが、木材中のセルロースとも反応し、化学結合するため、一般のホットメルトよりも接着強度、耐熱性、耐久性に優れる。接着速度速い。	プロファイルラッピング（オレフィン/合板等の接着）

2 木材の難燃処理

木材が燃えるのはその特性であり、長所にも短所にもなる。火災が発生した場合に、完全に燃えなくすることはできないが、燃えにくくすることは可能である。

木材に難燃処理を施すことによって、これまで使えなかったところに需要展開を図ることができ、期待される場所である。

(1) 木材の燃焼

燃焼とは、空気（または酸素）中で物質が酸化され、発熱する化学反応で、「燃える物質・火源・酸素」の3条件が満たされて成立する。いずれの条件が不十分であっても反応は成立せず、「燃焼」しない。

木材が加熱されると、含有されている水分の放出、熱分解、発炎燃焼および赤熱燃焼の過程を経て破損する。木材はC・H・Oで構成され、セルロース、ヘミセルロース、リグニン、樹脂などの成分に区分されている。木材を昇温加熱すると、まず200℃以下でヘミセルロースの分解が始まり、続いてリグニン、さらにセルロースが分解する。ヘミセルロースの分解は300℃以下で完了するが、リグニンは緩やかに進み、350℃前後でほとんどが分解を終える。熱分解により発生した可燃性分解物と空気(O₂)の混合気体に着火すると燃焼が始まる。木材が燃焼するとき、発熱量は4,500kcal/kg前後で、合成樹脂の6,500kcal/kg前後と比べて比較的小さい。また、燃焼による発生ガスは、酸素供給が十分な燃焼では、水と二酸化炭素を生成する。一方、酸素供給が不十分な燃焼では、有毒な一酸化炭素(CO)の生成を伴うので、危険である。燃焼による発煙量は、木材自体はそれほど多くないが、他の材料との複合化などの処理によって大きく変化する。

(2) 難燃処理

木材の燃焼の抑制や防止は、燃焼の各過程でその成立要素のうちのいずれかの要素を取り除くことによって成立する。木材は有機物であるので、それ自体を不燃化することは不可能であるが、種々の物理的・化学的処理法によって防火・防じん性能を付与することが可能である。

①物理的抑制法

材料への熱エネルギーと酸素供給の遮断、可燃性成分の比率減等により木材の燃焼を物理的に抑制するもので、不燃性物質を添加し、可燃性部分の比率を減らす混合、木材の表面を不燃性物質などで被覆して難燃化する被覆・積層等の手法を用いる。

*混合の例（木毛・木片セメント板、パルプセメント板、石膏ボード等）

*被覆・積層の例（しっくい塗り・防火塗料・金属箔・板、無機材料による表面被覆・積層等）

②化学的抑制法

物理化学的または化学的手法で、木材の構成成分に難燃性能を、あるいは木材中に薬剤を付与することにより、木材表面の薬剤溶融物の発泡および形成炭化層による断熱、または薬剤の熱分解生成物による可燃性気体の希釈・吸熱および火炎内の連鎖反応の抑制など木材の燃焼過程を化学的に抑制・制御するもので、注入・含浸、添加・混合、塗布などの手法を用いる。一般に本処理に使用される薬剤は、主に窒素、リン、ホウ素、ケイ素、ハロゲン、アンチモン、アルカリ金属、アルカリ土類金属などの元素を含む化合物で、これらの処理剤は2種類以上の化合物で構成される場合が

多く、複合効果により防災・防じん効果を期待する。

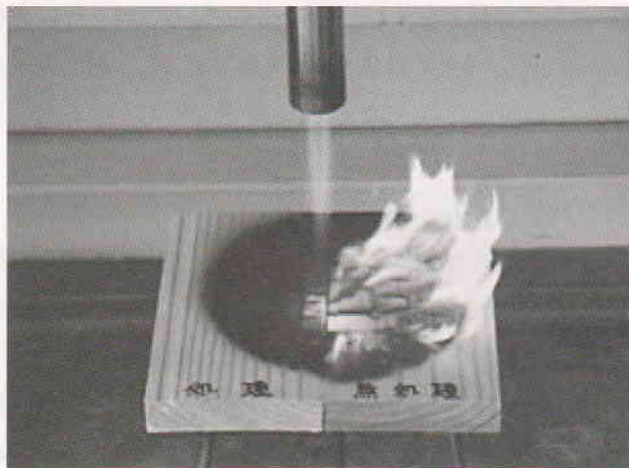
(3) 防火材料

平成12年に建築基準法が改正され、木質材料でも性能を満たせば、不燃材料や準不燃材料の認定を取得できるようになった。これらの大部分は薬剤を注入したスギ・ヒノキが主体で、薬剤は無機リン酸系、ホウ砂ホウ酸系、リン酸グアニジン系の3種類が主流である。

徳島県でも民間企業と森林林業研究所が共同で準不燃木材（スギ・外装用）を開発し、平成17年1月に国土交通省より認定を受け、さらに、平成18年3月に内・外装用準不燃木材について特許出願したところである。(津司)

表1 建築基準法で定めている防火材料

防火材料	仕様で規定されたもの	要求時間	用途、要求性能等
不燃材料	鉄、コンクリート、ガラス、モルタル等	20分間	①燃焼しないこと ②防火上有害な変形、溶融、亀裂、その他の損傷を生じないこと ③避難上有害な煙、又はガスを生じないこと
準不燃材料	15mm以上木毛セメント板、9mm以上石膏ボード等	10分間	
難燃材料	5.5mm以上難燃合板、7mm以上石膏ボード	5分間	



左が薬剤を注入した準不燃材 右が無処理材
(於 徳島県森林林業研究所)
準不燃材と無処理材

【参考・引用文献】

- 1 『木材・木質材科学』今村祐嗣・川井秀一・則元京・平井卓郎 東洋書店 1997.12
- 2 『木材保存学入門 改訂版』社団法人 日本木材保存協会 2001.3
- 3 『木質材料用難燃剤、これを使用した難燃化木質材料の製造方法、難燃化木質材料及び木質材料の難燃化方法』徳島県、新丹生谷製材共同組合、ミロモックル産業株式会社 2005.3.31

3 木材の化学成分 (抽出成分)

木材は二次代謝の過程で微量ではあるが様々な成分を生成しており、樹種によって特有の成分を含むことが多いとされている。この生成物は外的な要因から自己を防衛するために合成されたものもあり、生理活性を示し殺菌性や殺虫性等を有する。そのため、木材中に含まれる香気成分には、耐朽性、抗蟻性に寄与するものが多い。これらの効能を有することから樹木の成分は古くから利用されてきた。その一例としてクスノキのショウノウ油(カンファー)やアオモリヒバのヒノキチオール (β -ツヤプリシン) などが防虫剤に使用されてきたことがあげられる。また、針葉樹林を散策すれば森林浴の効果があるとされているのは、フィトンチッドと呼ばれるモノテルペン類等を発生するためである。木材が生成する成分は香料や防虫剤のほかアロマテラピーなど生活の身近なところで様々な利用されている。¹⁾

(1) 木材の香気成分について

木材の香り成分は低分子で揮発性があり、その分子内にアルコールやアルデヒド、エーテル、エステル、カルボキシル基などの官能基や不飽和結合を持つことが必要である。そのため、木材の香気成分を示すものの大部分はモノテルペン ($C_{10}H_{16}$) やセスキテルペン ($C_{15}H_{24}$) である。テルペンはイソプレン (C_5H_8) が基本骨格となり、モノテルペンはそれが2個会合したもの。セスキテルペンはそれが3個、ジテルペンは4個で構成されたものである。一般にジテルペンになると分子量が大きく高沸点になるため揮発性は乏しくなる。

(2) 木材からの抽出法

木材から香気成分を抽出する方法として、水蒸気蒸留法や溶剤抽出法(アブソリュート)がある。水蒸気蒸留法は主に葉から抽出するとき用いられる。蒸気によって揮発成分を取り出し冷却後、水と分離したものを精製する。この方法は香り成分を沸点に比べかなり低い温度で抽出できるため、熱変性を抑えることができる。モノテルペンからジテルペン ($C_{20}H_{32}$) を抽出するのに適した方法である。溶剤抽出法は主に木材を細かく粉砕しアセトンやヘキサンなどの有機溶剤で抽出する方法である。この方法では、精油のほかにワックスや樹脂が得られる。

(3) 主要樹種の精油に含まれる成分とその効果について

スギ、ヒノキなど主要樹種に含まれる成分について表1に示す。構造別に分類すると、 α -ピネン、リモネンはモノテルペン、カジネンはセスキテルペン、カジノール、セドロールはセスキテルペンアルコールに属する。 β -ツヤプリシンは特異なトロポロン(7員環)構造になる。

ヒノキ：抗菌作用のほかに鎮静作用がある。

ヒバ：殺菌性があり、食品添加物や青果物の保存に利用されている。

シベリアモミ：アビエス油は空気清浄効果から森林浴に似た効果が期待できる。

ユーカリ：強い抗菌性を持つほか呼吸器系の不調を和らげる効果がある。

表1 主な精油類²⁾

種類・名称	主な起源植物, 部位	主要成分	用途
スギ	<i>Cryptomeria japonica</i> D.Don, 葉, 木部	1 (10)-カジネン-4 β オール, T-カジノール, セドロール, トレヨール, δ -カジネン, α -ピネン	香料
ヒノキ	<i>Campecypris obtuse</i> Sieb. et Zucc, 木部	1 (10)-カジネン-4 β オール, α -カジノール, δ -カジノール, δ -カジネン, α -ピネン	香料
ヒバ	<i>Thujopsis dolabrata</i> Sieb. et Zucc. var. <i>hindai</i> , 木部	ツヨブセン, セドロール, ウイドロール, ネロリドール, β -ツヤプリシン, α -ピネン	香料, 医薬品, 防虫剤
モミ	<i>Abies</i> 属, 葉	α -ピネン, リモネン, ボルニルアセテート	香料, 医薬品
カンファー	<i>Cinnamomum camphora</i> , 葉, 木部	カンファー等	香料, 医薬品, 防虫剤
ユーカリ	<i>Eucalyptus</i> 属, 葉	1,8シネオール, ピペリトン, α -フェランドレン, シトロエナル等	香料, 薬用

(4) スギの香りの効用について

木材中の微量な芳香成分に鎮静効果があることがいろいろな実験でも確かめられている。精油成分の効果として鎮静効果・消臭作用・防ダニ・殺虫・防カビ・抗菌作用がよく知られている。

こうした中、スギの香りは眠りを促進することが、徳島大学医学部の研究から明らかになっている。

ラット5匹を室温23℃の部屋で飼育し、6時点灯、18時消灯の生活をさせた。飼育室を杉の香りを与えた部屋とそうでない部屋に分け、部屋ごとのラットの活動量を近赤外線センサーで測定したところ、スギの香りのする部屋にいるラットは夜間の活動が低下することがわかった。(図1)

また徳島大学の学生による眠りの実験では、スギの香りのする部屋とそうでない部屋で2日間にわたり4回の睡眠ポリグラフを記録した。通常の夜間睡眠をとった後で、スギの香りを暴露させ、入眠促進効果があったかどうかを分析した結果、スギの香りのする部屋が眠りに入るのが早いことがわかった。(図2) (金磯)

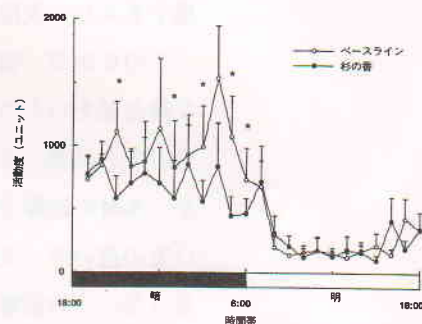


図1 ラットの活動量の差

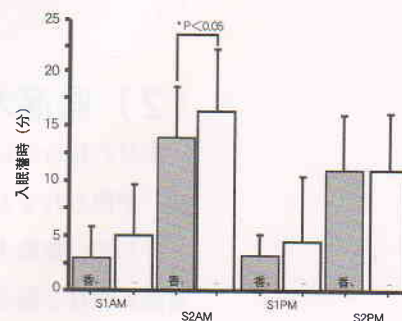


図2 香りの有無による眠りの早さ

【参考・引用文献】

- 『木材化学講座4 化学』 海青社 81-109
- 『木材工業ハンドブック改訂4版』 丸善 992-996
- 『高度技術研究開発事業報告書「健康に係わる環境素材の開発」』(財)徳島県地域産業技術開発機構 1996.3

4 木造住宅の接合部強度

木造住宅の構造強度は、梁・桁や柱など部材そのものよりも仕口・継ぎ手などの接合部の性能に支配される。地震や台風などの外力に対する建物の粘り強さや、揺れを抑える減衰特性についても、その多くは部材間の接合性能によって決定されている。木材を利用するにあたっては、部材の断面寸法のほか、こうした接合部耐力を明らかにする必要がある。しかしながら、木材は、バラツキが多いうえ、接合部の仕様が工務店、設計士や地域によって多種多様であり、その作業は容易ではない。

折しも、平成12年度（2000）には建築基準法の改正に伴う性能規定化、さらには品確法の制定による瑕疵保証責任などのリスクを住宅供給者等が背負うことになったことから、市場や消費者の木造住宅や住宅部材等の性能に対する要求が急速に高まっている。

（1）徳島県の取り組み

徳島県では、これまでスギの実大材強度試験に取り組んできた実績を生かし、スギ構造材の部材寸法を構造計算により分析・標準化した「徳島すぎスパン表（写真1）」を作成した。次いで、仕口や継ぎ手など部材どうしの接合部について強度試験（写真2）を実施し、「徳島すぎスパン表接合編」をとりまとめた。

このなかで、徳島すぎを用いた県産木造住宅の一般的な接合部をいくつかのパターンに類型化して実験を行った。その結果、これらは必要な支持耐力を持っているが、木材の乾燥方法や加工の違い、接合金物等の取り付け方の違いが、支持耐力に影響を及ぼすことが明らかとなった。この影響を勘案し、多くの接合部の構造計算に対応できるように、仕口形状の寸法を定量化・標準化した。

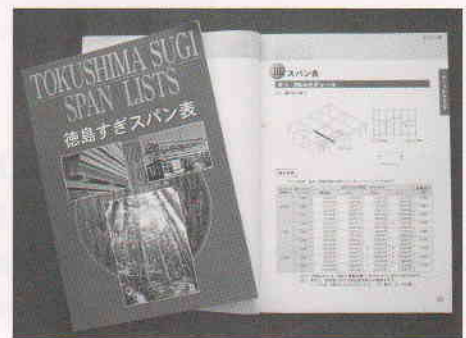


写真1 徳島すぎスパン表



写真2 接合部の強度試験

（2）県産木造住宅の接合強度

木材の接合法には、3大接合法と言われる「①伝統継手・仕口、②接合金具による接合、③接着接合」が使われており、それぞれの特徴に応じた住宅工法に用いられている。

そして、徳島すぎを使用した県産木造住宅では表1のように大きく3つのタイプに分けられる。高温乾燥材と接合金物を用いたプレカット部材からなるAタイプの接合方法、中温乾燥材と接合金物を用いたプレカット部材からなるBタイプの接合方法、天然乾燥材を用いた大工手加工によるCタイプの接合方法である。それらの主な接合部仕様について、①と②の接合法による支持耐力を調べた。

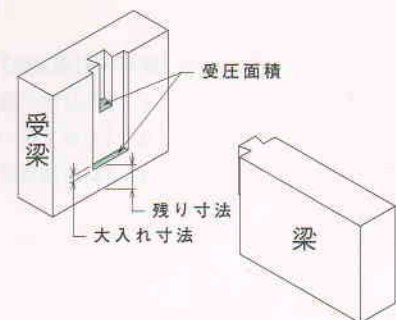


図1 仕口

表1 県産木造住宅のタイプ

住宅タイプ	A	B	C
加工方法	プレカット	プレカット	手加工
接合金物	有	有	無（一部有）
標準仕口	大入れ寸法	9mm (15mm)	12mm (16mm)
	残り寸法	60mm	60mm
構造材 (乾燥工程)	高温乾燥材 (120℃で5日間)	中温乾燥材 (80℃で2週間)	天然乾燥材 (積積み3ヶ月間)
壁工法	板壁	大壁	土壁
工期	4ヶ月	3~4ヶ月	6~12ヶ月

※標準仕口の()は、柱-梁接合型

実験の結果、柱と梁の接合型(図2-ア)においては、手加工を採用したCタイプが、プレカットを採用したA、Bタイプに比べ高い支持耐力を示した(図3)。伝統的の大工技術による込み栓打ちが施された仕口では、受圧面積が大きく、それに伴って胴付き*力が高まり、支持耐力が向上したと考えられている。A、Bタイプは、ともに近い支持耐力を示したが、接合金物を使用せずに行った比較試験では、耐力に差が生じたことから、加工形状や乾燥等の影響が示唆された。支持耐力を確保するために適切な接合金物を選択することの他、金物の取り付け位置や締め付けに工夫があるようである。

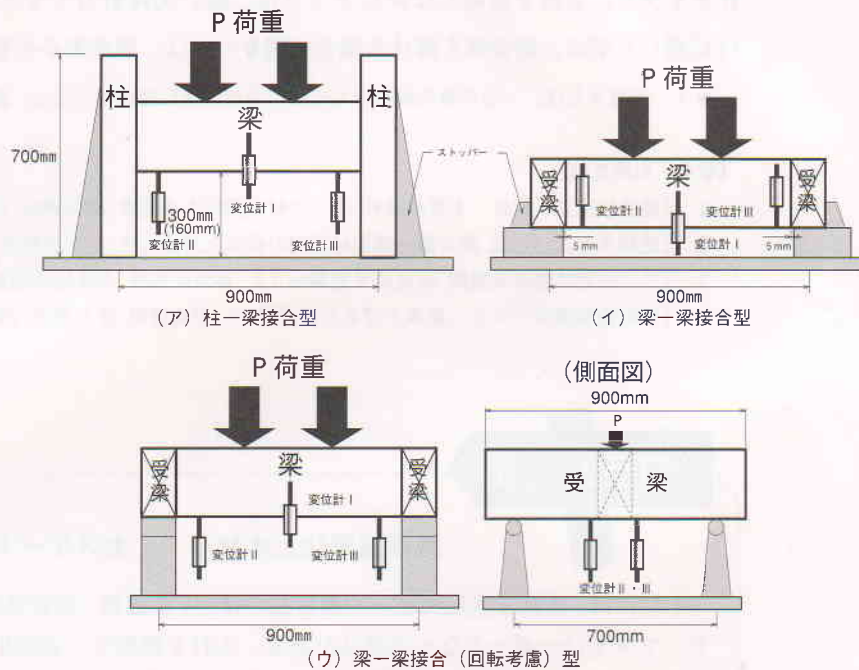


図2 横架材端部の鉛直支持耐力試験

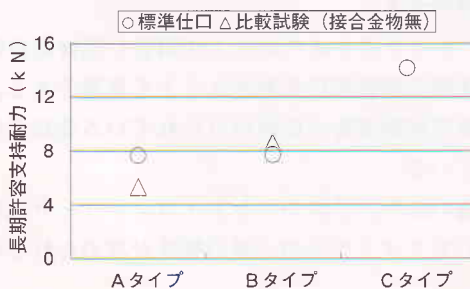


図3 柱と梁接合型の支持耐力

注) A、Bタイプにおいては、木組みそのものの接合耐力を見るため、金物を外した試験を行った。

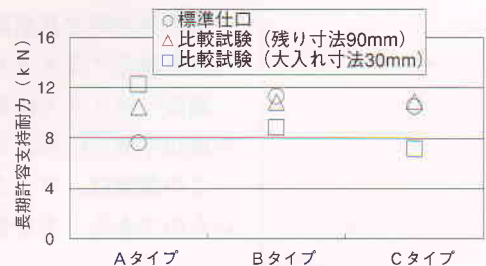


図4 梁と梁(桁)接合型の支持耐力

注) 各タイプで図1に示す残り寸法、大入れ寸法を変え試験を行った。

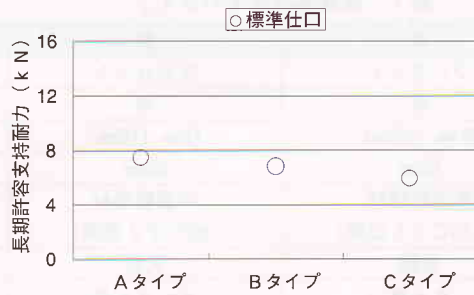


図5 梁と梁接合（回転考慮）型の支持耐力

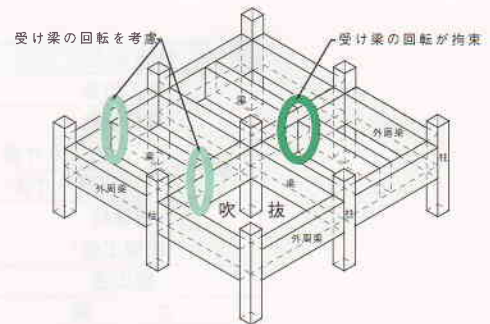


図6 外周梁と吹き抜けに面した梁

梁と梁（桁）の接合型（図1ーイ）においては、各タイプの支持耐力は受け梁のめり込みとせん断で決定され、めり込みで潰れるのは残り寸法（図1）のうち上部約30mmであった。標準仕口で支持耐力が低かったAタイプでも、残り寸法を60mm以上にすると支持耐力が高くなっている。また、受圧面積を広げるために、大入れ寸法を大きくとっても、B、Cタイプに見られるように支持耐力は増えず、逆に、断面欠損による受け梁の剛性低下を生じることが推察された（図4）。

梁と梁（桁）の接合回転考慮型（図1ーウ）については、受け梁の回転や大入れの抜け出しによって、支持耐力が低下することが観察された。特に、接合金物の取り付け方によるあそびが影響したBタイプと、金物を使用しないCタイプは、低い支持耐力となっている（図5）。外周梁や吹き抜けに面した梁に、接合部を設ける場合（図6）には、留意する必要がある。（三宅）

*1 胴付きとは、一方の材の木口をもう一方の材の面に接合すること。胴付力はめり込み等で生じる力。

【参考・引用文献】

- 1 『建築に役立つ木材・木質材料科学』 今村祐嗣ほか3編著 東洋書店 1997.12
- 2 『徳島すぎスパン表 接合偏一横架材端部の鉛直支持耐力表一』 徳島県 2006.3
- 3 『公立林業試験研究機関 研究成果選集No.3』 林野庁監修 森林総研編集・発行 2006.3
- 4 『住宅現場携帯ブック 組み上げる』 藤澤好一、田處博昭 井上書店 2004.10

コラム 5

地球温暖化と木材③ カスケード利用



木材には、素材を直接利用した製材品のほか、集成材、単層積層材、合板、パーティクルボード、ファイバーボードなどの製品がある。木材を無駄なく再利用するには、素材形状の大きなものから小さなものへと多段階で使い、最終的に炭や燃料として使うカスケード（段階的）利用が、温室効果ガス削減に有効である。

また住宅等で長期間CO₂をストックさせるための工法開発や部材保存処理技術等により、耐久性を確保するとともに、解体時の再資源化を進めることも重要である。

建設リサイクル法の特定制資材廃棄物に位置付けられている建設発生木材の、再生化率は平成14年度で61%にとどまっている。

この数値は、コンクリート塊の98%、アスファルト・コンクリート塊の99%に比較すると低いものである。木材資源についてリサイクルの一層の推進が求められている。



5 徳島すぎの新技术・商品開発事例

5-1 スギを使用した型枠用合板の性能

徳島県では、スギ間伐材の需要拡大を図るため、平成15年度（2003）からスギをコンクリート型枠用合板として使用することができないか検討を行ってきた。当初は、単板5層すべてにスギを使用した合板の試作を行ったが、現場での試験施工の結果、吸水性や強度の面で問題が提起された。そのため、いろいろと検討を重ねた結果、吸水時の問題は木口面を撥水性の塗料で塗装することにより、また強度の問題はロシア産カラマツと複合することにより解決を図ってきた。この改良された合板が治山林道の現場に試験的に施工されている。

1 試験方法

(1) 試験体

試験体は単板5層で、スギ2層・カラマツ3層合板（12×900×1820mm）、スギ5層合板（12×900×1820mm）、スギ3層・カラマツ2層合板

表1 試験体の構成

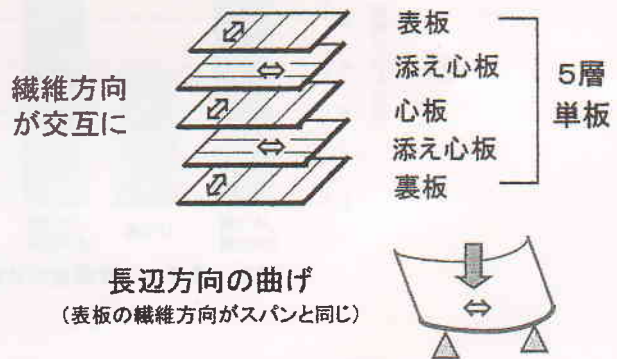
種類	単板の構成				
	表板	添え心板	心板	添え心板	裏板
スギ2層・カラマツ3層	カラマツ	スギ	カラマツ	スギ	カラマツ
スギ5層	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ
スギ3層・カラマツ2層	カラマツ	スギ	スギ	スギ	カラマツ
ラワン5層	ラワン	ラワン	ラワン	ラワン	ラワン

（13×900×1800mm）の3種類とし、比較対照用としてラワン合板（12×900×1800mm）を使用した（表1）。

(2) 試験方法

① 曲げ剛性試験

実大の合板（表板を上面として）の中央に荷重を加えて、たわみ量を測定し曲げヤング係数（曲げヤング係数が大きいほど、たわみにくい。）を算出した（各9体）。



② 曲げ強度試験

1枚の合板から600×80mmの試験体を3体ずつ採取し、3等分点4点荷重法により荷重を加え、最大荷重から曲げ強度の平均値を求めた。

図1 合板の構造と曲げ試験の加力方向

③ 衝撃試験

角の損傷や釘抜けが生じたりしないよう表面のかたさが要求されることから、簡易な方法として、290×290mmの試験体を砂の上に水平に置き、鋼製球（重さ約1042g）を試験体の鉛直上

(高さ75cm) から落下させ、窪んだ部分の直径を測定することでかたさを相対的に比較することとした(種類毎に1体)。

④吸水試験

塗装方法の違い(木口面に市販のアクリル系の撥水性塗料2種類(A、B)を塗布)により、吸水性がどのように変化するか、150×300mmの試験体を常温水中に48時間浸漬し、定期的に重量を測定して吸水量を算出した(種類毎に試験体5体の平均値を算出し比較)。なお、表側の面にはすべてアクリルウレタン塗装を施している。

2 試験結果

(1) 曲げ剛性

JAS規格では、厚さ12mmのコンクリート型枠用合板の長さ方向の曲げヤング係数は7.0GPa(71.4kgf/cm²)と規定されている。試験の結果、曲げヤング係数の平均値は、スギ5層では5.7GPaとJASの値を下回ったが、スギ2層・カラマツ3層では10.2GPa、スギ3層・カラマツ2層(厚さ13mm)では11.3GPaとJASの値を大きく上回った(図2は曲げヤング係数の平均値と標準偏差を示す)。

(2) 曲げ強度

曲げ強度は型枠用合板としてJASに規定されていないが、その平均値はラワンが52.26MPaともっとも高い値を示し、スギを使用した合板ではスギ2層・カラマツ3層が43.67MPa、スギ3層・カラマツ2層が50.18MPaと、いずれもスギ5層の26.62MPaを上回った(図3は曲げ強度の平均値と標準偏差を示す)。

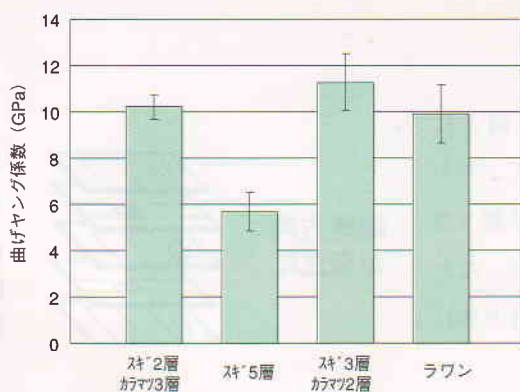


図2 曲げヤング係数の比較

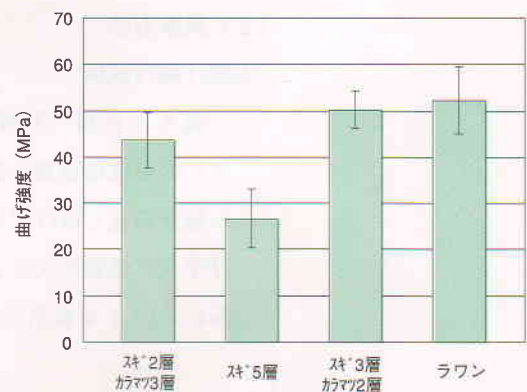


図3 曲げ強度の比較

(3) かたさ

測定の結果、スギ2層・カラマツ3層の直径は16.00mm、スギ3層・カラマツ2層の直径は16.56mmとラワン(12.97mm)には及ばないが、スギ5層(18.04mm)よりかたさが向上していることがわかった(図4はかたさの平均値と標準偏差を示す)。

(4) 吸水性

木口面・裏面に塗装しない場合、スギを使用した合板はラワンより吸水量が多いことから、

木口面のみに塗装を施すことによって、スギ2層・カラマツ3層では塗料Aが約72g、塗料Bが約41gとラワン（塗装なし、約96g）を大きく上回る防水性能が得られた(図5)（吉永）。

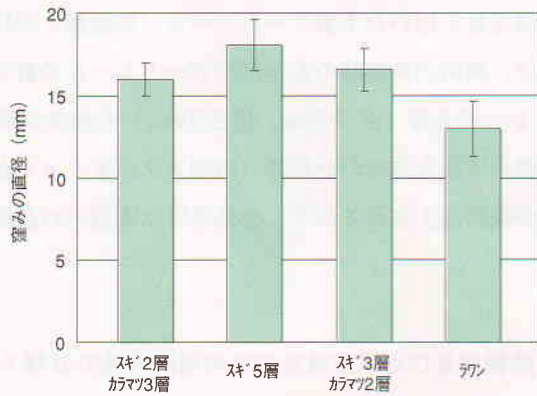


図4 かたさの比較

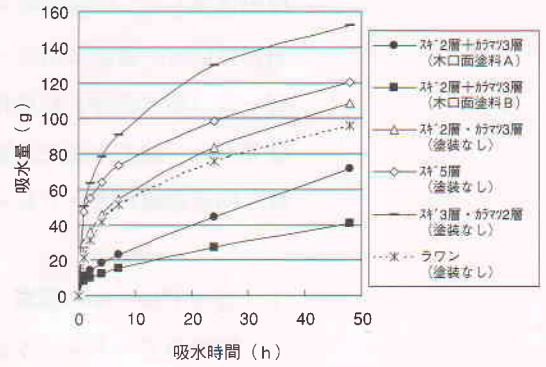
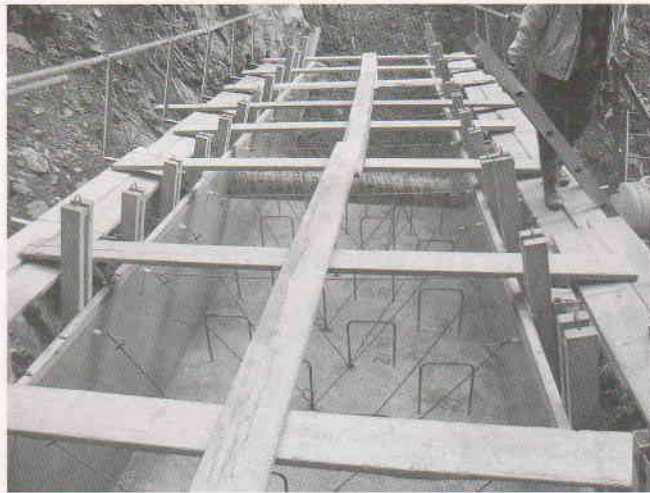


図5 吸水量の比較

【参考・引用文献】

- 『日本木材学会中国・四国支部第16回研究発表会要旨集』吉永亨ら 28-29 2004
- 『平成17年度森林林業研究発表会概要集』吉永亨 8-11 2006



型枠の現場

5-2 徳島すぎを使用したガードレール

平成16年度（2004）から国土交通省四国地方整備局が音頭をとり、四国4県の行政、公設研究機関が連携して、四国産のすぎ間伐材を用いた木製ガードレール（防護柵）の技術基準の策定に取り組んでいる。策定に当たっては、車両の衝突時の安全性やガードレールの耐久性を確保するため、ビーム（横梁部分）に使用するすぎ丸棒（直径20cm、長さ198cm）の強度試験等を実施した。その結果から、加工方法や品質管理の方法を定めた仕様書（四国スタンダード）が作成され、現在、各県の国道沿線にガードレールが試験施工されており、徳島県では県道への設置も進めている。

1 ガードレールの種類

四国のガードレールは、路側用及び歩車道境界用車両用防護柵のB種を対象とし、支柱は土中埋め込み用となっている。

表1 防護柵の種類

道路の区分	設計速度	一般区間	重大な被害が発生するおそれのある区間	新幹線などと交差または近接する区間
高速自動車国道自動車専用道路	80km/h 以上	A, Am	SB, SBm	SS
	60km/h 以下		SC, SCm	SA
その他の道路	60km/h 以上	B, Bm, Bp	A, Am, Ap	SB, SBp
	50km/h 以下	C, Cm, Cp	B, Bm, Bp	

2 試験方法

(1) 試験体

徳島県では、県内の3地域の原木市場から高齢級間伐材（平均末口径約24cm、材長約4m）をそれぞれ20本ずつ調達し、それぞれの丸太から直径20cm、材長198cmの丸棒を1本ずつ試験体とした（合計60本）。

(2) 試験方法

背割り後の丸棒の重量、寸法を計測し、**図1**のように周波数分析器（FFT サウンドアナライザー）で基本振動周波数を測定することで、算定式から縦振動法（打撃法）によるヤング係数を求めた（附章2参照）。

なお、ヤング係数とはたわみに対する抵抗性を表す数値で、ヤング係数が高いほどたわみにくい木材と言える。また、木材ではヤング係数と強度との間には高い相関関係があり、ヤング係数が高い木材は強度も高い傾向にある。

次に、所定のスパン（180cm）をとり、中央集中荷重方式で荷重をかけ破壊するまで試験（**写真1**：曲げ試験）を行い、寸法、破壊荷重（最大荷重）から算定式により曲げ強度を算出した。

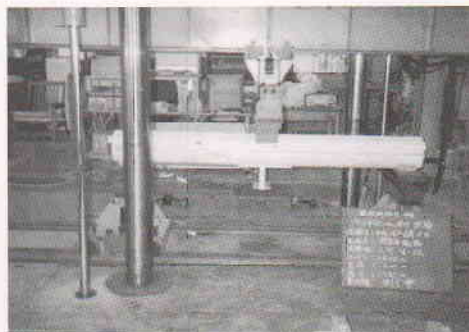


写真1 曲げ試験風景

3 結果及び考察

(1) 強度の基準

国土交通省や社団法人日本木材加工技術協会

は、平成14年(2002)から15年(2003)にかけて、スギガードレール(宮崎・群馬県産間伐材)を対象とした実車(トラックや乗用車)による衝突実験を行っている。この時の梁に作用した力を参考に、今回目安とされた荷重(50kN(約5.1tf))が設定されている。これは50kNの荷重をかけても破壊されないものであることが要求されているということである。50kNの荷重を単位面積当たりの曲げ強度に換算すると、28.7N/mm²(293kgf/cm²)となる。

(2) 曲げ試験結果

曲げ試験の結果を整理すると表2のようなになる。試験体60本の破壊荷重(最大荷重)は平均で7.6tfとなり、最小でも6.5tfと目安とされた5.1tfを大きく上回っており、満足する強度をもっていることがわかった。

なお、この時の曲げ強度は、平均で416kgf/cm²、最小でも356kgf/cm²と高い値を示している。

また、背割り後の丸棒の縦振動法によるヤング係数と曲げ強度の関係をみると、図1のようなになる。曲げ強度とヤング係数との間には相関関係が認められるが、0.312とそれほど高くなく、背割りの影響が考えられる(曲げ試験後の試験体を観察するとせん断破壊したものが多)。ただし、年輪幅や節などと強度の相関関係はヤング係数以上に低かったため(-0.061~-0.158)、強度を事前に推定する因子としては、ヤング係数が適している。

この結果から、四国4県では事前に丸棒のヤング係数を測定し、5.0kN/mm²(約51tf/cm²)以上のヤング係数の丸棒をガードレールの梁材として使用することになっている。(吉永)

表2 曲げ試験結果

区分	破壊荷重(tf)	曲げ強度(kgf/cm ²)	縦振動ヤング係数(tf/cm ²)	含水率(%)	節径比(%)	集中節径比(%)
平均	7.6	416	83.5	61	15	23
最小	6.5	356	65.5	33	0	0
最大	9.8	534	105.4	106	29	56

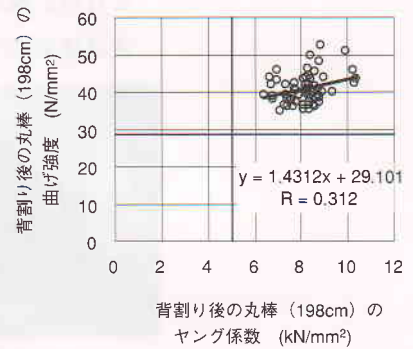


図1 曲げ強度とヤング係数の関係



写真2 県道の木製ガードレール

【参考・引用文献】

- 『人に優しい木質資材公共利用促進技術開発事業成果報告書』(財)日本住宅・木材技術センター、(社)日本木材加工技術協会 2004
- 『防護柵の設置基準』国土交通省 2004

5-3 スギバークの利用

ダイオキシン規制に伴って廃掃法が強化（2002.12）され、スギバークをはじめ残廃材処理コストが林業経営を圧迫している。徳島県では徳島大学工学部、徳島文理大学薬学部らと国農林水産技術会議の「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業（H15～17）の採択を受け、スギバークの利用試験に取り組んだ。スギバークは残廃材のなかでも用途が限られるが、含有される抗菌成分がその利用を妨げる原因となっていることに着目し、成分抽出技術とともに残さ繊維の利用技術を開発し、つぎに示す成果を得た。

- 1) スギバークから抗菌成分を効率的に除去・抽出するための粉碎、熱水抽出条件等を明らかにし、現場対応型の蒸留・熱水抽出装置を試作した。
- 2) 抽出効率を高めるため二つの方法（ハンマーカッター式、スクリーカッター式）で粉碎したバークについて熱水抽出を行い、残さの成分抽出を行った結果、スクリーカッター式は従来のハンマーカッター式に比べ、抽出効率が大きく（メ



蒸留・熱水抽出装置



ハンマーカッター式 粉碎 スクリーカッター式 粉碎

表1 粉碎方法別抽出エキス量

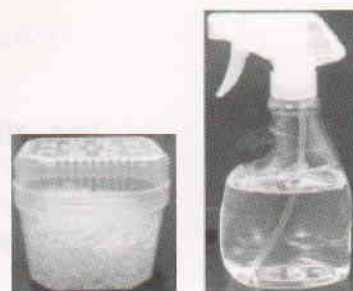
カッター方式	熱水抽出処理	抽出エキス量 mg	HPLC 用資料 濃度 mg/μg
スクリー	無	726	2.02/200
	有	505	2.02/200
ハンマー	無	895	2.01/200
	有	782	2.01/200

タノール抽出エキス量で約20%の差）上回り、ノルリグナン類がジテルペン類に比し多く抽出されることがわかった。

- 3) スギ樹皮から得た水蒸気蒸留抽出物（n-ヘキサン）の原液はイエシロアリ、ヤマトシロアリに対し、高い殺虫活性と摂食阻害活性を示すことが明らかとなった。水蒸気蒸留で得た精油にはアンモニアに対する臭い抑制（マスキング）効果があることが明らかとなった。堆肥化試験でもスギバークは、アンモニア臭気を抑制した。

表1 スギ樹皮抽出物のアンモニア消臭効果

供試検体	スプレー量 (g)	アンモニア濃度 (ppm)	臭気強度 (n=2)	マスキング効果	備考
原液	0.32	42	3	有り	木の香り
10倍希釈液	0.33	45	4	無し	臭い
無処理	0	65	4		臭い
原液	0.33	30	3	有り	木の香り
10倍希釈液	0.31	28	3	有り	木の香り
無処理	0	40	3		臭い



消臭剤の試作

- 4) ハンマーカッター式粉碎物に比べ、スクリーカッター式粉碎物は堆肥化時の作業効率に優れるとともに発酵が促進され、堆肥化資材として有効であることがわかった。

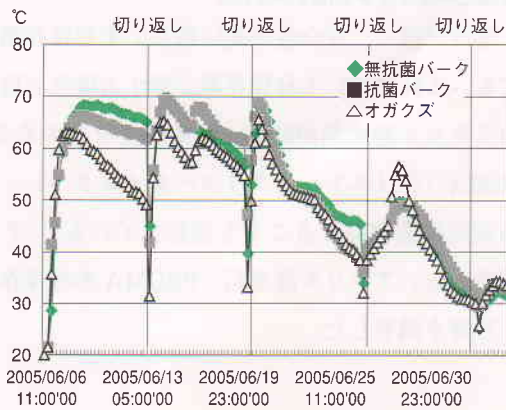


図1 抗菌除去バーク等の発酵速度

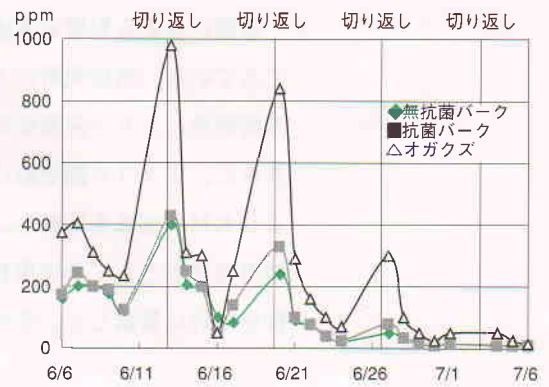


図2 スギバークの臭気抑制

5) スクリューカッター式粉碎法物は乳牛の乳房炎原因菌(クレブシエラ菌)に抑制効果があり、乳牛の乳房炎の原因菌とされるクレブシエラ菌が90%減少した。根皮で行った抗菌試験では特定成分でクレブシエラ菌に対する著しい殺菌性が見られ、それは agatharesinol や sequirin C 等のノルリグナン類であると推察された。

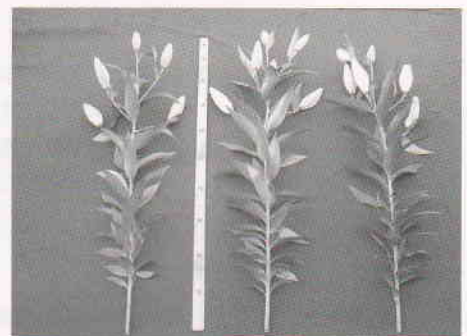
6) 粉碎したスギバークのイチゴ連用栽培試験では、生育等に障害は見られず、ヤシガラや堆肥化バークと比べても収量、平均果重、果実品質とも同程度だった。

7) トマト育苗用培地については吸水性、保水性を高めるために、アンモニア処理を施した成形培地を試作した。



特殊プレス技術で加工→トマトの育苗培地

8) ユリの主要品種についてスギバークを利用したコンテナ栽培技術を開発した。スギバーク培地の切花は、植壤土やピートモス等と比べても遜色なく、草姿バランスの良い切花が得られた。(網田)



ソルボンヌ切花 (左:スギバーク、中:スギ・ピート混合、右:ピートモス)

【参考・引用文献】

- 1 先端技術を活用した農林水産研究高度化事業『抗菌成分分離によるスギバークのバイオマス資源化と商品開発』研究成果報告書 徳島県 2006.4
- 2 『県内スギバークの畜産利用試験1・2』吉田雅規ほか 徳島畜研報 2006

5-4 徳島すぎ保存処理材の耐久性

環境に与える影響を考慮し、毒性が低く、安全性の高い新しい木材保存剤が開発され実用化されてきている。当研究所においても、これまでに木材保存剤に関する研究に取り組み、県内企業との共同研究により一定濃度以上のアクリル酸亜鉛が防腐・防蟻性能を有することを報告している¹。さらに、アクリル酸亜鉛にPEGMA（ポリエチレングリコールメタクリレート）を配合することにより木材の割れを抑制し、寸法安定性能が高まることを報告している²。そこで、土木用資材、外構用部材等としての実用化を図るため、アクリル酸亜鉛・PEGMA 木材保存剤により処理した試験体を屋外に暴露して、その耐久性等を調査した。

1 試験方法

供試材料にはスギ丸棒加工材（直径100mm、長さ2,000mm）50本を用い、そこから長さ800mmの試験体を2本ずつ切り出し、100本の試験体を得た。試験体切り出し時に試験体の両側から含水率測定用切片を採取し、その平均含水率を試験体の含水率とした。試験体は含水率が30%以下になるまで人工乾燥した後、各45本毎にアクリル酸亜鉛・PEGMA 木材保存剤（以下TASと表記）、銅・アルキルアンモニウム化合物系木材保存剤（以下ACQと表記）を加圧注入し、5本を無処理とした。注入処理は含浸タンク（ヤスジマ社製SBK-900AB）を用い、その条件は前排気が減圧0.094MPaで30分間、加圧が0.686MPaで60分間、後排気が減圧0.085MPaに到達するまでとし、注入量^{*1}を求めた。そして、再度人工乾燥した後、地上部が500mm、地中部が300mmとなるよう屋外に埋設した（写真1）。30か月経過後から木材腐朽診断機（フジクラ社製パワーアップ型）を用いて、試験体の頂部と地際部における超音波の伝播時間を測定し、その伝播速度^{*2}を算出した。また、60か月後における各試験体の最大割れ幅を測定した。



写真1 試験体の暴露状況

- *1 注入処理後に木材中に残っている木材保存剤の液量のこと。注入処理前後の重量の差を求め、注入処理前の木材の材積で除した単位体積当たりの木材保存剤の液量（kg/m³）で表す。
- *2 超音波は腐朽部分を迂回して伝わるため、伝播速度は遅くなる。腐朽が無い健全な部分と内部に腐朽がある部分を比較した場合、後者の超音波伝播速度が小さい値を示すことになる。

2 結果

試験体の平均含水率は乾燥前が53.6%、乾燥後が11.2%であった。また、注入処理後の平均推定含水率は、TAS処理材が155.0%、ACQ処理材が140.2%、乾燥後の平均推定含水率は、それぞれ26.3%、27.1%となった。平均注入量はTAS処理材が546.9kg/m³（最大値721.5kg/m³、最小値269.1kg/m³）、ACQ処理材が486.2kg/m³（最大値629.7kg/m³、最小値179.4kg/m³）であった。TAS処理材の注入量は600kg台が33.3%、ACQ処理材の注入量は400kg台が40.0%と最も多くなっていた（図1）。

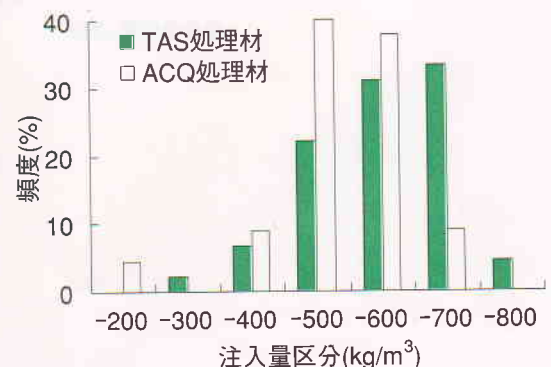


図1 注入量の出現頻度

無処理材の超音波伝播速度は、地際部では36か月後に、頂部では42か月後にスギ健全材の基準値(1.43mm/μs)³を下回った(図2)。TAS処理材の60か月後における平均値は頂部が1.37mm/μs、地際部が1.42mm/μsであり、頂部、地際部とも基準値境界付近を推移しているが、腐朽・蟻害等の発生が確認される試験体は無かった。

平均最大割れ幅はTAS処理材が1.9mm、ACQ処理材が3.7mmであり、両者の間に危険率1%で有意差が認められた(図3)。このことから、表面割れから木材保存剤の未浸潤部が露出し、腐朽・蟻害が進行するが、TAS処理材は寸法安定効果が付与されることにより、それを抑制できる効果が期待される。

TAS処理材の使用実績として、公共施設や公園のあずまや・パーゴラ・ボードデッキ等の部材として、H18年度末(2006)までに全国1,000件以上の施工実績を持つ。(橋本)

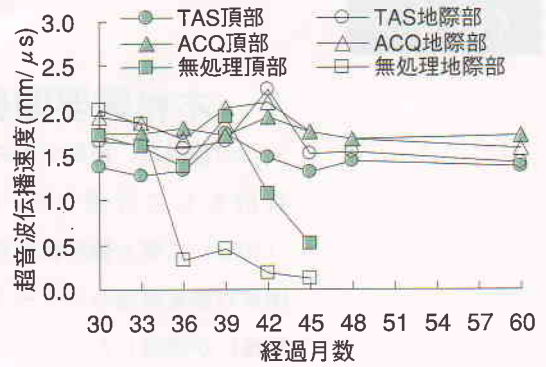


図2 超音波伝播速度の経時変化

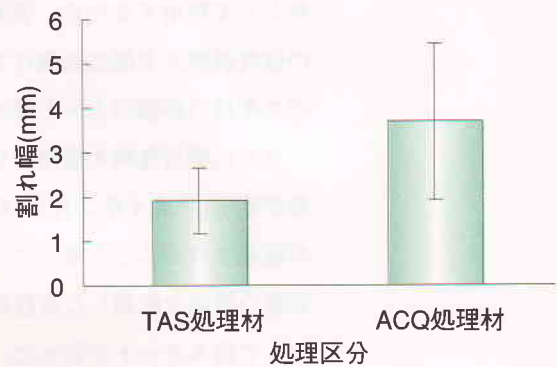


図3 60か月後の平均最大割れ幅

【参考・引用文献】

- 『第23回木材の化学加工研究会シンポジウム講演集』阿部健一ら 25-28 1993
- 『第12回木材保存協会年次大会要旨集』住友将洋ら 35-40 1996
- 『日本木材学会中国・四国支部第16回研究発表会要旨集』橋本茂 22-23 2004

〈附章〉

1 木材需要開発センター

この施設は、徳島すぎの需要開拓を目的として計画され、昭和61年度（1986）に実大強度試験を中心とした国産材需要開発センター（実大強度試験棟）が開設した。

ここでは徳島すぎを梁・桁等の構造材として利用するため、実大材レベル

の強度試験が全国に先駆けて実施され、その成果は針葉樹の構造用製材の日本農林規格（JAS）でのスギ材の評価向上へと繋がった。

さらに明石海峡大橋開通を睨んだ3000日の徳島戦略として「県産木造住宅供給システム」基本構想が策定（平成4年3月）され、システムの技術開発を支援する施設として国産材需要開発センターが拡充されることとなった。平成4年度（1992）～5年度（1993）、新たに化学加工処理や性能評価等の機器を配備した新技術開発試験棟を整備し、平成5年（1993）10月にオープンラボラトリーとして再スタートを切った。

その後、平成15年（2003）4月には、「建築基準法の改正」や「品確法の施行」に対応するよう、新たな住宅資材性能試験棟を開設し現在に至っている。

①実大強度試験棟（S62年6月開設）

木材の強さなど物理的な実験を行うことができる。

②新技術開発試験棟（H5年10月開設）

木材の乾燥や防腐処理など化学的な実験を行うことができる。

③住宅資材性能試験棟（H15年4月開設）

壁パネル、床製品など住宅資材の性能評価を行うことができる。

企業が試験装置を利用できる開放型実験室（オープンラボラトリー）は、林業から木材産業、住宅建築に至るまで、幅広い分野で新製品の開発や技術開発を支援するものであり、県民生活に密着した「木の研究所」として機能している。

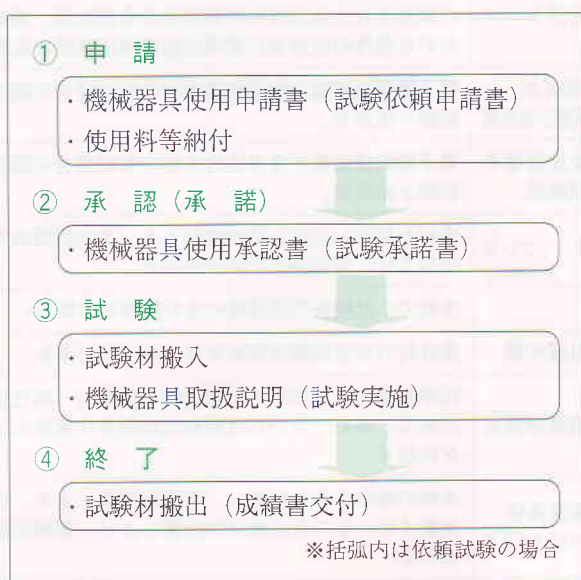


技術相談の実施



実大壁パネルの性能試験

1 センター利用の流れ



2 依頼試験手数料

表 1 依頼試験手数料

No	試 験 名	件 数	料 金
1	木材実大強度試験	1 件	12,500円
2	面内水平せん断強度試験	1 件	34,500円
3	万能試験	1 件	10,400円
4	引っ張り強度試験	1 件	6,100円
5	吸湿性能試験	1 件	14,400円
6	含水率試験	1 件	5,500円
7	接着接合剥離試験	1 件	18,900円
8	その他の木材試験	1 件	3,880円
	成績書再交付手数料	1 通	410円

※使用料、手数料については平成16年（2004）3月31日現在

3 木材需要開発センターの使用できる機械器具と試験内容

No.	センター機械器具名	形式名称 又は一般名	試験の内容	使用料 (円/時間)
1	木材実大強度試験機		梁・けた等の木造住宅構造材や新しい接合法による構造体の実大強度試験が出来る。	4,660
2	直角二面かな盤		試験体を調整できる。 (隣り合った2面を直角にかな仕上げが出来る。)	510
3	横切盤	テーブル移動丸のこ盤	試験体を調整できる。 (材を一定の長さに切断することが出来る。)	250
4	角のみ盤		試験体を調整できる。(材に角穴をあけることが出来る。)	200
5	一面かな盤		試験体を調整できる。(材の一面をかな仕上げ出来る。)	200
6	ボール盤		試験体を調整できる。(材に垂直な穴をあけることが出来る。)	150
7	卓上帯のこ盤		試験体を調整できる。(材を曲線に挽くことが出来る。)	150
8	面内水平せん断試験機		木造住宅用体力壁（実大壁パネル）強度性能試験が出来る。	4,660
9	万能試験機		木材の小試験体を用いて、JISに準拠した木材強度試験及び改良木材の強度試験や接着試験等の材料性能試験が出来る。	2,610
10	引っ張り試験機		実大材の引っ張り試験が出来る。	2,300
11	蒸気式水分調節装置	IF型木材乾燥機	木造住宅用構造材等の大型試験体の含水率調整や構造材、製材の乾燥試験が出来る。	1,300
12	遠心脱水式水分調節装置	遠心脱水機	木質系材料の水分を遠心力により脱水し、調節することが出来る。	250
13	試験片調節装置 (四面調整用)	モルダー	試験体を調整できる。 (材の4面を同時にかな仕上げすることが出来る。)	1,300
14	試験片調節装置 (縦面調整用)	リップソー	試験体を調整できる。 (材を一定幅に切断することが出来る。)	880
15	試験片調整装置 (立体調整用)	NCルータ	試験体を調整できる。 (材を3次元曲面に加工することが出来る。)	1,100
16	非破壊テレビシステム	軟X線装置	木材の内部構造や軟X線や超音波を使って破壊せずに観察することが出来る。	1,510
17	超音波測定システム	超音波木材測定器	木材内部の水分分布、樹脂の含浸状況、虫害の程度、内部の割れ等を観察することが出来る。	1,150
18	光学顕微鏡	倒立型顕微鏡 生物顕微鏡	木質構造や腐朽状況の観察及び染色により細胞構造を観察することが出来る。	730
19	マイクロスコープ		物体の表面状態をサンプルを採らずに拡大して観察することが出来る。	570

20	減圧加圧加熱含浸処理総合システム	含浸タンク	木材を減圧加圧し、蒸煮し、高周波加熱することによって新たに開発された水溶性化学処理液の含浸処理、爆砕等による木材の含浸性の改良及び高周波加熱減圧乾燥の試験が出来る。	1,250
21	X線式含浸加工分析評価装置	EDX式 元素分析装置	電子顕微鏡観察や含浸処理木材の有効成分の固定状況の分析試験が出来る。	3,560
22	電子線式含浸加工分析評価装置	走査型電子 顕微鏡	電子顕微鏡観察や含浸処理木材の有効成分の固定状況の分析試験が出来る。	2,460
23	スチーム噴射ホットプレス	ホットプレス	木材を加圧しながら圧縮整形する。また材質改良された木材の加工性・安定性の試験が出来る。	1,150
24	低温恒温恒湿器		木材の小試験対の調湿等の水分調整が出来る。	150
25	接着接合はく離試験装置	恒温水槽	集成材の接着剥離試験等を行うことが出来る。	100
26	生物劣化促進試験装置	恒温恒湿室	化学処理された木材の生物劣化を促進し、劣化抵抗性試験が出来る。また、しいたけ菌等の培養及び菌床による発生試験が出来る。	410
27	生物劣化状況等測定装置	高速液体 クロマトグラフ	木材の抽出成分を分離し、定量出来る。また、含浸木材中の金属イオン等の有効成分の定量により、薬剤の耐溶脱試験が出来る。	1,510
28	複合サイクルウェザーメーター	耐候試験室	雨・風・温度・湿度・光等の環境因子を任意に設定でき、腐朽・割れ・変形等の木材の劣化現象を促進し、木材・木製品の耐候性試験が出来る。	570
29	環境試験装置		温度・湿度条件を任意に設定し、木材試験体の種々の環境試験が出来る。	980
30	マイクロ波加熱装置		木材を飽和状態で加熱し、軟化させることが出来、整形木材の前処理及び曲げ木加工等に利用できる。	680
31	サーモグラフィー		物体表面の温度の分布を色の分布に置き換えて観察することが出来、放熱状態の調査により断熱性試験等が出来る。	1,780
32	分光測色計		物体面で反射した光を分析し波長スペクトルで測定することが出来る。	630
33	簡易強度測定装置		木材を叩いたときに発生する固有振動周波数からヤング係数を求めることが出来る。	260
34	室内快適性測定器	コンフィ メーター	室内の温度、湿度、気流から快適性の指標値であるPMV値等を求めることが出来る。	420
35	ホルムアルデヒド測定器		室内のホルムアルデヒド気中濃度を簡易に測定することが出来る。	1,470
36	分光光度計		保存処理木材の薬剤成分などを定量分析する。またVOCの測定にも用いる。	940
37	木材耐候試験機	キセノンウエ ザーメーター	太陽光に最も近い波長を持つキセノンランプ光を高エネルギーで照射し、屋外で 사용되는木製品の耐候促進試験を行う。	1,570
38	音響振動測定装置		床や壁からの騒音や振動を測定、分析することが出来る。	1,100
39	木材粉碎固形化装置	粉碎機・プリ ケットマシン	木屑等を減容固形化し、プリケット加工する装置。	730
40	携帯型サーモグラフィー		現場での簡易な熱測定が出来る。	780
41	クロスカットランニングソー		大断面構造用集成材を切断し長さを揃える装置。	310
42	高周波加熱熱風乾燥機		高周波、減圧、蒸気を複合的に組み合わせることで木造住宅構造材の大型試験体の含水率調整や乾燥試験が出来る。	2,520
43	積層プレス		大断面の大型集成材を作るため、板材を積層接着するプレス。	420
44	レーザー変歪測定装置		壁・床パネルなど面材の凹凸を測定し、3次元マップで表す。	780
45	高熱加熱圧縮成形プレス		バークやオガ粉を蒸気で整形圧縮する装置。	840

※使用料については平成16年（2004）3月31日現在

2 実大強度実験

[実大曲げ試験]

1 支持および荷重方法

支持及び荷重方法は図1に示す。試験体は単純支持とし、スパン（支点間距離 L ）を材せい（ h ）の18倍とした3等分点4点荷重法とする。

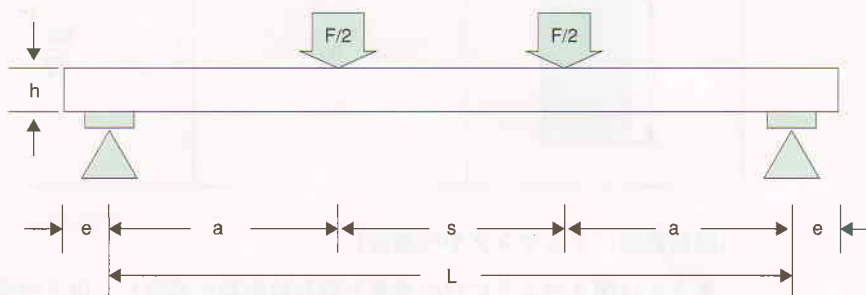


図1 曲げ試験の方法

すなわち、各寸法は、 $a=s=6h$ である。また、試験体の張り出し部分（ e ）は100mm以上とする。やむを得ず、この条件の試験体が調達できない場合は、 $a=(6\pm 1.5)h$ 、 $s=(6\pm 1)h$ の範囲で設定できるものとする。

2 荷重速度

荷重は、荷重点の移動速度がほぼ一定となるように加え、最大荷重に達するまでの時間が1分以上となるように試験を行うこと。

3 試験結果

(1) 曲げ強さ（ f_m ）は以下の式から算出する。単位は Mpa とし、小数点第1位まで求める。

$$f_m = \frac{aF_{max}}{2Z}$$

ここで、 a ：支点から荷重点までの距離

F_{max} ：最大荷重

Z ：断面係数、矩形断面では $bh^2/6$ 、ただし、 b は材幅である。

(2) 曲げヤング係数

本法に定める荷重方法をそのまま用いて曲げヤング係数を評価するときは、図1におけるスパン中央の全体たわみを測定し、次の式によりせん断影響を含んだ曲げヤング係数（ E_m ）を算出する。単位は GPa とし、小数点第2位まで求める。

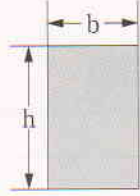
$$E_m = \frac{a(3L^2 - 4a^2)}{48I} \times \frac{F_2 - F_1}{w_2 - w_1}$$

ここで、 I ：断面2次モーメント、 $bh^3/12$

$F_2 - F_1$ ：荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分。 F_1 は $F_{max.est}$ （最大荷重の推定値）の約10%、 F_2 は約40%とする。

$w_2 - w_1$ ： $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分。

(注) 柱や梁が受ける力として、圧縮力・引張力・せん断力のほかに、曲げモーメントがある。モーメントとは物を回転させようとする力のことであり、断面係数と断面2次モーメントは、断面の形状を表す係数である。

断 面	断面積 A (cm ²)	断面2次モーメント I (cm ⁴)	断面係数 Z (cm ³)
	bh	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$

[縦振動法によるヤング率の測定]

本方法は図2のように材の重量と固有振動数を測定し、以下の式によって縦振動ヤング率 (E_d) を計算するものである。

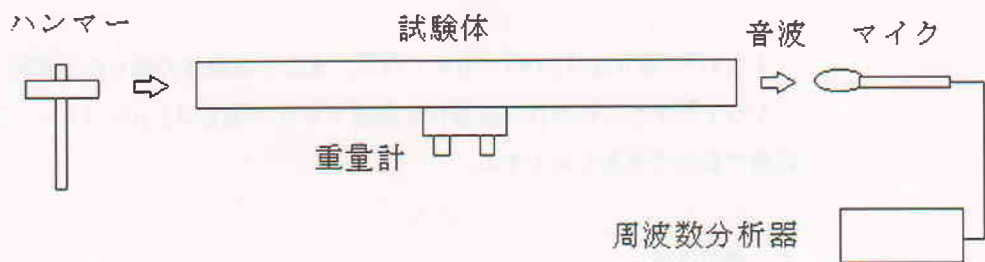


図 2

$$E_d = (2Lf)^2 p$$

E_d : ヤング係数 (Pa)

L : 材長 (m)

f : 一次共振周波数 (Hz)

p : 密度 (kg/m³)

E_d の単位は Pa で表し、これを10⁹で除すと GPa となる。

参考 1 MPa = 10.2kgf/cm² (M=10⁶)
 1 GPa = 10.2tf/cm² (G=10⁹)

(活用読本1999から転載)

※この試験方法は構造用木材の強度試験法 ((財)日本住宅木材技術センター) によった。

3 面内せん断試験

面内せん断試験は耐力壁の壁倍率を評価するために行う試験である。

壁倍率

耐力壁が地震力や風圧力のような水平力にどれくらい抵抗できるかを示す指標。
木造軸組建物では、壁量計算により、地震や台風に対する耐力壁の必要量が決定される。

1 試験体

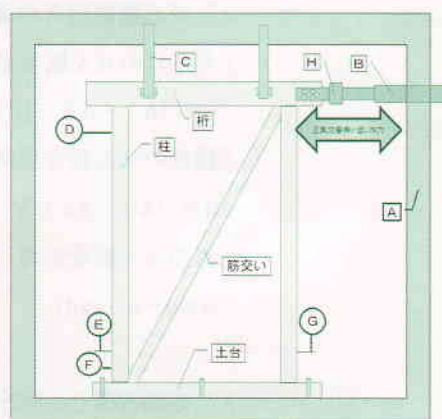
通常1間 (1.82m) 又は半間 (0.91m) 幅のパネル (けた・柱・土台で構成される軸組に筋交いを入れたり、面材を張ったりしたもの) を使用する。

2 試験方法

1) 柱脚固定式 (無載荷式又は載荷式)

①試験体の設置

- ・柱頭、柱脚の仕口が先行破壊しないように仕口を金物等で十分補強が必要であるが、方法はせん断要素の性能に大きな影響を及ぼさないようにする。
- ・試験体の土台を M16 ボルトと座金 (9t×80wmm) で3箇所程度、試験機に固定する。ホールダウン金物等の引き寄せ金物は、ボルトの締め付け力の差異でせん断力の初期値に大きな影響を及ぼすため、試験前にボルトをレその後ゆるめ、試験時は手締め程度とする。



A: 試験機フレーム B: アクチュエーター (油圧ジャッキ)
C: 振れ止め D: 頂部水平変位測定 E: 脚部上下変位測定
F: 脚部水平変位測定 G: 脚部上下変位測定 H: ロードセル

②加力の方法

- ・加力は正負交番繰り返して、履歴は見かけのせん断変形角が1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad とし、繰り返し回数は同一変形3回とする。
- ・最大荷重に達した後、最大荷重の80%の荷重に低下するまで加力するか、試験体の見かけの変形角が1/15rad 以上に達するまで加力する。

③変位の測定

- ・変位の測定は図のように変位計 D で梁材の水平方向変位、変位計 F で土台の水平方向、変位計 E、G で柱の脚部の鉛直方向変位を測定する。

2) タイロッド式

①試験体の設置

JIS A1414に準じ、試験体は M16 ボルトと座金 (9t×80wmm) を用い、土台の3箇所程度を試験装置に固定する。この方式はタイロッドにより試験体を拘束するため、柱脚、柱頭の仕口は短ほど2-N90釘で固定する。また、柱と梁・土台との接合部は必要に応じ T 型、L 型等の金物で補強を行っても良い。

②加力の方法

- ・加力は正負交番繰り返しで、履歴は見かけのせん断変形角が1/600、1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50radとし、繰り返し回数は同一変形3回とする。
- ・最大荷重に達した後、最大荷重の80%の荷重に低下するまで加力するか、試験体の見かけの変形角が1/15rad以上に達するまで加力する。
- ・タイロッドの浮き上がり拘束力を測定することが望ましく、試験前にレンチ等である程度締め付けてなじませ、その後ゆるめ、試験時は手締め程度の圧縮圧とする。

③変位の測定

- ・変位の測定は図のように変位計 D で梁材の水平方向変位、変位計 F で土台の水平方向、変位計 E、G で柱の脚部の鉛直方向変位を測定する。

3 評価の方法

1) せん断変形角の算定

- ①見かけのせん断変形角 (γ)

$$\gamma = (\delta 1 - \delta 2) / H \text{ (rad)}$$

- ②脚部のせん断変形角 (θ)

$$\theta = (\delta 3 - \delta 4) / V \text{ (rad)}$$

- ③真のせん断変形角

$$\gamma_0 = \gamma - \theta \text{ (rad)}$$

$\delta 1$: 梁材の水平方向変位 (mm) 変位計 D
 $\delta 2$: 土台の水平方向変位 (mm) 変位計 F
 H : 変位計 D と F の間の距離 (mm)
 $\delta 3$: 柱脚部の鉛直方向変位 (mm) 変位計 E
 $\delta 4$: 柱脚部の鉛直方向変位 (mm) 変位計 G
 V : 変位計 E と G の間の距離 (mm)

2) 短期基準せん断耐力の算定

短期基準せん断耐力 P_0 は下記 (a)~(d) で求めた耐力の平均値に、ばらつき係数を乗じ算出した値のうち最も小さい値とする。ばらつき係数は母集団の分布形を正規分布と見なし、統計的処理に基づく信頼水準75%の50%下側許容限界値を基に求める。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \times k \quad CV: \text{変動係数} \quad k: \text{定数} 0.471 \text{ (} n = 3 \text{)}$$

(a) 降伏耐力 P_y

(b) 終局耐力 P_u

(c) 最大荷重 P_{max} の2/3

(d) 特定変形時の耐力

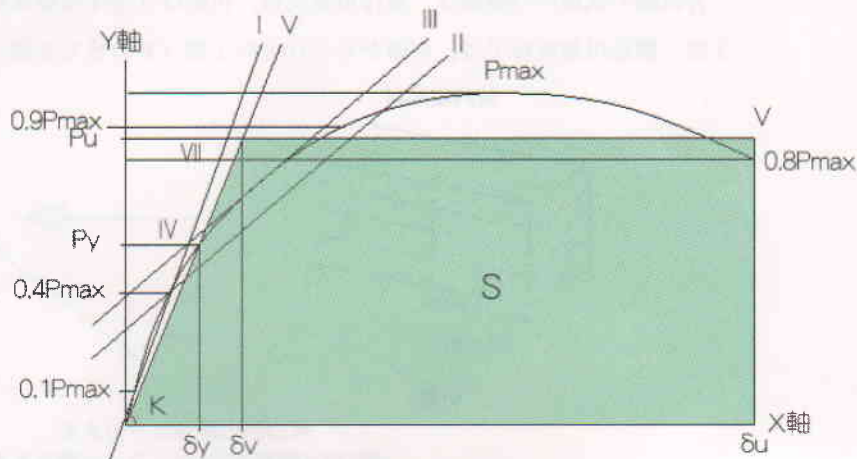
(柱脚固定式: 見かけのせん断変形角1/120rad、タイロッド式: 真のせん断変形角1/150rad)

(a)~(d) の求め方

降伏耐力 P_y 、降伏変位 δ_y 、終局耐力 P_u 、剛性 K 、塑性率 μ 及び構造特性係数 D_s の算定は下図により行う。包絡線は測定した荷重-変位曲線の終局耐力を行った側の最初の荷重-変位曲線より求める。なお、耐力壁、水平構面等の面内せん断試験では、変位を変形角と読み替える。

- ①包絡線上の0.1 P_{max} と0.4 P_{max} を結ぶ第I直線を引く
- ②包絡線上の0.4 P_{max} と0.9 P_{max} を結ぶ第II直線を引く。
- ③包絡線に接するまで第II直線を平行移動し、これを第III直線とする。
- ④第I直線と第III直線との交点の加重を降伏耐力 P_y とし、この点から X 軸に平行に第IV直線を引く。
- ⑤第IV直線と包絡線との交点の変位を降伏変位 δ_y とする。

- ⑥原点と (δ_y, P_y) を結ぶ直線を第V直線とし、それを初期剛性 K と定める。
- ⑦最大荷重後の $0.8P_{max}$ 荷重低下域の包絡線上の変位又は $1/15\text{rad}$ のいずれか小さい変位を終局変位 δ_u と定める。
- ⑧包絡線と X 軸及び δ_u で囲まれる面積を S とする。
- ⑨第V直線と δ_u と X 軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるように X 軸に平行な第VI直線を引く。
- ⑩第V直線と第VI直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの終局耐力 P_u と定め、その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位 δ_v とする。
- ⑪塑性率 $\mu = (\delta_u/\delta_v)$ とする。
- ⑫構造特性係数 D_s は、塑性率 μ を用い、 $D_s = 1/\sqrt{2\mu - 1}$ とする。



3) 短期許容せん断耐力の算定

$$\text{短期許容せん断耐力 } P_a = P_0 \times \alpha$$

P_0 : 実験による短期基準せん断耐力

α : 耐力壁の材料の耐久性、仕様環境・施工性の影響、壁量計算の前提条件を満たさない場合の影響を勘案して定める係数

4) 壁倍率の算定

$$\text{壁倍率} = P_a \times (1/1.96) \times (1/L)$$

(※壁倍率は0.5~5までの範囲とする)

P_a : 3) で求めた短期許容せん断耐力 (kN)

1.96 : 壁倍率 = 1 を計算する数値 (kN)

L : 壁の長さ (m)

(黒済)

【参考・引用文献】

- 1 『木造軸組構法住宅の許容応力度設計』(財)日本住宅・木材技術センター 2001

4 集成材のはくり試験

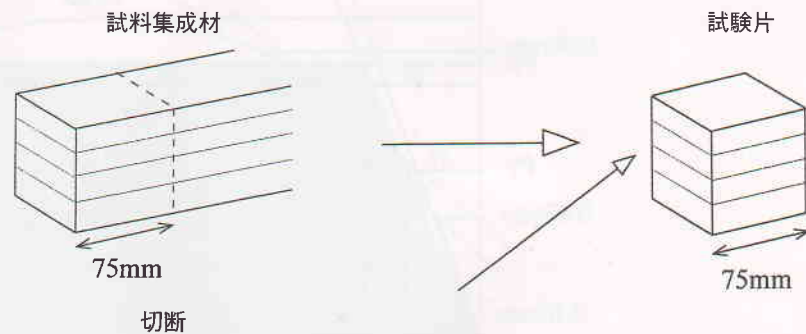
集成材の接着がどの程度であるかを評価する方法にはくり試験がある。比較的簡単にできる試験である。

JASにおけるその方法を解説する。

1 試験片の作成

各試料集成材から試験片を作成する。試験片は、木口面は集成材の断面のままで、長さ75mmに切断する。(図1)

各試験の試験片の個数は、造作用集成材、化粧ばり造作用集成材および化粧ばり造作用集成柱は3個、構造用集成材では、両端からそれぞれ1個（あわせて2個）作成する。



木口面の断面はそのまま
(幅125×積層250mm以上では分割できる)

図1

2 試験方法

(1) 浸漬

試験片を水に浸漬する（おもりなどで材を沈める）。温度と時間は次の表のとおり

浸漬温度と時間

区 分	試 験	浸漬温度	浸漬時間
造作用集成材、化粧ばり造作用集成材	浸漬はくり	室温（10～25℃）	6
	浸漬はくり	室温	6
化粧ばり造作用集成柱（化粧薄板は、造作用に準ずる）	煮沸はくり	沸騰（100℃）後、室温	4 1
	浸漬はくり	室温	24
構造用集成材	浸漬はくり	室温	24
	煮沸はくり	沸騰後、室温	4 1

(2) 乾燥

浸漬後の試験片を乾燥する。温度と時間は次の表のとおり

乾燥の温度と時間

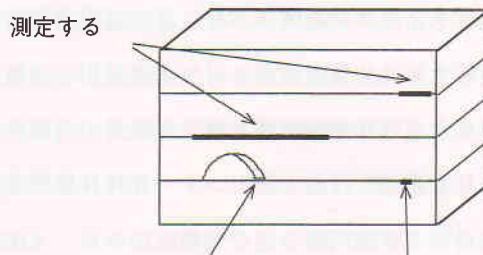
区 分	試 験	乾燥温度	乾燥時間
造作用集成材、化粧ばり造作用集成材	浸漬はくり	40±3℃	18
	浸漬はくり	70±3℃	18
化粧ばり造作用集成柱	煮沸はくり	70±3℃	18
	浸漬はくり	70±3℃	24
構造用集成材	浸漬はくり	70±3℃	24
	煮沸はくり	70±3℃	24

(※) 構造用集成材の使用環境1については、浸漬と乾燥のサイクルを2回繰り返す。

3 結果の評価

試験片の両木口面について、はくり長さが3 mm以上のものを長さを測定する（干割れ、節等による木材の破壊は、はくりとみなさない）。

はくり率および各接着層におけるはくりの割合を求める。



干割れ、節による木材の破壊は測定しない 3 mmより小さいはくりは測定しない

図 2

はくり率(%) = 両木口面のはくりの長さの合計 / 両木口面の接着層の長さの合計 × 100

試験片の適合基準

区 分	試 験	はくり率 (%)	はくり割合
造作用集成材、化粧ばり造作用集成材	浸漬はくり	10%以下	1/3以下
化粧ばり造作用集成柱、構造用集成材	浸漬はくり	5%以下	1/4以下
	煮沸はくり		

(活用読本1999から転載)

執 筆 者

- 網田克明 (西部総合県民局企画振興部防災担当技術課長補佐)
市瀬雅志 (農林水産部林業振興課木材生産流通担当技術課長補佐)
井村慎也 (農林水産部林業振興課木材生産流通担当技術主任)
小椋昇明 (農林水産部林業振興課木材生産流通担当係長)
金磯牧夫 (農林水産総合技術支援センター森林林業研究所木材利用担当研究員)
河野誠市 (徳島県木材協同組合連合会嘱託技術員 元国産材需要開発推進員)
黒濟善朝 (農林水産総合技術支援センター高度専門技術担当林業班係長)
坂田和則 (南部総合県民局農林水産部林業振興担当主査兼係長)
津司知子 (農林水産総合技術支援センター森林林業研究所木材利用担当研究員)
仁木龍佑 (南部総合県実局農林水産部林業再生プロジェクト第一担当技術課長補佐)
橋本 茂 (西部総合県民局農林水産部林業再生プロジェクト担当係長)
三宅裕司 (農林水産総合技術支援センター森林林業研究所木材利用担当専門研究員兼科長)
吉永 亨 (農林水産総合技術支援センター森林林業研究所木材利用担当専門研究員兼科長)
(アイウエオ順・敬称略・平成18年度現在)

徳島すぎ活用読本Ⅱ

平成19年3月30日 発行

編 集 農林水産総合技術支援センター高度専門技術担当 (林業班)

発 行 徳島県農林水産部林業振興課
〒770-8570 徳島市万代町1丁目1番
TEL 088-621-2458 FAX 088-621-2861

印 刷 (株)教育出版センター
〒771-0138 徳島市川内町平石流通団地27番地
TEL 088-665-6060 FAX 088-665-6080



平成19年3月
徳島県