

「木質系部材の難燃化と高度利用化技術」講習会から

木質系防火戸とLVL接合部材の開発

菊地伸一

平成4年10月29日、林産試験場において「木質系部材の難燃化と高度利用化技術」に関する講習会が開催され、「木質系防火戸の開発」および「スギ並材を利用したLVL接合部材の開発」と題する発表が行われました。これらの発表は、北海道立林産試験場と奈良県林業試験場とがテーマを分担し、製品科学研究所の指導の下に共同して行われた研究開発に基づくものです。そこで、共同研究の概要および各発表内容について紹介いたします。

なお各発表の詳細については、当日配布された講習会用のテキストに若干の残部がありますので、林産試験場までお問い合わせください。

共同研究の概要

製品科学研究所主任研究官 長澤長八郎氏

92年6月に、地球サミットがブラジルで開催され、地球の温暖化現象、熱帯林破壊など環境破壊についての問題が討議されました。また廃棄物の海洋投棄にかかわるロンドン・ダンプン条約に基づき、ここ数年中に安定なもの、汚染されていない自然起源の有機物を除く物質の海洋投棄が全面的にできなくなる状況下にあります。このように、昨今問題視されてきている廃棄物問題や地球環境を考えた場合、木材は再生産可能な資源・材料で、かつ地球に優しい資源・材料として見直す必要があるものと考えられます。

「木質系部材の難燃化と高度利用化技術に関する研究」と題する本共同研究では、従来から木材が持っている「燃え易い」、「耐久性が低い」などの欠点を改質・改善することによって新規性のある材料開発を行うことを目的としています。

各機関で得られた成果が幅広く役立てられることを期待すると共に、現在、社会的な問題となっている環境を考えると、「木材」が優れた材料であることを改めて認識していただけたら幸いです。

木質系防火戸の開発

北海道立林産試験場 菊地伸一氏

製品開発のねらい

建築基準法や消防法では、不特定多数の人々が使用したり高さや面積の規模が大きい建築物など、火災が発生した場合の危険性が高い建築物に対して、その構造、材料、消防設備などに多くの規制を設けています。その一つとして、火災に対する安全性が要求される建築物の開口部（ドア、窓）については、建築基準法の定めた性能を満足する防火戸の使用を義務づけています。防火戸の使用が義務づけられているのは次のような建築物、部位です。

- ・延焼のおそれのある部分
- ・11階以上の階の区画
- ・共同住宅の出入口

これまでに認められていた防火戸は、鋼製ドア、鋼製シャッター、アルミサッシなどに限定され、木材やプラスチックなどの有機材料を使用したものは認められませんでした。しかし、平成2年6月30日、防火戸に関する建設省告示が改正され、熱や炎を一定時間遮ることができれば、部材が可

燃性であっても防火戸として認められることになりました。これによりマンションやホテル、オフィスのドアに、従来は防火上の規制から使用することができなかった木質系防火ドアの使用が可能となっています。

そこで、新しい防火戸の基準を満たすため、以下の研究に着手しました。

- ・甲種防火戸に用いることができる木質材料の難燃処理技術、および難燃処理材と無機系材料との複合化技術を検討する。

- ・防火上の弱点となるドアとドア枠とのすき間、ドアノブ・丁番部分の補強技術を開発し、基本的な木質系防火戸の構成を明らかにする。

難燃処理木材および無機系材料と複合化した材料の耐火性能

木質系材料を甲種防火戸の部材として使用するためには、難燃処理によって防火性能を向上させるか、無機系材料との複合化によって防火性能を向上させることが必要になります。そこで、難燃処理が木材の炭化速度に及ぼす影響および複合化した材料の遮熱性について検討しました。

難燃処理木材の炭化速度

無処理木材の炭化速度は0.83~0.99(mm/分)、ポリリン酸アンモニウムを用いて難燃処理した木材の炭化速度は0.67~0.72(mm/分)となり、難燃処理によって木材の炭化速度は20%程度小さくなります。この炭化速度から甲種防火戸に必要とされる材の厚さを算出すると、無処理木材では60mm以上、難燃処理木材では50mm以上と推定されます。

無機系材料と複合化した材料の遮熱性

複合材料の遮熱性は、組み合わせる木質系材料と無機系材料の種類、積層方法および接着剤の種類などを変えて13組の構成について検討しました。その結果、難燃処理の有無や部材の熱伝導率、比熱に影響されますが、面密度が大きくなるほど60分加熱後の裏面温度が低くなる傾向にあることがわかりました(図1)。コアの集成材を無機系材料で覆う構成の供試体は、パーティクルボードをコアとする供試体より遮熱性が劣る結果となりま

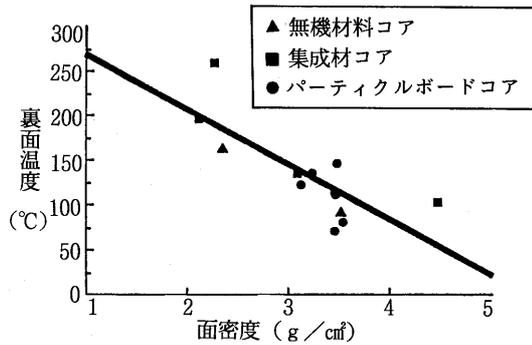


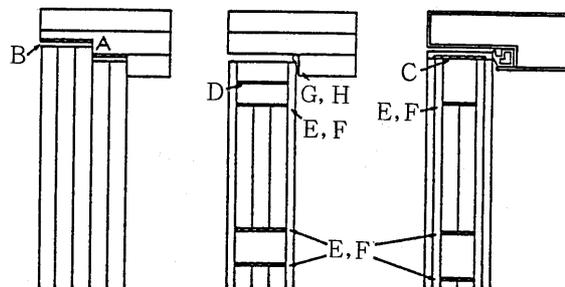
図1 面密度と60分加熱後の裏面温度

した。これは加熱によって集成材が変形し、無機系材料の破壊・はく離が接着面で生じたことによると考えられます。

防火戸の設計・試作・性能試験

ドア供試体の概要

防火戸の規格を満足させるためには、ドア本体に燃え抜けない材料を使用するだけでなく、ドアとドア枠のすき間部分からの燃え抜けを防がなくてはなりません。このような防火上の弱点部分の補強方法を開発するためには、ドア枠にドアを取り付けた状態での試験が必要です。そこで、かまちとドア部材の組み合わせ部分、ドアとドア枠とのすき間部分などの弱点部分に対し、8通りの方法(図2)を適宜組み合わせることで補強したドア供



- A: ドア枠2段
- B: ドア枠にけい酸系発泡材
- C: 化粧縁にグラファイト系発泡材
- D: かまち内部にけい酸系発泡材
- E: かまち - コア間にけい酸系発泡材
- F: かまち - コア間にグラファイト系発泡材
- G: シリコン系防煙パッキン
- H: プラスチック系防火パッキン

図2 ドア供試体に対する防火処理の概要

試体を14体作製しました。木枠および鉄枠についてそれぞれのドア供試体の概要の一例を図3に示します。

耐火試験の結果

甲種防火戸の試験方法および評価方法は表1に示すとおりです。防火戸として認められるためには加熱中に防火上有害な変形、破壊、脱落、発

炎、発煙を生じず、60分の加熱終了後に構造安定性を有していることが必要です。観察結果および衝撃試験結果の概要を表2に示します。

DOA1, 12, 13, 17, 18の供試体が規格を満足しました。規格を満足したドアの仕様を表3に示します。

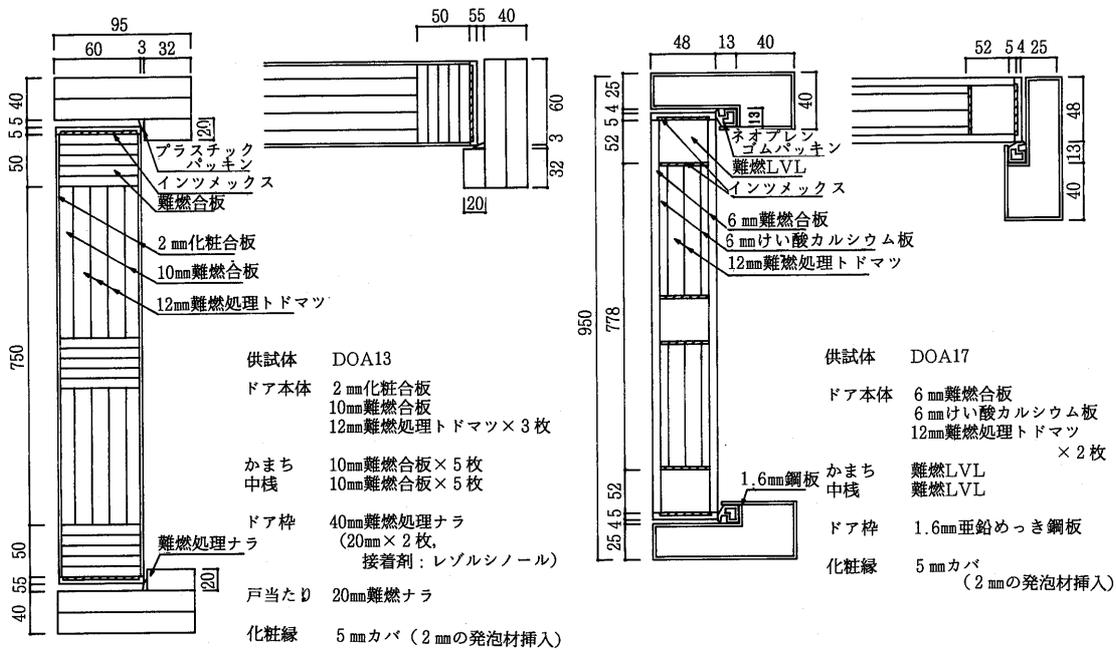


図3 防火戸供試体の概要

表1 防火戸の試験方法および評価方法

	規 格
加熱方法	甲種：耐火加熱曲線による60分加熱 乙種： " 20分加熱
評価方法	<ul style="list-style-type: none"> • すき間、加熱面の裏面側に達する亀裂等を生じないこと • 裏面側に発炎を生じないこと • 裏面側に著しい発煙を生じないこと • 熱終了後、重量3kgの砂袋により衝撃を与えられても、有害な破壊、はく離、脱落のないこと
付帯条件	<ul style="list-style-type: none"> • 枠材から3.0cm離れた位置に設置された銅板の温度が260℃を超える場合は、防火戸の周囲の部分を不燃材料で造ること • 試験体裏面中央から1m離れた位置で測定したふく射量の最高値が、1.0W/m²以上の場合には、防火戸の周囲の部分を不燃材料で造ること

表2 試作防火戸の耐火試験結果

供試体	加熱方向	燃抜き時間 (分 秒)	燃え抜け場所	衝撃試験	備考
DOA 1	屋外側	なし		破壊なし	3層目まで完全に炭化
DOA 3	屋外側	45 40	ドア左コーナー	—	加熱側に凹に変形
DOA 4	屋外側	58 50	ドアと下枠とのすき間	—	加熱側に凸に変形
DOA 2	屋外側	56 20	丁番取り付け部	—	43分以降、丁番取り付け部からの発煙が大
DOA 5	屋外側	なし		枠から脱落	サムターン付近の変色が激しい
DOA 6	屋外側	60 20	ドア左コーナー	枠から脱落	かまち、中棧が完全に炭化
DOA11	屋外側	なし		丁番の浮き	丁番取り付け部の枠材の炭化が激しい
DOA12A	屋内側	なし		破壊なし	25分、加熱側けい酸カルシウム板脱落
DOA12B	屋外側	なし		破壊なし	24分、加熱側けい酸カルシウム板脱落
DOA13	屋外側	なし		破壊なし	丁番取り付け部の枠材の炭化が激しい
DOA15	屋外側	なし		ドアの変形	かまち、中棧が完全に炭化
DOA16	屋内側	55'以降	化粧縁の無炎燃焼	丁番の浮き	38分以降、発泡層により化粧縁のはく離
DOA17	屋外側	なし		破壊なし	加熱側けい酸カルシウム板の浮き
DOA18	屋内側	なし		破壊なし	加熱側けい酸カルシウム板のはく離、脱落なし

表3 規格を満足するドアの仕様

供試体	ドアの基本構成			枠	重量 ¹⁾ (kg)	防火処理 ²⁾
	構成部材	厚さ(mm)	かまち			
DOA 1	12mm難燃トドマツ・5層 表面：6mm難燃合板	60		無処理ナラ	34.7 46.6	A, B
DOA12	下地：6mmけい酸カルシウム板 コア：12mm難燃トドマツ・3層 表面：2mm化粧合板	60	難燃合板	難燃ナラ	47.8	C, H
DOA13	下地：10mm難燃合板 コア：12mm難燃トドマツ・3層 表面：6mm難燃合板	60	難燃合板	難燃ナラ	47.5	C, H
DOA17	下地：6mmけい酸カルシウム コア：12mm難燃トドマツ・2層 表面：6mm難燃合板	48	難燃LVL (けいカル非保護)	1.6mm鋼板	42.4	C, F
DOA18	下地：6mmけい酸カルシウム コア：12mm難燃トドマツ・2層	48	難燃LVL (けいカル保護)	1.6mm鋼板	42.8	C, F

1) 枠を含んだ重量

2) 防火処理の概要

A: ドア枠2段

B: ドア枠にけい酸系発泡材

C: 化粧縁にグラファイト系発泡材

F: かまち - コア間にグラファイト系発泡材

H: プラスチック系防火パッキン

まとめ

1) リン系難燃剤を用いた処理によって、木材の炭化速度は約20%小さくなります。

2) 面密度当たりの遮熱性に優れる木質系材料と無機系材料との組み合わせは次のとおりです。

- ・25mm繊維混入けい酸カルシウム板(コア) + パーティクルボード(表裏面)
- ・15mm繊維強化石膏ボード(コア) + 難燃合板(表裏面)
- ・22mmパーティクルボード(コア) + 繊維混入

けい酸カルシウム板（そえ心板）+ 難燃合板または普通合板（表裏面）

- 3) 甲種防火戸の規格を満足する基本的な仕様を明らかにすることができました。ドア厚が60mmあれば、枠を含めて難燃処理木質材料だけで甲種防火戸の規格を満足させることができますが、ドア厚が50mm以下の場合、ドア枠は鉄枠にすることが必要になります。
- 4) 木製防火戸は、ドア部材の難燃化、ドア弱部を補強するための無機発泡材料の組み込みなどにより、従来から利用されている鋼製甲種防火戸に比較し製作コストがかさむこととなります。そのため、鋼製甲種防火戸と競合しない用途開発（高級化）および遮音性、遮熱性を付与することによる差別化などが課題となります。

スギ並材を利用したLVL接合部材の開発

奈良県林業試験場 中田欣作氏
製品開発のねらい

最近、天然材料としての木材の良さに対する評価が高まり、体育館や校舎などの学校施設や地域のシンボリックな集会施設などに、構造用集成材を使用した大型木造建築物が増加しつつあります。このような集成材構造建築物の多くは、湾曲集成材を用いたものが大半を占めています。しかし湾曲集成材は製造、運搬、再組立の面でコストが高くなり、またデザインが画一的になるなどの欠点があるため、コスト的に有利な通直集成材を利用した建築への期待が高まっています。

ところで、通直集成材の構造的強度は耐力用部材の接合部の強さに大きく左右されます。現在では、耐力用部材の接合には金属接合部材が用いられていますが、建築物の施工面や接合機能の上で各種の問題点を持っているため、金属製接合部材に代わる高機能な接合部材の開発が望まれています。

このような問題点を解決する方法として、スギ並材を有効に利用した木質系材料として注目されている、樹脂含浸処理を施した単板積層材（強化LVL）の施工性、強度性能、耐火性、結露防止

などの諸機能に着目して、この材料の接合部材への適用を試みました。

強化LVL接合部材を用いた場合の利点

強化LVLを用いた接合では、鋼板挿入式ドリフトピン打ち接合と同様に、スリット加工した通

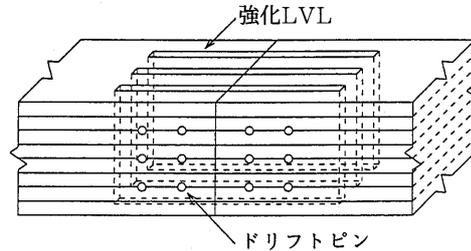


図4 強化LVL接合板による接合の様式図

直集成材に強化LVLを挿入した後、ドリフトピンを打ち込んで接合します（図4）。その特徴は次のとおりです。

建築現場での施工性

集成材と強化LVLはどちらも木材であるため、同時に先孔加工ができ、かつ、強化LVLの重量が軽くて取扱いが容易であるため、建築現場での施工性が極めて優れています。

建物の施工精度と強度性能

先孔加工を同時に行うため初期ガタを確実に除去でき、建物の施工精度と強度性能の向上を図ることができます。

耐火性、耐結露性

木質系材料は、火災時においても金属性接合部材のように高温で容易に軟化して接合機能を喪失することが少なく、その機能を良く保持するために建物が一時に倒壊するのを防ぐことができます。また、金属性接合部材は寒冷時に結露を生じ、往々にして周辺の集成材の木部の腐朽を誘発しますが、木質系接合部材の導入によってこのような問題を解決することができます。

供給

強化LVLの比重を変えることにより、任意の強度性能を付与することが可能であるため、要求される設計強度に応じた接合部材を容易に供給することができます。

強化LVLの製造方法

強化LVLの製造は、以下に示す方法で行います(図5)。

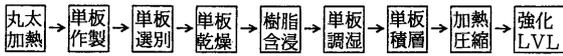


図5 強化LVLの製造方法の流れ

加熱処理したスギ丸太からロータリーレースで単板を作製する。

60の温水中で24時間加熱すると単板の裏割れ、厚さむらが少なくなり、かつ樹脂の含浸も適度になります。

単板を選別して、辺材のみを使用する。

心材では樹脂の含浸が辺材の約1/3となるので辺材のみを使用します。

辺材単板を気乾状態まで乾燥させた後、フェノール樹脂を含浸させる。

樹脂の含浸量を増やすために、単板を気乾状態まで乾燥させる必要があります。また、1時間程度の短時間の浸せきでフェノール樹脂固形分の含浸率25%程度とするためには、樹脂濃度を15%程度とするのが適当です。

含浸単板の含水率が一定となるように調湿する。

加熱・圧縮工程での応力を低下させ、かつ仕上がりが含水率を低く抑えるため、処理単板の含水率は20%程度に調湿することが必要です。

含浸単板に接着剤を塗布して積層する。

積層した含浸単板を熱板プレスで加熱・圧縮処理(圧密化)して、強化LVLを作製する。

熱板温度は高い方が、加圧速度は小さい方が応力を低下させることができます。また、仕上がりが含水率を下げ、厚さ精度を向上させるために、3回程度の息抜き工程が必要になります。これらと、接着剤およびフェノール樹脂の硬化時間を総合的に検討すると、熱板温度135℃、加圧速度10mm/分が適当なプレス条件となります。

強化LVLの性能

強度性能

無処理の厚さの1/3まで圧密化して作製した強化LVLは、比重1.0~1.3程度、曲げ強

さは無処理材料の3~4倍の強さになります(図6)。また、フェノール樹脂を含浸させているために、非常に寸法安定性の良い材料になります(図6)。接合性能については、網板挿入式ドリフトピン接合とほぼ同程度の強度が得られます(図7)。

施工性

集成材と強化LVLの先孔加工は、木工用ドリルで同時に行うことができ、施工性に優れています。長さ42cm、幅20cm、厚さ9mmの強化LVLの重量は790~970gとなります。これは鉄の1/6~1/7の重量であり、取扱いが非常に容易にな

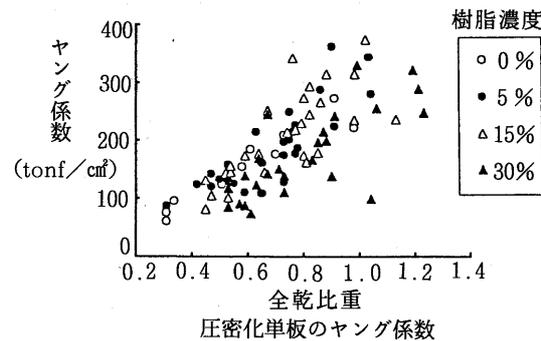
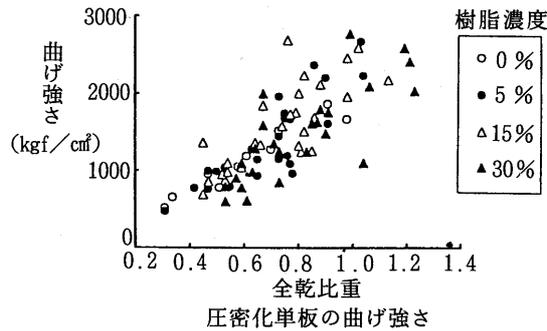
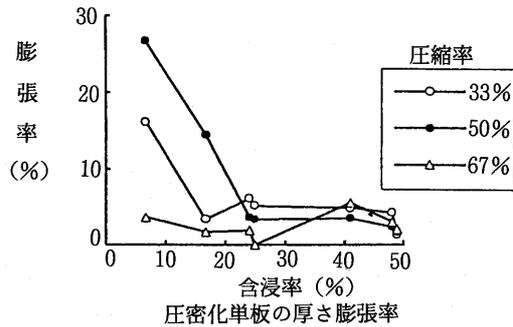


図6 圧密化単板の性能

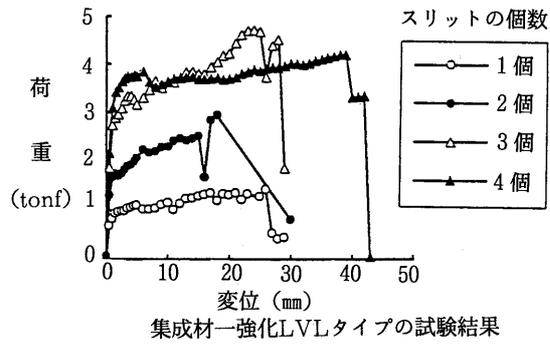
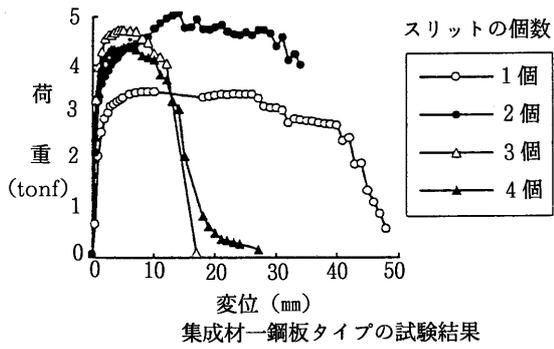


図7 ドリフトピン接合の強度性能

ります。

耐火性，耐結露性

強化LVLは木質系部材であるため，優れた耐火性と耐結露性を持つと考えられますが，この点については試験により検証する必要があります。

まとめ

金属性接合部材に代わる接合具として強化LVL接合板の開発を行い，ほぼ初期の目的を達成す

ることができました。今後は，強化LVLの基礎的な強度性能の向上とともに，強化LVLの性能を十分に反映させることのできる接合部を設計する必要があります。また，強化LVL挿入式ドリフトピン接合は，公園などの景観を重視する場所での木造建築物の接合方法として有望であると考えられます。

(林産試験場 耐久性能科)