

発行日 平成28年3月

編集 全国 LVL 協会

監修 腰原幹雄、安井昇、山代悟

ブックデザイン ビルディングランドスケープ

発行 全国 LVL 協会

〒136-0082

東京都江東区新木場 1-7-22 新木場タワー 8 階

TEL: 03-6743-0087 FAX: 03-5534-3959

E-mail: info@lvl.ne.jp http://www.lvl.ne.jp/

## 都市木造のための LVL ハンドブック

ー技術開発・防耐火編ー

一般社団法人全国 LVL 協会 編

目次

1	この本の目的・背景	•	•	 5
2	LVL 建築作品集		•	 7
3	単板積層材 LVL とは	•	•	 29
4	建物の防耐火構造制限と内装制限	•	•	 33
5	木造耐火・準耐火・防火構造・準不燃内装材開発部材一覧	•	•	 41
6	木層ウォール:LVL 厚板でつくる 1 時間準耐火外壁の開発	•	•	 45
7	準不燃処理 LVL 内装材の開発	•	•	 65
8	石膏ボード等による LVL 耐火構造の開発	•	•	 83
9	準不燃処理 LVL による耐火構造の開発	•	•	 95
10	LVL の加工実験	•	•	 113
11	APPENDIX			 121

本書の目的・背景

### ■本書の目的・背景

都市部にも大規模な木造建築「都市木造」が建設され始めました。これは、大規模木造建築の構造・防耐火技術が着実に整備された成果でありますが、これにより都市木造は第2ステージに入ったと考えることもできます。これまで要求性能を満足するために技術主導で進められた都市木造の技術開発から、これからは魅力的な都市木造のための技術開発へ舵をとっていく必要があります。

構造材としての LVL の特徴は、柱梁といった線材として使用できること、さらに壁や床といった面材としても使用できることです。一方、意匠材(仕上材)としての特徴は、その製造方法から生じる木目面と積層面という全く異なる 2 つ表情をもっていることです。構造材をそのまま仕上げ材として使用してきた日本の木造建築においては、この 2 つの特徴をいかに活かしていくことができるかが、これからの木造建築の魅力を増すために非

常に重要な要素になります。

これまでの日本の木造建築は、木をあらわしで使うこと、木が見えること、木に触れることがあたり前でした。しかし、都市に建つ木造建築「都市木造」では、昔から使用されているからといってそのまま同じようにすぐに使えるわけではありません。当然、現代の建築に要求される性能を満足しなければなりません。個人住宅のように特定の人が使用する建築とは異なり、都市部の大型木造建築では不特定多数の人が出入りします。それにともない火災に対する安全性確保から、構造材のみならず内装材にも高い防耐火性能が必要とされることになります。

本研究では、火災に対する安全性を確保しながら、空間を構成する内装材としてのLVLの魅力を引き出すことができる部材の開発を目指しています。

一般社団法人 全国 LVL 協会

## LVL 建築作品集

1 みやむら動物病院 (東京都)

2 神奈川大学(神奈川県)

3 武庫川女子大学文学 2 号館(兵庫県)

4 千葉商科大学学生食堂(千葉県)

5 さとう歯科(東京都)

6 はとばキッチン(静岡県)

7 東部地域振興ふれあい拠点施設(埼玉県)

8 神門通りおもてなしステーション(島根県)

column 都市の木造建築

column 都市木造 第2ステージへ

column 線材と面材

column 都市木造と2つの木造建築

近年、増加する LVL を使用した建築作品の中から、 LVL を構造材・内装材など、あらわしで使用している事 例をピックアップして紹介します。









在来軸組と LVL 厚板を組み合わせ、南側の主立面に LVL 厚板構造が象徴的に並ぶ。屋内側は 150mm の LVL 積層面をあらわした「LVL 打ち放し」仕上げ。屋外側は、構造体の外側に透湿防水層と通気層をとり、30mm の仕上げ用 LVL を施している。





国際センター

地下1階 RC造





建築基準法では、内装制限・排煙は学校建築には発生しないが、消防法で内装制限がかかったため、屋内消火栓を設置し、 700m2以下に区画することで内装制限をはずし、排煙上の無窓の居室は、排煙設備により内装制限をはずし、完全に木 質の空間が実現した。









LVL 内装材・LVL 耐震補強 →7章 準不燃処理 LVL 内装材の開発



鉄筋コンクリート造建物(1971年竣工)の建築に、LVL 耐震壁接着工法による耐震補強を行った事例。耐震補強に必要な耐力が得られ、短工期、低騒音、少粉塵などの利点がある。

名 称 武庫川女子大学 文学 2 号館

場 所 兵庫県西宮市

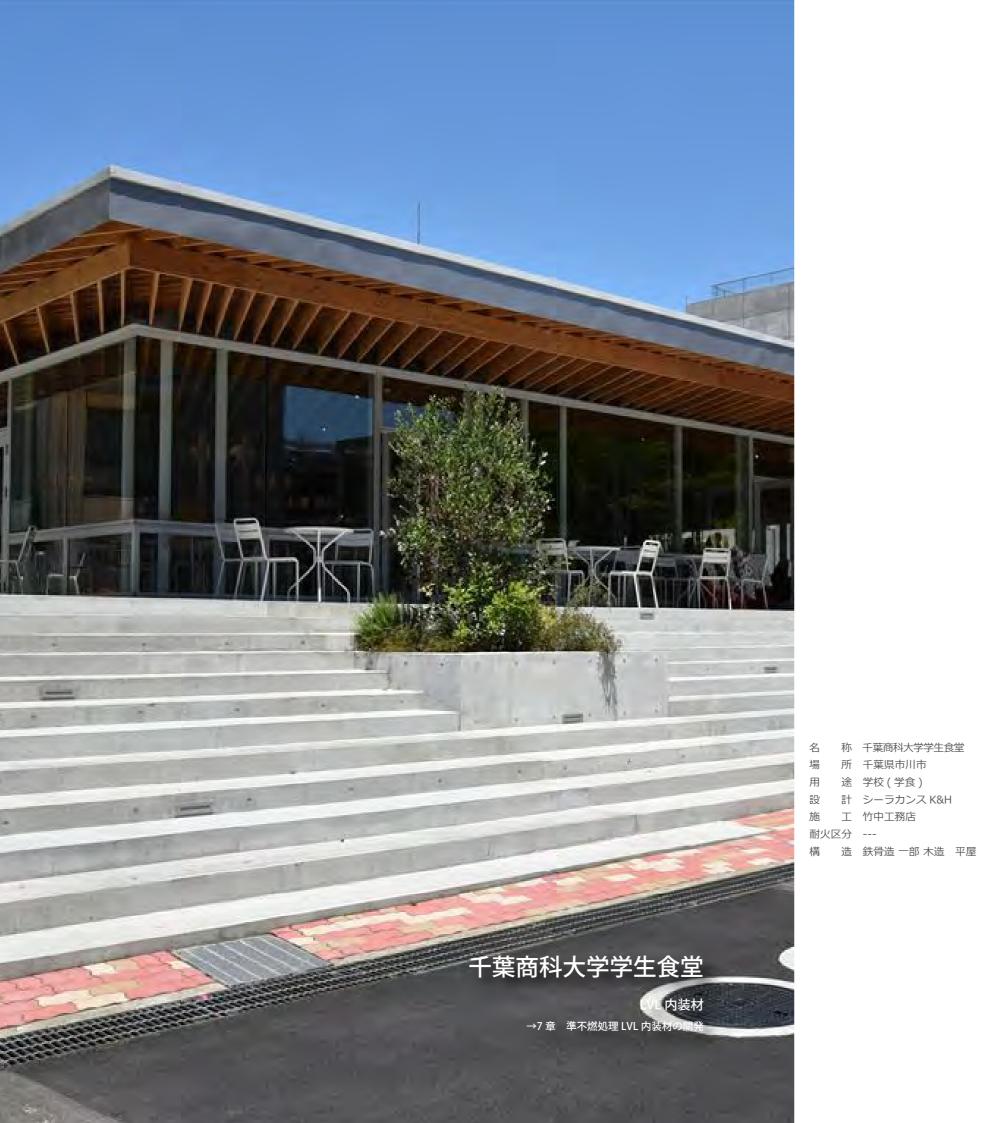
用 途 学校

設 計 竹中工務店

施 工 竹中工務店

耐火区分 ---

構 造 ---写真提供 竹中工務店









約 1,000 パーツの木構造 LVL 材を上下 2 段に組み、細い鉄骨柱で支え、見る方向・座る場所によって様々な表情をつくりだしている。自然界で人に優しい 1 / f ゆらぎのリズムを木の梁に利用。









名 称 さとう歯科

用 途 病院

設 計 アーキテクトカフェ 田井幹夫建築設計事務所

施 エ アカンプリッシュ

耐火区分 ---構 造 ---





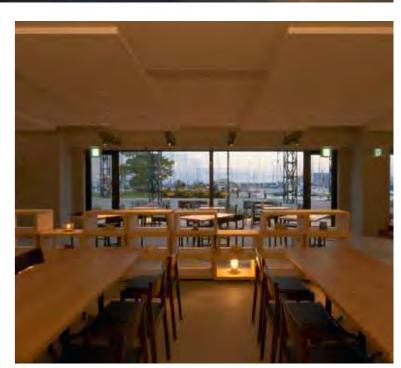


名 称 はとばキッチン場 所 静岡県清水市用 途 レストラン設 計 ビルディングランドスケープ

施 工 鈴与建設耐火区分 ---構 造 ---

写 真 新良太

静岡県産の杉や檜を使った LVL の 箱形、約300個を積み上げられた ような内装のデザインとなってい る。間接照明や飾り棚として活用 する間仕切り壁と、家具に LVL を 使用。







ふれあい拠点施設 所 埼玉県春日部市 途 複合施設

5、6階 木造





耐火建築物とするために、強化石膏ボードを用いて柱梁床を耐火被覆している。柱、梁、床面、外に設置した耐震パネル は、鉛直荷重を負担しないため、耐火被覆が不要となり木材をあらわしで使用でき、外観・内観デザインの特徴を形成し ている。







北側と東側の壁には島根県産の杉を使った LVL を使用し、LVL 壁面には凹凸面を設け、それを頼りにチラシやはがき等をレイアウトすることができる。外観は修景計画に則り、伝統建築の姿に修景し、仕上げ材には焼き杉を用いた。

ろ 称 神門通り

おもてなしステーション

所 島根県出雲市

月 途 複合施設

設 計 ビルディングランドスケープ

施 工 山興 耐火指定 ---構 造 ---

写 真 古川誠

#### column:

#### 都市の木造建築

/東京大学生産技術研究所教授 腰原 幹雄



都市木浩の街並み

これまで都市部では、建築できなかった大規模な木造 建築が建設可能になりました。2000年の建築基準法の 改正により、耐震・防耐火の一定の性能を満足すること により、地震にも火事にも強い木造建築が建設可能に なったためです。耐震性能の高い木造建築を可能にした 技術のひとつに木質材料、エンジニアード・ウッド(EW) の登場があげられます。自然材料で、性能のばらつきの 大きい木材は、これまで構造解析をするのが困難な建築 材料と扱われてきました。EW の登場により、含水率や ヤング係数、強度を制御された材料特性の明らかな建築 材料として扱うことができるようになったのです。木層 ウォールに用いられる LVL は、集成材同様に代表的な EW のひとつです。LVL と構造解析技術の進歩により、 耐震性の高い大規模な木造建築が建設可能になったので す。一方、火災に対しても、準防火地域では、燃えしろ 設計による準耐火構造で3階建ての木造住宅が建設可 能になっています。2階建てであれば、1500m2の木造 建築が建設可能です。さらに、耐火建築の技術が実現す れば、どこにでもどんな規模の建物でも木造建築で実現 することができるようになるのです。

森林資源の有効活用が求められている現在、新たな木造建築の登場は、木材の需要拡大へとつながります。地球温暖化で問題視されている、二酸化炭素についても、樹木は、空気中の二酸化炭素を吸収して成長するため、木材は二酸化炭素を貯蔵していることになります。この二酸化炭素貯蔵能力は、山にある樹木だけでなく、そこから伐り出された木材、あるいは木質材料でも同じ能力をもっています。つまり、木造建築はそこに二酸化炭素のもととなる炭素を貯蔵しているのです。この貯蔵能力

は、木材が廃棄され燃えたり、腐ったりするまで続くことになります。長く木材が使用されれば、その間に、新たな樹木が山で成長し、二酸化炭素を吸収、貯蔵することになるのです。

環境面だけでなく、EW は新たな建築構造材料としての大きな可能性も秘めています。単板を積層することで製造される LVL は、自然界の樹木からは入手困難な大断面の木質材料を生み出すことができます。

Solid に用いられる「木塊(木のかたまり)」という新しい概念は、柱や梁による軸組に代表される木造建築の 既成イメージとは、全く異質です。その圧倒的な量感や 質感は、木の持つ優しく親しみやすいイメージを、わかりやすい形で都市景観にもたらすことでしょう。

#### 構法の概念







ette-remera 2 minor mana metamoni ne librari mena pari man

HAZIFA 3 TECHNOLOGI HILA TECHNOLOGI AND DESCRIPTION (1)

A STATE OF THE PARTY AND ADDRESS OF THE PARTY





Solid (team TIMRERIZE)

#### column:

#### 線材と面材

日本の木造建築は、軸組構法と呼ばれるように柱梁などの 線材を組み立てられていた。伝統木造建築も、現代の木造住 宅も基本的には同じ軸組構法である。もともと、棒状の樹木 を製材した線材を用いているため自然な姿である。伝統木造 建築では、線材を組み合わせて水平線と鉛直線を強調した小 屋組の架構美や水平線を強調した軒の線が木造建築の姿とし て印象に残ることになっている。

しかし、普通に空間から考えると壁も床も天井も屋根も面で あり線材を組み合わせて構成することは必ずしも合理的とは いえない。合理的に面材で構成しようと考えた工法が枠組壁 工法 (ツーバイフォー工法) であり、日本ではさらに木質プ レファブ工法と呼ばれるパネル工法が生まれた。しかし、い くら面材が合理的といっても木材から一体の大判の板を製造 することは難しかった。最初は大径木から切り出した一枚板 しかなかったであろう。しかし、ロータリーレースを用いて 丸太を単板 (ベニア) に加工できるようになると合板が生ま れ、線材の木材から面材の木材も一般化することができた。 それでも、合板の厚みは 9mm、12mm が主流で厚物合板で も 30mm 程度である。当然、壁や床として使用するには枠 材や補強材が必要になり無垢のパネルというわけにはいかな い。近年、CLT(直交集成板)が話題になっているが、CLT は、挽板(ラミナ)を直交させながら積層しており枠材、補 強材のない無垢の木の塊の面材である。CLT の登場により新 しい木質系面材工法の可能性が開かれたのであるが、実は木 質系厚板はCLTのみではない。LVLも、厚さ150mm、幅 1200mm 程度であれば厚板のパネルを製造可能であり、集 成材も、パラレルラミナパネルと呼ぶ厚さ 60mm 程度の厚 板のパネルを製造している。

いずれにしても、新しい木質材料として厚板の大型面材が登場しているのである。面材を用いるということは、当然、これまでの線材の木造建築とは異なる木造建築が登場するはずである。軸組工法では、大規模建築の参考として同じ軸組工法の鉄骨造を参考にしやすかったが、面材用いる場合には、壁や床を版として用いる鉄筋コンクリート造が参考になるだろう。しかし、現場打ちの鉄筋コンクリート造ではコンクリートを型枠に鋳込むため部材を組み立てるというイメージはしにくい。であれば、コンクリートを用いた組立工法であるPC(プレキャストコンクリート)造がよい参考になるだろう。いずれにせよ、これまでの梁やアーチ構造、トラス構造というよりは、折板構造、フラットスラブ構造。柱というよりは



写真:厚板構造の模型

壁が主要な構造要素になると考えられる。厚板面材を用いた 木質構造の可能性はこれから考えるとして、ひとつ困ったこ とがある。現在の木質構造の法体系では、面材による構成は あまり考えられていない。枠組壁工法や接着複合パネルなど の工法は個別の告示によって取り扱われており一般的な木造 の枠には入っていない。一体何が困るかというと、まずは部 材名称として、鉛直荷重を支持する厚板はなんと呼べばよい のか。鉛直荷重を支持するから柱?板状だから壁?間をとっ て壁柱?同じように、梁のないフラットスラブでは厚板は単 なる床?連続して並べられた梁?実は、これは呼び名だけの 問題ではない。法規上は名称が重要であり、それぞれの部材 には要求される仕様があったり検討項目が異なっていたりす る。特に、大規模木造建築で必要となる準耐火構造の「燃え しろ設計」は、現在、柱と梁にしか用いることができない。 厚板を「柱」と呼べれば問題ないが、「壁柱」ではダメ、「壁」 ではダメとなりかねない。まだまだ、厚板面材を用いた建築 の登場機会が少ないから問題にならないが、早めに厚板でつ くりたい建築を表現して、問題点を共有していかなければ、 また木質構造にまた、変なハードルができかねない。

部材開発もそうだが、新しい木質材料の登場など新しい建築 の登場にあたっては、それらお使った魅力的な建物を具体的 に提示して、関係者がその目標を共有することが重要である ことを、発展途上の都市木造が生まれるなかで感じている。 (腰原)

#### column:

#### 都市木造 第2ステージへ



都市部に建つ大型の木造建築では、RC 造や鉄骨造と同等の性能が要求されます。

構造性能、特に耐震性能についてはLVLに代表されるエンジニアードウッドの登場により材料特性を明確することができるようになったとともに構造解析が行えるようになり、木造建築でも高度な構造設計をおこなうことができるようになりました。

防耐火性能についても、燃えしろ設計による準耐火構造はもちろん、木質耐火部材の開発により耐火構造の木造建築も実現することができるようになりました。また、耐火性能検証法により火災時の建物各部の温度、避難の安全性も予測することができるようになりました。

こうした都市木造に必要な耐火木造建築の技術が整備されはじめたことにより、続々と新しい都市木造が登場し始めました。金沢エムビル(2005/金沢)、丸美産業本社ビル(2008/名古屋)、ウッドスクエア(2012/越谷)で鋼材内蔵型耐火木造、東部地域振興ふれあい拠点施設



四条木製ビル

(2011/春日部)、下馬の集合住宅(2013 予定/世田谷区) で一般被覆型耐火木造、そして大阪木材問屋会館(2013 予定/大阪)、音の葉カフェ(2013 予定/文京区) における燃え止まり型耐火木造とこれまで開発された耐火木造部材の技術が一通り出揃ったことになります。

都市木造としては、次のステージ、木造らしい都市木造、魅力ある都市木造を考えていかなければなりません。そのためには、仕上げ材が重要になります。都市部の木造建築の外観、内観はどのようなものでしょう。近年、木材を外壁に用いたビルも数多く建築されています。木材会館(2009/江東区)では、あえて周辺のコンクリート同系の色に変化するような試みがされている。四条木製ビル(2008/京都)では、メンテナンスを前提とした下見板とメンテナンスデッキが建物を特徴づけている。浅草文化観光センター(2012/台東区)では、細かいルーバー上の木材が見る角度によって異なる表情を見せている。東部地域振興ふれあい拠点施設、ウッドスクエアでは、ガラスのカーテンウォール越しに木部材が魅せられています。

こうした仕上材としての木材は、工業製品にない経年変化を魅力のひとつとして捉える必要があります。色合いの変化はもちろん、木目の凹凸の変化、老朽化ではなく味わいとしての経年変化を楽しみたい。(腰原)



浅草文化観光センター

※初出:LVL 防耐火材料開発研究ブック - 耐火・準耐火建築物編 - (平成 26 年 11 月)

#### column:

#### 都市木造と2つの木造建築

「都市」と「木造」これまで、あまり関連する言葉とは考えてこなかった。都市には、鉄筋コンクリート造、鉄骨造の高層ビルが建ち並び、木造は戸建て住宅程度。大規模な木造建築は、地方の森林資源が豊かな地域に主に公共建築として建築されてきて、地産地消のイメージが強い。これは、これまで木造建築では耐火建築物が実現できず、都市部の土地を有効に活用する3階建てを超える多層建築を木造で建築することができなかったためである。しかし、2000年の性能規定化により木造建築が都市の中に建設可能になり都市部にも多層の木造建築が実現可能となった。こうなると、「地産地消」から「地産都消(地方生産都市消費)」という考え方も可能になる。建築需要の大きい都市部で木造建築を実現することは、それ自体が森林資源の有効活用を増大させるとともに、その背景にある国内の森林資源に興味を持つという点でも重要な役割を果たすことになる。

一方、都市木造に求められる建物性能は、これまでの個人の施主を主な対象としていた木造住宅で用いられていた仕様規定による性能確保とは異なり、鉄筋コンクリート造や鉄骨造と同じように不特定多数の人に利用され評価されることを前提とした性能確保が必要となる。求められる建物性能は、構造性能、防耐火性能はもちろん、居住性能、遮音性能、熱環境性能、耐久性能など多岐にわたる。

これからの大規模木造建築である都市木造を考えるとき、 ふたつの木造建築の工法の可能性が考えられる。ひとつは、 大断面集成材やLVLの再構成材を用いる大規模木造建築で ある。建物が大規模になるとスパンが大きくなり部材に生じ る応力が大きくなるが、構造計算を簡単にするために単材を 用いると部材断面は、住宅用部材に比べて大きくなる。大き な部材断面は、製材で入手することが困難であり、大断面集 成材や LVL といった再構成材を使用することになる。もう ひとつは、木造住宅の生産システムと同様に、小さい断面の 住宅用製材を用いる大規模木造建築である。構造計算の工夫 をすれば、小さい断面の製材でもそれらを組み合わせて大き なスパン、応力に抵抗することも可能である。これが、住宅 用製材を用いた大スパン架構システムである。しかし、こう した架構では、理論や設計法が整備されてはいるが、設計に はかなりの労力が必要とされる。

それぞれの木造建築の構造要素の特徴は、表1のように整理 することができる。都市木造が普及するためには、この2つの 木造建築の技術を整備していく必要がある。木造建築というと 法隆寺に代表される伝統木造建築のイメージが強く、金物や接 着剤を使用しない木組の価値を重んじる傾向にある。しかし、 木組接合の構造特性を理解するには、さまざまな情報、実験 データが必要であり構造設計をする際のハードルが高くなりが ちであり、新規参入を躊躇させる原因になっている。ただでさ え大規模木造建築の構造設計の担い手不足を問題視しているな かで新規参入者に高いハードルをもとめるのは得策ではない。 まずは、木造建築に興味を持ってもらい木造建築の構造設計を やってみようという思いを抱かせることが重要である。もちろ ん、圧倒的に魅力的な木造建築を実現して「われもわれも」と なるのが理想ではあるが、そう簡単にはなかなかいかない。で あれば、いったん鉄筋コンクリート造や鉄骨造を同様の建築構 造の仕組みにならった大規模木造の構造技術を整備して、興味 を持ってもらった人にさらに上を目指してもらうのがよいので はないだろうか。(腰原)

表 1 2 つの大規模木造建築の特徴

大規模木造 の種類	イメージ	構造計画	設計法	使用部材	加工	金物	厚さ	加工	メッキ
RC造、S造 と共通		あり	許容応力度 計算など	木質材料	NC加工など	接合金物	6mm 9mm以上	溶接など	溶融亜鉛メッキ
木造住宅技術の延長		<b>(あり)</b>	壁量計算	製材中断面集成材	プレカット	補強金物	2. 3mm 3. 2mm	曲げ加工	電気メッキ

※初出:LVL 防耐火材料開発研究ブック -LVL 耐火被覆材開発 - (平成 27 年 3 月)





#### 単板積層材 LVL とは

#### LVL(単板積層材)とは

LVL は、ロータリーレースまたはスライサーで切削した単板を、その繊維方向をほぼ平行にして積層接着したものです。現行のLVLのJASにおいては、造作用と構造用の2区分があります。

構造用 LVL の用途は、主に建築物の耐力上主要な部位である梁、柱、土台、筋交い等です。造作用 LVL の用途は建築用については間柱や野縁、階段部材といった内部造作材料、建築用以外では家具、ドア等フラッシュパネルの枠材や梱包用資材があります。

単板の繊維方向を平行にして接着するのが基本ですが、造作用にあっては、直交する単板を規定の範囲内で入れることが可能で、ある程度面的にも使えます。構造用にあっては、直交する単板を入れる場合はその位置が限定されており、同時にその枚数も限定されています。よって、JAS における構造用 LVL は軸方向にはその強さが発揮されますが、軸方向と直交する方向では強度を保持しにくく、面で使うよりも軸で使うことに主眼が置かれてきました。

#### LVL の特長

#### 1. 高い寸法安定性

材料となる単板は十分に乾燥させてから接着するため、製品も十分乾燥したものができます。よって、乾燥 収縮が起きにくく、製材等と比較して曲がりや反りなど の狂いが起きにくくなっています。狂いが生じにくいと いうことは、施工現場において間柱、垂木、野縁等の羽 柄材のロットアウト率を低くすることや、壁や天井のゆがみや段差の発生など引き渡し後のクレームを減らすの に有効と言えます。(逆に、十分乾燥されているということは、濡れると膨張しやすいということを意味しています。使用される方は十分ご注意願います。)

#### 2. 強度のばらつきが小さい

LVL は薄い単板を積層接着しているので、節などの欠点が分散されることもあり、製材あるいは集成材と比較してエレメントが小さい分強度のばらつきも小さくなっています。強度性能が工学的に保証された信頼性の高い木質材料、すなわち優れたエンジニアードウッドであると言えます。

#### 3. 用途に応じてどのような寸法でも製造可能

単板を縦継ぎすることでどのような長さでも、また積層数を変えることでどのような断面寸法の製品を製造することができます。つまり、間伐材のような小径丸太からでも、単板が取得できれば大きな断面のLVLを製造することができます。大断面から小断面まで、サイズにおいては高い自由度があります。残念ながらJASにおいて湾曲材の規定がないので、構造用集成材が得意とする湾曲材はLVLではJASによる格付ができません。

#### 4. 防虫、防腐、防蟻などの薬剤処理が容易

「単板」という薄い材料を使用しているため、接着剤に 薬剤を混ぜる方法による処理(接着剤混入法)あるいは接 着前の単板への加圧注入による処理で、断面に対して均一 に薬剤が浸透した製品が製造できます。多数ある接着層を 中心に薬剤が浸透するため、難注入材にも対応が可能です。 当然、加圧注入による処理も可能です。

#### 5. 積層面が持つ模様の魅力

薄い単板を積層しているため、切断面にはしましまの模様が出来ます。この模様は他の木材及びエンジニアードウッドではないため、近年内装材としての利用が注目され始まっています。現在は準不燃認定も取得され内装制限がかかる居室にも内装材として使うことが可能です。











建物の防耐火構造制限と内装制限



#### 建物の防耐火構造制限と内装制限

建物を設計する際には、建築する場所、建物規模、建物用途などによって、建物に必要な防耐火構造制限が異なる。そこで、 木造建築に関連する防火法規について、主なものをとりあげて整理する。

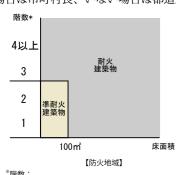
#### 1. 防火地域・建物用途・建物高さによる構造制限

建物を設計する際には、下記の1)~3)のうち、もっとも厳しい構造制限に従う。

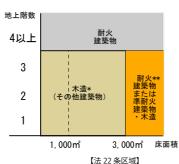
#### 1) 防火地域指定による制限(法63条、法22条、法23条)

市街地火災を抑制することを目的に、建物が密集して建設される都市部では都市計画によって、下記のような防火地域規制が なされている。これらの防火地域指定を受けた地域で住宅などを建築する場合は、その建物が建築基準法で定められた所定の防 火性能を満足するように設計しなければならない。

- ①防火地域 :火災発生の際、その火災が他の地域に及ばないことを目的に定めた地域
- (都市機能が集中している地域で都市中心市街地や幹線道路沿いの商業・業務地区等)
- ②準防火地域:火災発生の際、火災の延焼速度を遅くすることを目的に定めた地域
- (防火地域周辺の商業・業務地区及び居住地区等)
- ③法 22 条区域: 防火地域・準防火地域以外に、屋根の不燃化等により延焼を抑制するために特定行政庁(市町村に建築主事が いる場合は市町村長、いない場合は都道府県知事)が指定した区域



地上階数 4以上 3 2 木造\* その他建築物 500㎡ 1 500㎡ 床面積 【準防火地域】



階数3以上は地階を含む回数とする (すなわち 地上2階・地下1階の建物は耐火建築物とする) \*\*\*技術的基準適合建築物:

\*\*木造(その他建築物) 延焼の恐れのある部分の外壁・軒裏は防火構造とする

準防木三戸と呼ばれ、一定の防火措置を行えば木造と

\*\*木造(その他建築物) ・床面積 1,000㎡を超える大規模木造建築等の延焼の恐 れのある部分の外壁・軒裏は防火構造とする

・3 階建て以下・延べ面積 3,000㎡以下: 壁等を用いて延べ面積 3,000 ㎡以下毎に区画すれば、 耐火建築物でなくてもよい

#### 2) 建物用途による制限(法27条、法別表第1)

不特定多数の人が利用したり、就寝に利用する建物(特殊建築物)を建設する場合は 表 4-1 のように、耐火建築物または準 耐火建築物とする必要がある。特に3階以上の部分に表中の用途が発生するとほとんどが耐火建築物とすることが求められるの で併用住宅とする場合に注意したい。なお、事務所は表 4-1 のいずれの用途にも該当しないため特殊建築物としては扱わない。

#### 3) 建物高さ(最高 13m, 軒高 9m 超)による制限(法 21 条、令 129 条の 2 の 3)

地上階数が3以下、床面積3000㎡以下の建物で、最高高さ13mまたは軒高さ9mを超える建物は下記のいずれかの措置が必 要となる。なお、4階建て以上、床面積3000㎡超の場合は耐火建築物としなければならない。

表 4 1. 耐火建築物又は準耐火建築物としなければならない特殊建築物

	用途	での防火設備で、大	る性能及びその外壁の開口部 :臣認定が定めた構造方法 ものを設けなければならない	耐火建築物 としなければならない	耐火建築物 または準耐火建築物 としなければならない	
		用途に供する階	用途に供する部分の 床面積の合計	用途に供する部分の 床面積の合計(階)	用途に供する部分の 床面積の合計(数量	
1	劇場・映画館・演芸場	3階以上の階※1	客席部分≧200㎡ <sup>※1</sup>	_	_	
'	観覧場・公会堂・集会場	主階が1階にないもの <sup>※1</sup> 3階以上の階 <sup>※1</sup>	(屋外観覧席≧1000㎡ <sup>※1</sup> )		_	
2	病院・診療所(患者の収容施設が あるもの)・ホテル・旅館・下宿・共 同住宅・寄宿舎・児童福祉施設等 (幼保連携型認定こども園を含む)		2階部分≧300㎡ <sup>※2</sup> ただし、病院・診療所にあって は、2階以上に患者の収容施 設のある場合	-	-	
3	学校・体育館・博物館・美術館・図 書館・ボーリング場・スキー場・ス ケート場・水泳場・スポーツ練習場	3階以上の階 <sup>※1</sup>	用途に供する部分≧2000㎡ <sup>※2</sup>	-	-	
4	百貨店・マーケット・展示場・キャバレー・カフェ・ナイトクラブ・バー・ダンスホール・遊技場・公衆浴場・待合・料理店・飲食店・物販店舗(>10㎡)		2階部分≧500㎡ <sup>※2</sup> 用途に供する部分≧3000㎡ <sup>※1</sup>	_	-	
5	倉庫	_	-	3階以上の部分≧200㎡	用途に供する部分≥150	
6	自動車車庫・自動車修理工場・ 映画スタジオ・テレビスタジオ	-	-	3階以上の階	用途に供する部分≥150 ただし、主要構造部を不 材料等とした準耐火建築 とする (▶建令109の3-2)	
7	建令116条の表の数量以上の 危険物の貯蔵場または処理場	_	_	_	全部	

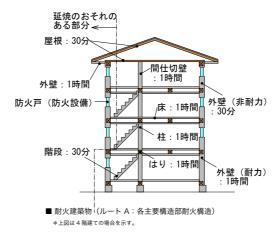
※1 建令110条2号の基準に適合するものとして、主要構造部等の構造方法が耐火構造(耐火建築物等のもののほか、 地階を除く階数が3で3階を共同住宅または学校等の用途に供するものであって、一定の要件に該当する場合に限って、 1 時間準耐火構造による準耐火建築物とすることができる (H27 国交告 253 255)

※2 建令110条1号の基準に適合するものとして、主要構造部等の構造方法が準耐火構造(耐火建築物または準耐火 建築物)等のものを定める(H27国交告255)(注)防火設備の設置を求める外壁の開口部として、延焼のおそれのあ る部分及び他の外壁の間口部から 20 分間屋内への遮炎性を有するものを定めている (H27 国交告 255)

#### 2. 耐火建築物と準耐火建築物に必要な防耐火構造制限と内装制限

#### 1) 耐火建築物

各主要構造部を耐火構造とし延焼のおそれのある部分の外壁開口部に防火設備を設けたルート A (仕様規定ルート) で設計さ れることがほとんどである。





木造の場合、各主要構造部を準耐火構造とし延焼のおそれのある部分の外壁開口部に防火設備を設けたイ準耐火建築物(準木 造の場合に使用)、で設計されることがほとんどである。

#### ■ イ準耐火建築物(各主要構造部準耐火構造) [法2条9号の3イ]



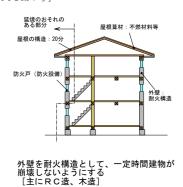
すべての主要構造部を準耐火構造として一定 時間建物が崩壊しないようにする

■進耐火構造

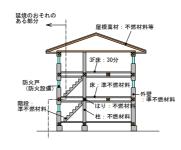
	-118J/	八件児				
		部 位		通常の	)火災	屋内側から の火災
				非損傷性	遮熱性	遮炎性
	間仕	耐力壁		45分	45分	_
	切壁	非耐力壁			45分	_
壁	外	耐力壁		45分	45分	45分
	壁	非耐力壁	延焼のおそれの ある部分	_	45分	45分
			上記以外		30分	30分
		柱		45分	-	_
	床				45分	_
	梁				_	_
		屋根		30分	_	30分
		階段		30分	_	_

ちなみに、外壁を耐火構造とし、屋根を準耐火構造等とした口準耐火建築物 1 号も外壁 (木造でも可)を耐火構造とすることにより設計することができる。また、口準耐火建築物 2 号は、主要構造部を不燃材料等でつくり、延焼のおそれのある部分の外壁開口部に防火設備 (防火戸等)を設けたものの3種類がある。口準耐火建築物 2 号を除いて、木造でつくることができる。

#### ■口準耐火建築物1号(外壁耐火構造) [令109条の3第1号]



■口準耐火建築物2号(主要構造部不燃材) [令109条の3第2号]



主要構造部を不燃材料等でつくり、一定 時間建物が崩壊しないようにする [主に鉄骨造]

なお、防火地域以外で、3 階部分を共同住宅等とする建築物は、下記の①~④の条件のもと、耐火建築物でなくても 1 時間準耐火構造で設計可能である。

- ① 主要構造部を 1 時間準耐火構造としたイ準耐火建築物とする
- ② 避難上有効なバルコニーを設置
- ③ 3 階の居室等に屋外の道路から進入可能な開口部を設置
- ④ 建物周囲に 3m 以上の通路を設ける

#### 3. 耐火構造と準耐火構造の具体的な仕様例

#### 1) 耐火構造

耐火構造は消防活動によらず火災後も部材が崩壊しない、燃 え抜けないことが求められる。具体的には以下の方策が提案、 実用化されており、方策1(被覆型)がもっとも実例が多い。

#### 2) 準耐火構造

準耐火構造は消防活動によらず火災中(屋根、階段は30分、壁、柱、床、はり、軒裏は45分、60分)は部材が崩壊しない、燃え抜けないことが求められる。

準耐火構造の部材は、被覆型(木材をせっこうボード等により防火被覆する)と木材がゆっくりと燃える性質を工学的に評価した、燃えしろ設計(柱、はり)や厚板の仕様(壁、床、軒裏、階段等)で木材をあらわしながら使う、あらわし型がある。

#### ■木造による耐火構造の考え方



#### ■不燃材料・準不燃材料・難燃材料の概要

ここで、不燃材料、準不燃材料、難燃材料とは、20分間、10分間、5分間、燃えたり、有害な変形・亀裂を起こさず、 有毒ガスを大量に放出しない材料をいう。可燃材料である木材をリン酸系やホウ酸系の難燃薬剤(加圧注入)で処理して、不燃材料、準不燃材料、難燃材料の国土交通大臣認定を取得しているものもあり、木材は可燃物だから内装制限のかかる部分に使えないとあきらめる必要はない。

また、難燃材料が求められる居室においては、高さ 1.2m 以下の腰壁部は制限の対象にならないし、天井を準不燃材料とすれば壁は木材等(厚さや下地の規制はある。H12 建設省告示第 1439 号)とすることも可能であり、部位によっては難燃処理をしていない普通の木材を使うこともできる。

#### ■準不燃材料が使用できる箇所

下記の表の通り準不燃材料であれば、特殊建築物や無窓居室等内装制限のかかる居室、通路・階段等に使用することができる。これまで告示を使っても緩和適用外であった通路・階段等や天井にも使用することが可能になる。

#### 内装制限を受ける建築物の用途と部位

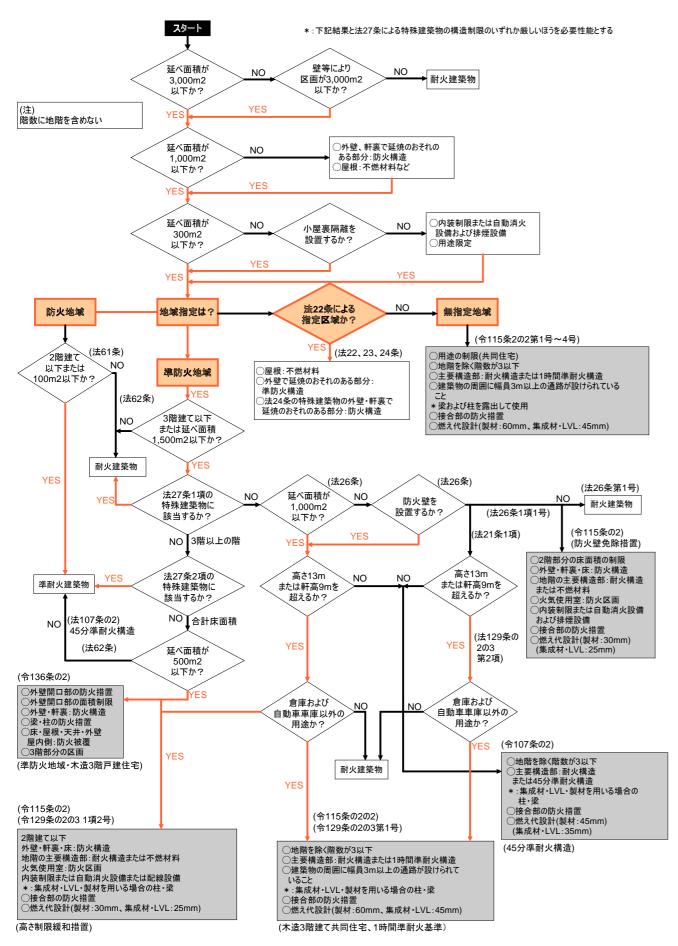
				構造·規模		内装制限箇所	内装材の		種類
No.	用途·室		耐火建築物	準耐火建築物	その他の建築物	(壁•天井)	不燃 材料	準不 燃材 料	難燃 材料 (*1)
1		劇場、映画館、演芸場、観覧場、公 会堂、集会場			居室 通路、階段等	0 0	0	0	
		病院、診療所(患者の収容施設のあ	3階以上の合	2階部分の合	÷	居室	0	0	0
2		るもの)、ホテル、旅館、下宿、共同 住宅、寄宿舎、児童福祉施設等(*3)	計≥300㎡ (*4)	計≥300㎡ (*4)	床面積合計 ≧200㎡	通路、階段等	0	0	
	特殊建築物	百貨店、マーケット、展示場、キャバ				居室	0	0	0
3		レー、カフェー、ナイトクラブ、バー、 ダンスホール、遊技場、公衆浴場、 待合、料理店、飲食店、物品販売業 (加工修理業)の店舗	3階以上の合 計≥1,000㎡	2階部分の合 計≧500㎡	床面積合計 ≧200㎡	通路、階段等	0	0	
4	1	自動車車庫·自動車修理工場	全部適用			その部分又は通路等	0	0	
<u>4</u>	1	地階で上記①②③の用途に供する	全部適用			その部分又は通路、階段	0	0	
<u></u>	++日+# 7-3-55 #/m/	(v.E.)	階数3以上、延		a.	居室	0	0	0
6	大規模建築物	*0)		ベ面積>1,000m ベ面積>3,000m		通路、階段等	0	0	
7	階数2以上の 住宅・併用住 宅	最上階以外の階の火気使用室(*6)	制限の対象と ならなL(*7) 全部適用		当該室	0	0		
8	住宅以外の 建築物	火気使用室(*6)	制限の対象と ならない(*7) 全部適用		当該室	0	0		
9	全ての建築物	無窓居室(*2)	床面積>50㎡		居室、通路、階段等	0	0		
10	土(の姓宋彻	法28条1項の温湿度調整作業室	全部適用			/ / / / / / / / / / / / / / / / / / /			

- 注) (\*1) 難燃材料は、3階以上に居室のある建築物の天井は使用不可。天井のない場合は、屋根が制限を受ける。
- (\*2) 天井または天井から下方へ80cm以内にある部分の開放できる開口部が居室の床面積の50分の1未満のもの。

ただし、天井の高さが mを超えるものを除く。

- (\*3) 時間準耐火構造の技術的基準に適合する共同住宅などの用途に供する部分は耐火建築物の部分とみなす
- (\*4) 100㎡ (共同住宅の住戸は 200㎡) 以内毎に 準耐火構造の床、壁または防火設備で区画されたものを除く。
- (\*5) 学校などおよび 31m 以下の②の頃の建築物の居室部分で 100ml以内ごとに防火区画されたものを除く。
- (\*6) 調理室 浴室 乾燥室 ボイラー室 作業室その他の室で火を使用する設備又は器具を設けたもの
- (\*7) 主要構造部を耐火構造としない耐火建築物の場合は、全部適用となる。
- ※ 建築基準法ではクリアできている場合でも、防火地域で不燃材料にしなければいけない指導を受ける場合は各担当課や消防と協議の必要があります。

#### ■木造建築の防耐火構造制限のフロー





## 5

### 木造耐火・準耐火・防火構造 開発部材一覧

本事業は、柱・梁に対して現場施工可能な耐火被覆材の開発と国土交通大臣認定の取得に向けた基礎研究である。

耐火建築物や準耐火建築物をつくるためには、柱・梁以外の主要構造部についても耐火構造・準耐火構造とする必要があるため、他協会・他社で大臣認定が取得された部材や、国土交通省告示仕様(耐火構造:H12 建設省告示第 1399 号、準耐火構造:H12 建設省告示第 1358 号、1380 号)を併用して設計することになる。特に大臣認定の仕様については、大臣認定書類の内容どおりに設計・施工する必要があるため、それぞれの大臣認定内容を丁寧に確認し、再現できるように設計・施工を進めていきたい。

	耐火構造(4階建て以上(特殊建築物等は3階建て以上))							準	耐火構造(3階建て以	下)	防火構造						
<b>→</b> m	+# \生 如		被覆型(メンブレン)型				燃え止まり型										
土安	構造部	告示	せっこうボ-	ード+木材被覆		木材被覆	燃え止る	まり層型	鉄铜	·内蔵型	告示	他社	LVL協会	告示	他社	LVL協会	
			他社	LVL協会	他社	LVL協会	他社	LVL協会	他社	LVL協会							
外壁	耐力壁	せっこうボード等被覆	①木住協(1H) ②2×4協(1H)	I	1	1	-	ı	-	-	燃えしろ設計 (45M,1H)	①遠野G(1H) ②CLT高知県等(1H)	①木層ウォール(1H) ②木層ウォール (45M)	-	_	ı	
が至	非耐力壁	せっこうボード等被覆	_	I	1	ı	-	1	-	-	木材65以上(45M)木 材75以上(1H)	①W.ALC(1H)	①木層ウォール(1H) ②木層ウォール (30M)	-	_	1	
間仕切壁	耐力壁	せっこうボード等被覆	①木住協(1H) ②2×4協(1H)	1		1	-	ı	-	-	燃えしろ設計 (45M,1H)	CLT高知県等(1H)	-	法令			
间止奶至	非耐力壁	せっこうボード等被覆	_	-	_	-	_	-	_	-	木材65以上(45M)木 材75以上(1H)	_	_	法令	法令上の位置づけなし		
	柱	-	①木住協(1H) ②シェルター(2H)	-	_	LVL耐火被覆 (1H·大臣認定取得予定)	竹中·鹿島(1H)	-	日集協(1H)	-	燃えしろ設計 (45M,1H)	_	_	法令	3上の位置づけなし		
ľ	より	-	①木住協(1H) ②シェルター(2H)	-	_	-	竹中·鹿島(1H)	-	日集協(1H)	-	燃えしろ設計 (45M,1H)	_	_	法令	3上の位置づけなし		
	床	-	①木住協(1H) ②2×4協(1H)	①組み立て根太 (1H) ②組み立 て梁(1H)	_	-	_	-	_	-		①日集協(1H) ②レングス(45M)	_	法令上の位置づけなし			
<b>‡</b>	开裏	法令上の位置づけなし							野地板30+面戸板45 等(45M,1H)	_	_	野地板30+面戸板45 等 (準耐火45M,1H)	①京建工+早大	_			
E	屋根	_	①木住協(1H) ②2×4協(1H)	SSP(30M)	_	1	_	-	_	-	燃えしろ設計(30M)	①レングス(30M)	_	法令	3上の位置づけなし		
ß	皆段	鉄造∙RC造	①木住協(30M) ②2×4協(30M)	1	1	-		-	_	-	木材60以上(30M)	_	_	法令	合上の位置づけなし		

<sup>※</sup>耐火構造は1時間以下の仕様を記載(2時間耐火構造の柱・はりは大臣認定申請中のメーカーあり)

<sup>※</sup>準耐火構造は木材厚板のみを使った仕様を記載

### 木層ウォール:

LVL 厚板でつくる 1 時間準耐火外壁の開発

1 開発の目的・背景

2 耐火・準耐火性能を持つ木層ウォール

3 構造計画

4 木層ウォールの仕様例

5 防耐火性能について

6 木層ウォール準耐火構造壁

column LVL 積層壁による木質建築の実践

column エイジング建築:加齢する素材の魅力

column 防耐火試験と大臣認定取得の流れ

この章は、平成23年5月に発行した「木層ウォールブック

- 準耐火建築物・外壁編 -LVL(単板積層材) 厚板外壁の研究と実験」 を再編集したものです。

木層ウォールブック - 準耐火建築物・外壁編 -LVL(単板積層材)厚板外壁の研究と実験は、林野庁の「地域材利用加速化緊急対策支援事業のうち耐火部材の開発事業」の補助金を受け、耐火・準耐火性能をもった外壁、「木層ウォール」の開発を目的として、全国 LVL 協会を中心として取り組んだ開発の概要をまとめたものです。

なお、H 28 国土交通省告示第 563 号、564 号(平成 28 年 3 月 31 日告示)において、L V L の厚板が準耐火構造 (45 分、1 時間)に位置づけられた。その際、全国 L V L 協会らの一連の実験成果の一部が反映された。

## 開発の目的・背景

#### ■ LVL 準耐火構造 木層ウォール

建築物の主要構造は、壁、柱、床、はり、屋根又は階段であり、これらと間仕切り壁などを組み合わせることで建築は構成されています。

自然材料である木材を用いた木造建築では、これまで 樹木が自然に生えていた姿である線材(柱・はり)を組 み合わせることで建築を構成してきました。さまざまな 木質材料が、材料特性を明確にするとともに、柱、梁と しての大断面材、長材をつくりだすために開発されてき ました。当然、LVLも柱・梁材として住宅や大型木造建 築に用いられるようになってきています。

一方、現代建築では、壁や床などの空間を区切る面材が欠かすことができません。しかし、これまで木造建築で用いられる壁・床といえば、下地材に釘打ちされた厚さ9~12㎜程度の木質パネルが主流であり、最近、厚さ30㎜程度の厚物面材も用いられるようになってきました。しかし、鉄骨造で用いられる厚さ100㎜のALC版や厚さ180㎜といった鉄筋コンクリート造床に比べれば簡易な壁仕様・床仕様といわざるを得ません。単板

を積層する LVL では、厚さ 100m以上の厚板を製造することが可能であり、ここに新たな可能性が秘められているのです。

柱・梁のフレームに付加される壁・床としての利用は もちろん、厚い面材はそれ自体が構造材としても高い性 能を有することになり、壁構造やフラットスラブなどへ の可能性も広がります。

線材の木造建築から面材の木造建築へ。

LVL 独特の新たな構造形式の木造建築の登場を目指して新たな技術が開発されています。大型の木造建築を可能とする本工法では、構造性能はもちろん高い防耐火性能が要求され、それを満足することになります。

東京大学生産技術研究所 教授 腰原幹雄



耐力壁、耐震壁として構造にの役割もはたす「木層ウォール 60」を使ったケアハウスのイメージパース(P.120参照)



耐火建築物のビルの将来の開発イメージパース: ファサードを構成する木層ウォールを使ったカーテンウォール(延焼のおそれのない部分に使用)

# 耐火・準耐火性能を持つ木層ウォール

#### ■木層ウォールとは

木層ウォールとは、LVL厚板を用いた壁の総称をさします。

木層ウォールは、自然の木が本来持つ性能を生かし、LVL に厚みを持たせることで、構造性能、防耐火性能を満たし、断熱性能等その他の壁として必要とされる基本性能を一定以上確保しています。さらに、LVL 独特の木の表情をそのままインテリアに現して使用することも可能で、内装仕上材としての機能も付加した複合的な性能を持つ木質部材です。

木層ウォールは、構造を担う耐力壁、非耐力壁、帳壁(木層カーテンウォール※ 1)と展開し、壁構造とした中低層公 共建築や鉄骨造や RC 造のオフィスビルのファサードなど様々な用途の木質建築を提案しています。

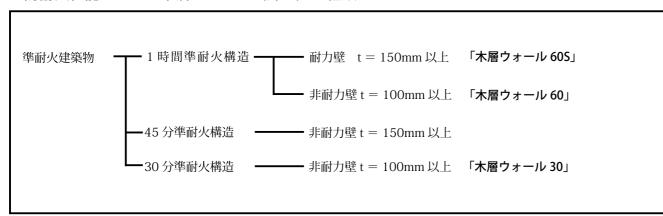
1980年代、エンジニアードウッドの登場で、大断面の木質部材が製作可能となり、小規模低層建築の構造形式として限定されていた木造建築は、より大規模な建築の実現を可能にしました。

「線材から面材へ」この新しい工法により、木質建築の可能性がさらに広がっていきます。

本書では、LVL 厚板を用いた壁を「木層ウォール」、LVL 厚板を用いた部材を「木層パネル」、木層ウォールをつくるための工法を「木層工法」と定義します。さらに、防耐火認定を受けた木層ウォールを下記の表に整理します。

2010年度の研究では、1時間準耐火構造の外壁(耐力壁:木層ウォール60S・非耐力壁:木層ウォール60)、30分準耐火構造の外壁(非耐力壁:木層ウォール30)の性能評価試験を完了し、大臣認定を取得しました。2011年度以降も継続的に開発を進めており、木層ウォール60の改良仕様(高耐力壁に対応できるように取付金物等を多様化)について、性能評価試験に合格し、大臣認定申請準備を行っている。

#### ■防耐火性能をもった木層ウォール(外壁)の種類



※1時間準耐火構造の外壁以外(間仕切り壁など)の部分は、外壁と同じ仕様を用いることで、認定の適用が可能なるよう、 2011年度以降で調整を進めます。

※大臣認定の取得番号は、当協会までお問い合わせください。

#### ■仕上げの種類:板目面と積層面

木層ウォールには、板目面と積層面の2種類の表情の異なる仕上げがあります。LVLは通常板目面で使うのが一般的ですが、積層面を表にして使うと他の集成材にはない特徴のある表情を出すことができます。

#### □板目面

- 製造コスト安い
- ・パネルの製作寸法
- : 最大幅 1200mm まで 製作可能。(p.42 参照)



#### □積層面

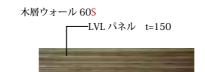
- ・製造コスト高い
- パネルの製作寸法
- :幅 1200mm 以上も 製作可能。(p.42 参照)



49

#### ■構造形式による木層ウォールの種類

耐力壁	非耐力壁					
		帳壁(カーテンウォール)				
木層ウォール 60S	木層ウォール 60 木層ウォール 30	木層ウォール 60 木層ウォール 30				
・壁構造として柱・梁に代わって水平 力及び鉛直力を負担する。(構造上も、 防火上も耐力壁。) ・パネルの厚みは t=150mm 以上。 ・壁構造の構造実験は、2011 年度に 行う予定。 ・大臣認定取得済み。	・木造ラーメン架構を主体とした軸組に取り付き、ラーメン架構の水平剛性を高める。 ・鉛直力は負担せず、水平力のみを負担する。(防火上は非耐力壁となる)・パネルの厚みは t=100mm 以上。・大臣認定取得済み。	・S 造、RC 造、木造ラーメン架構の軸 組外周部にパネルを引っ掛ける。				



木層ウォール 60,30 LVL パネル t=100

# 3 構造計画

#### ■ 2 つの耐力壁、耐震壁は非耐力壁

耐力壁と一言でいっても、建築設計ではさまざまな意味をもっています。

構造的な視点で見れば、主な外力は鉛直荷重と水平荷重となります。鉛直荷重でも、建物自重や積載荷重など常に建物に作用している力は長期荷重と呼ばれ、積雪荷重や吹上、吹き下ろし風荷重など短期間作用する力は短期荷重と呼ばれます(多雪区域では、積雪荷重も長期荷重と扱われる場合があります)。水平荷重は、地震力や台風、土圧などの水平方向に加わる力で、建物に継続的に加わる力ではありません。このため、「壁構造」といっても、木造軸組工法のように鉛直荷重は柱が支え地震力・風荷重のみ耐力壁が抵抗するものと、枠組壁工法のように鉛直荷重も壁が支え、地震力・風荷重も壁が大きることになります。

火災に対する設計では、この長期荷重(鉛直荷重)を 支持する部材、短期荷重(水平荷重)のみに抵抗する部 材、長期荷重と短期荷重の両方に抵抗する部材かどうか で要求性能が大きく異なることになります。火災時、火 災後の安全性は鉛直荷重を支持し倒壊しないことが重要 な意味をもつことになります。もちろん、火災後にも地 震がくるかもしれませんし、風が吹くかもしれませんが、 それほど大きい荷重がかからないというのが前提となり ます。

ここに2つの耐力壁が出現することになります。構造上は地震力や風圧力に抵抗する耐力壁でも、鉛直荷重を支持していなければ、防耐火上は非耐力壁として扱われることになるのです。

防耐火設計で用いられる「耐力壁」、「非耐力壁」は、 長期荷重を支持する部材かどうかで判断されることにな り構造上の耐力壁と区別して考える必要があります。 そこで、木層ウォールでは、防耐火上「耐力壁」として、鉛直荷重を支持可能な、木層ウォール 60S と耐火上「非耐力壁」で、水平力にのみ抵抗する木層ウォール 30、60の2種類があります。

#### ■規模による構造計算ルート

木層ウォール工法で用いる壁パネルを用いて構造計算をする場合には、法46条2項を用いた許容応力度計算以上の構造計算が必要とされます。壁倍率を取得していない木層ウォールでは、木造住宅で通常用いられている「壁量計算」で設計をすることはできません。

- (1) 高さ 13m 以下、軒の高さ 9m 以下、2 階建て以下、 延べ面積が 500m2 以下の建築では、
- 1) 標準層せん断力係数 C0 ≥ 0.3 として許容応力度 計算を行うか
- 2) 許容応力度計算による確認とあわせて、層間変 形角が 1/200 以下、ねじれの検討を行う

必要があります。ねじれの検討は、偏心率が 0.3 を超える場合は保有水平耐力の確認を、偏心率が 0.15 を超え 0.3 以下の場合は、Fe による外力の割り増し、ねじれ補正又は保有水平耐力の確認のいずれかを行うことになります。

#### (2) 高さ 31m 以下の建築では、

設計法ルート 2 を用いて、2) に加えて、剛性率が 0.6 以下、塔状比が 4 以下であることを確認し、筋かいの  $\beta$  による水平力の割増し、筋かい接合部の破断防止を行うか、設計法ルート 3 を用いて、2) に加えて、保有水 平耐力の確認を行うことになります。

(3) 高さ 31m を超える建築物では、 設計法ルート 3 を用いて、2) に加えて、保有水平耐 力の確認を行う必要があります。

#### ■木層ウォールを用いた構造形式

木層ウォールは、鉛直荷重を支持することが可能であり、あわせて水平力に抵抗することも、水平力のみを負担することも可能です。このため、さまざまな構造形式の建築が実現可能になっています。

木層ウォールで水平力のみに抵抗する場合には、 柱梁構造+木層ウォール30、60 木造軸組+木層ウォール30、60 木質モーメント抵抗構造+木層ウォール30、60 鉄骨造+木層ウォール30、60などが、 鉛直荷重と水平力の両方に抵抗する場合には、

壁構造(木層ウォール 60S) 壁構造(木層ウォール 60S) +梁 壁構造(木層ウォール 60S) +フラットスラブ といった構造形式が考えられます。

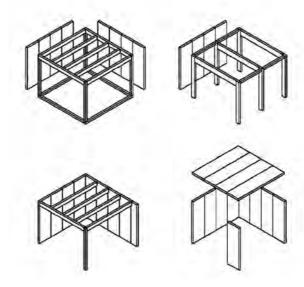


図 6-1. 木層ウォールの構造形式

#### ■木層ウォールの接合部

木層ウォールは、厚いLVLからできているため、せん断性能の非常に高いパネルになっています。しかし、材料として木材のため板材自体は変形能が小さく脆性的な破壊を起こす可能性があります。このため、建物全体として靱性(粘り強さ)を確保するためには、接合に工夫が必要です。ボルトや、丸鋼などの接合具で周辺部材と接合することになりますが、この接合具に変形能を期待することになります。接合部接続部の破壊より先に接合具自体を降伏させて靱性を確保することが必要になります。

構造解析も、単なる LVL の厚板のせん断剛性 G を評価するのではなく、接合具をバネとしたパネル解析などで挙動を確認する必要があります。接合部で安全に壊す工夫が必要です。

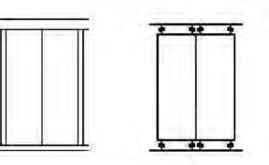


図 6-2. 木層ウォールの解析モデル

#### ■準耐火構造の構造設計

大規模な木造建築で、準耐火構造が要求される場合には、耐震計算の他に、火災時の倒壊防止に対する検討が必要になります。木材あらわしの木層ウォールでは、燃えしろ設計と接合部の防火設計を行う必要があります。 準耐火構造の鉛直荷重を支持する耐力壁としては、木層ウォール 60S のみが使用可能です。

通常の木造建築の燃えしろ設計は、1時間準耐火構造の場合には、火災後に燃えしろ寸法の45mmを除いた断面で検討をしますが、壁構造の木層ウォール60Vでは、細長比の変化による座屈の影響を考慮して、以下のように燃えしろ計算時の短期許容座屈応力を決めていて、この応力を用いて火災時の倒壊防止を検討することになります。

表 6-1. 燃えしろ計算時の短期許容座屈応力

壁高さ	短期許容座屈応力 (kN/m)
3.0m 以下	180
3.0m 超 3.5m 以下	145
3.5m 超 4.0m 以下	84
4.0m 超 5.0m 以下	65
5.0m 超 6.0m 以下	45

#### ■耐火構造の構造設計

2014年8月、H12建設省告示第1399号(耐火構造の構造方法を定める件)の外壁・間仕切壁に下地を木造とする耐火構造の仕様が例示された。LVLもこの告示の仕様(たとえば、強化せっこうボード総厚42mm)で耐火被覆すれば、耐火構造の外壁・間仕切壁とすることができます。

51

# 4 木層ウォールの仕様例

#### 木層ウォール外壁仕上げの仕様例とその特徴

#### 1. LVL 板目面、断熱材あり、内外ボード貼り仕上げ

比較的安価に木質ウォールを実現。仕上げボード厚内に断熱材を設備配線、 配管等を組み込むことができる。

設備の改修などもしやすい。

#### 2. 内装 LVL 板目面あらわし (表面処理を行ったもの)、外側断熱材、 外装材仕上げ

意匠に配慮した表面仕上げによって新しい木の表情をもたせることができる。 外部の仕上げを気候やコストによって柔軟に計画できる。

#### 3. 内装 LVL 積層面あらわし、外側断熱材、外装材仕上げ

LVL 積層面のユニークな表情をデザインとして取り組むことができる。 外部の仕上げを気候やコストによって柔軟に計画できる。

#### 4. 内装・外装 LVL 積層面あらわし+雨よけの庇

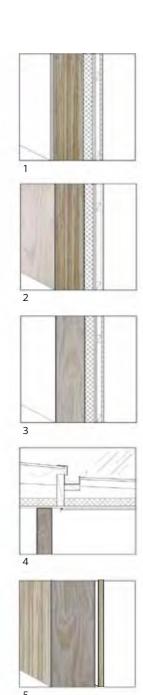
木層ウォールのコンセプトを純粋に表すことができる。 木層ウォールの厚みによって断熱、遮音などの性能を確保する。 耐候性の確保などについては十分な検討が必要。

#### 5. 内装・外装 LVL 積層面あらわし、外装保護材(LVL、波板、ガラス、塗料など)

右の図は、屋外側に LVL 構造体の外側に透湿防水層と通気層をとったうえで、 防腐処理をした仕上げ用 LVL を施した図。

木の表情と別素材の組み合わせなど、新しい木質空間の表現の可能性がある。 保護材によってがコストが高くなる可能性もあるため、使用部位を検討する等 が必要。

※この表はあくまで仕様の一例です。



#### ■木層ウォールを使って建てられる建築物の用途イメージ

木層ウォールを使って建てられる建築物の想定される主な用途と、使用箇所を下記の表にまとめました。

用途	事務所建築	中規模公共建築物	中規模集合住宅	戸建て住宅
規模	高 13m 超または軒高 9m 超: 3 階建て以下、3,000㎡以下* ※延焼ライン内には使えない	庁舎: 木造3階建て以下 学校: 木造2階建て以下 ケアハウス: 木造2階建て 以下 ※いずれも3000㎡以下*	木造3階建て以下*	木造3階建て以下
使用箇所	・中高層オフィスの外壁 カーテンウォール ※(延焼ライン外) ・都市部・市街地などの 広い道路に面した建物の ファサード ・総合設計制度を用い、 公開空地に面した建物の ファサード	準耐火建築物の外壁 (耐力壁、非耐力壁)	1 時間準耐火建築物の 外壁(耐力壁、非耐力 壁)	準耐火建築物の耐力 壁、非耐力壁構造
使用が想知される木屋		「木層ウォール 605」	「木層ウォール 60 <mark>S</mark> 」	「木層ウォール 60 <mark>S</mark> 」
ウォールの		「木層ウォール 60」	「木層ウォール 60」	「木層ウォール 60」
種類 		「木層ウォール 30」 (※延焼ライン外のみ使用可能)	「木層ウォール 30」 (※延焼ライン外のみ使用可能)	「木層ウォール 30」 (※延焼ライン外のみ使用可能)

建築物の耐火上の要件は、用途によって建築基準法や条例などで1時間準耐火構造とできる規模が各々規定 されており、階数及び建物高さ、延床面積により制限されています。

\*防火地域、準防火地域に木造を建築する際は、建築基準法でさらに面積や規模が制限されており、上記の用途別の規模の制限より厳しくなる場合があります。

# 5 防耐火性能について

#### ■ 壁に必要な防耐火性能

建物の外壁は、雨風から財産・居住者を守るだけでなく、地震や火災時に建物の倒壊防止や延焼防止等の重要な役割を担います。外壁に必要な防災性能(防耐火性能や耐震性能)を考えてみると以下の項目が挙げられます。(1)火災時に周辺からの類焼を防いだり周辺への延焼を防ぐための防耐火性能

- (2) 地震時に建物が崩壊しないための耐震性能や壁が脱落しない脱落防止性能
- (3) 地震後の市街地火災時に(1)と同様の防耐火性能

(1)、(2) については、建築基準法に要求性能が明確に 規定されており、一定の延焼防止性能や崩壊防止性能を 有することが目標となります。一方、(3) は特に建築基 準法には規定されていませんが建物間の延焼が問題とな る密集市街地での市街地火災対策として建物が有してお きたい性能といえます。

さて、火災時の外壁(間仕切壁も同様)に必要とされる防耐火性能を具体的に考えてみると、火災初期の壁表面の燃え拡がりを防止する「ア.着火防止性能」「イ.発熱抑制性能」「ウ.発煙抑制性能」と、火災がある程度進行した後の隣棟や他室への延焼を防止する「エ.燃え抜け防止性能」「オ.崩壊防止性能」などが挙げられます。前者(ア〜ウ)は、居住者が煙や火炎に襲われず安全に避難するために内装仕上げ材に必要な防耐火性能で"燃えないこと"が良とされます。一方、後者(エ〜オ)は、市街地火災が発生するのを防止するために、壁部材に必要な防耐火性能で、"燃え抜けないこと、壊れないこと"が良とされます。このように、壁に必要な防耐火性能は、避難安全性の確保または建物間の延焼防止のいずれを目標にするかで異なってくるわけです。

これらの防耐火性能を「木材」を使って満足する方法を考えてみると、"燃えないこと"に対しては、木材に難燃薬剤等を加圧注入して着火しないように改質する方法が挙げられます。また、"燃え抜けない、壊れないこと"に対しては、木材を厚く・太く使うことが挙げられます。これは、木材が厚く太い場合、火災時に表面に均一に炭化層(断熱層)が形成される傾向があり、なかなか内部まで燃え進まないためです。木材は火炎を出して燃えるので、火災に弱いと考えられがちですが、着火はするものの厚いか太いとなかなか内部まで燃え進まず、内部の温度もなかなか上昇しないというのは見方を変えれば長所といえるでしょう。

建築基準法では、前者(ア〜ウ)を「内装制限(法35条の2など)」で規定し、大規模建築物や不特定多数の利用が見込まれる建物の壁と天井の仕上げ材を難燃材料(居室等)や準不燃材料(廊下・通路等)とすることを求めています。一方、後者(エ〜オ)を「防火構造、準耐火構造、耐火構造等」で規定し、建築地の防火地域規制、建物規模(高さ、面積)、建物用途によって、建物及び各部位に必要な防耐火性能を決定しています。

## ■国土交通大臣認定による準耐火構造への位置づけ

今回の開発は、LVLの厚板を使った木層ウォール単体で木材が厚いとなかなか燃え抜けない性質を活かして、最高高さ13 m、軒高9 mを超える3 階建て建築物や防火地域を除く地域の3 階建て共同住宅等の外壁に使用できる「1 時間準耐火構造」の外壁仕様を明らかにして、国土交通大臣認定を取得しようというものです。不燃性のボード等は使わずに木材だけでできた外壁で、モルタル塗りや金属板仕上げ(室内側にせっこうボード張り等)などの外壁と同じ位置づけの仕様をつくろうとい

うものです。ちなみに、準耐火構造の構造方法を定めた H12 建設省告示第 1358 号(30 分、45 分準耐火構造)、 第 1380 号(1 時間準耐火構造)には、木材を仕上げと した仕様や、木材の厚板の燃え抜け防止性能を評価した 外壁仕様の位置づけは現時点ではありません。

外壁には、壁自体が建物の鉛直力を支持する「耐力壁」 と、柱・はり等が建物の鉛直力を支持し、壁はそのはり にぶら下がる「非耐力壁(鉄骨造の ALC 外壁など)」が あります。建築基準法上、要求される防耐火性能がそれ ぞれ異なり、「耐力壁」は、1時間の非損傷性(壊れな い性能)、遮熱性(裏面の温度が可燃物の燃焼温度以上 とならない性能)、遮炎性(火炎が貫通しない性能)が 求められ、「非耐力壁」は1時間の遮熱性、遮炎性が求 められます。なお、ここでいう「耐力壁」とは、構造耐 力上主要な壁(壁倍率などを持った水平力に抵抗する壁) ではなく、あくまで、防火上の「耐力壁(壁自体が鉛直 力を支持し非損傷性を必要とする壁)」のことを指しま す。建築基準法を読んでも、「耐力壁」「非耐力壁」とい う言葉は防火の法令にしかでてきません。通例的には、 構造耐力のほうで「耐力壁」という言葉が使われている ようですが、建築基準法と実務での相違があることに注 意しておきましょう。ちなみに、ここでは、構造上主要 な壁を「地震等の水平力に抵抗する壁」と呼ぶことにし ます。

さて、今回の開発では、以下の3種類の壁について検 討することとしました。

- (1)1 時間準耐火構造の非耐力壁(地震等の水平力に抵抗する帳壁)
- (2)1 時間準耐火構造の耐力壁(地震等の水平力に抵抗する壁)
- (3)30 分耐火構造の非耐力壁(水平力に抵抗しない帳壁)
- (1) は木造の柱・はりの軸組に、木層ウォールを水平 力に抵抗するように L アングルを介して取り付けたも のです。木造のイ準耐火建築物(イ-1、1 時間)等の外 壁として使用できます。
- (2) は、壁構造で木層ウォール自体が鉛直力を支持するとともに水平力にも抵抗するものです。木造のイ準耐火建築物(イ-1、1 時間)等の外壁として使用できます。
- (3) は鉄骨造や鉄筋コンクリート造の柱・はりに木層 ウォールをぶら下げる(帳壁)もので、壁自体は建物の 鉛直力や地震時等の水平力には抵抗しないものである。 鉄骨造、鉄筋コンクリート造等の耐火建築物(階数制限 なし)の延焼のおそれのない部分の外壁として使用でき ます。

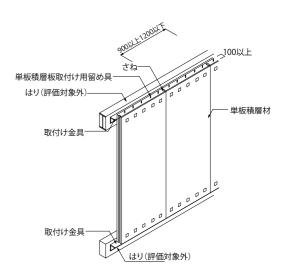
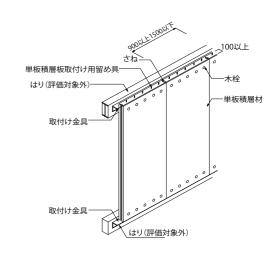


図 6-3. 30 分準耐火構造外壁(非耐力壁)

厚さ 100mm以上の木層ウォールをLアングルを用いて柱・はりに取り付けた構成。 水平力に対して抵抗する。



#### 図 6-4. 1時間準耐火構造外壁(非耐力壁)

厚さ 100mm 以上の木層ウォールを L アングルを用いて柱・はりに取り付けた構成。 水平力に対して抵抗する。図 1 の 30 分準耐火構造仕様の横目地を補強した仕様。

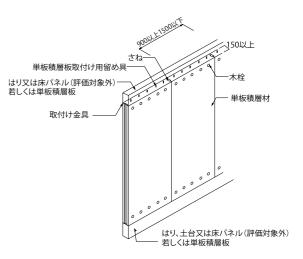


図 6-5. 1時間準耐火構造外壁(耐力壁)

柱・はりはなく、厚さ 150mm 以上の木層ウォールで壁を構成。水平力に対して抵抗する。

#### ■木層ウォールによる準耐火構造の開発概要

今回の開発では、以下のような加熱実験( $1 \sim 3$ )や性能評価試験を実施しました。

実験 1: 木層ウォールの延焼防止性能と目地や仕上げ 材が延焼防止性能に与える影響をみる実験

実験 2: 木層ウォールが建物の荷重を負担する場合の 延焼防止性能を確認する実験

実験 3: 地震後の木層ウォールの延焼防止性能を確認 する実験

評価試験:30分準耐火構造非耐力外壁、1時間準耐 火構造非耐力外壁、1時間準耐火構造耐力 外壁の3仕様の性能評価試験

## 実験 1: 木層ウォールの延焼防止性能と目地や仕上げ材が延焼防止性能に与える影響をみる実験

1時間準耐火構造外壁の非耐力壁には、1時間の遮熱性(裏面の温度が可燃物の燃焼温度付近まで上昇しない)と遮炎性(火炎が貫通しない)が要求されます。簡単にいうと、加熱時に表面が燃焼してもよいが、裏面の可燃物が燃焼する可能性のある熱や火炎を通さないようにしてくださいということです。裏面に通る熱はLVL そのものの厚さに支配され、火炎貫通は今回のようにLVLが十分に厚いときは、目地の燃えぬけの有無に支配されます。そこで、木層ウォールの厚みや目地仕様がこれらの防耐火性能に与える影響を把握するために約3m四方の試験体を使った加熱実験を実施しました。

#### (1) 試験体概要

試験体は外寸W 3,150 × H 3,200mm で、100mm厚の LVLパネル (スギ、幅 900mm)を用い、試験体上部は積層面、中下部は板目面が見えるように構成しました(図 6-6、写真 6-1)。また、板目面下部には外壁表面仕上材3 仕様(フロートガラス、スギ板、亜鉛鋼板)を張り、それぞれの仕様の半分に裏面側に断熱材を施しました。各パネル間の縦目地仕様をそれぞれア、イ、ウ、エ、エとし(図 6-7)、水平目地仕様をオと呼ぶことにします(図 6-8)。

この試験体で以下の 4 項目の性能の違いを検討しました。

#### A.LVL 板の構成

LVL は単板の貼り合わせ方で、表面に板目面(積層面



写真 6-1. 9 種類の仕様を盛り込んだ壁試験体の加熱面全景

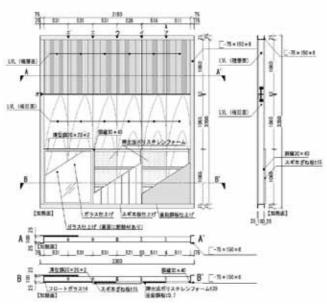


図 6-6. 9 種類の仕様を盛り込んだ壁試験体の構成

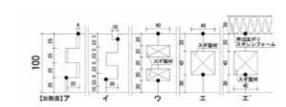


図 6-7. 縦目地の形状(4仕様のサネ目地)

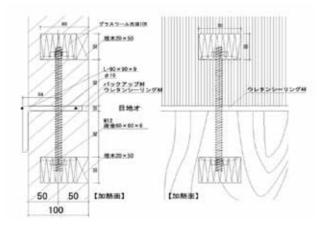


図 6-8. 横目地の形状 (引きボルト仕様)

がみえない)がみえる場合と積層面(積層面がみえる)が見える場合の2種類があり、燃焼性状に差異が発生する可能性があるためそれぞれの炭化性状を比較してみます。

#### B. 目地部の仕様

#### a) 鉛直目地

目地は火災時に火炎・熱の侵入経路となり易いので、 やとい実や合じゃくりを用いた5種類の縦目地につい て遮炎性等を把握してみました(図 6-7)。

#### b) 水平目地

LVL壁の上下の固定には金属製固定具の使用を想定しました。この金属製固定具の熱橋又は吸熱が、壁の燃焼性状に影響を与える可能性を検証するため、金属製固定具を用いた水平目地について遮炎性等を把握してみました(図 6-8)。

#### C. 表面の仕上げ材の仕様

LVL の屋外側表面に使用が想定される仕上げ材 3 種類 (フロートガラス t=4、スギ板 t=15、亜鉛鋼板 t=0.35) を張り、それぞれの遮熱性等を把握してみました。

#### D. 断熱材の有無

LVL 壁の裏面に押出法ポリスチレンフォーム断熱材を 各仕様ごとに半分だけ張り付けて、断熱材が遮熱性に与 える影響を把握してみました。

#### (2) 加熱方法及び測定項目

加熱は ISO834 標準加熱曲線(室内で激し火災が起こった状態を再現する曲線)に準じて、1 時間加熱し、加熱終了後は速やかに試験体を炉から取り出し注水消火しました。

遮炎性(火炎が貫通しない)の判断は非加熱側より目視観察で行い、遮熱性(裏面の温度が可燃物の燃焼温度(概ね200℃)まで上昇しない)はLVL壁内部(加熱面から10m、30m、60m、100m(裏面))に配置した熱電対(温度センサー)により判断することにしました。

#### (3) 実験結果・考察

1時間の加熱をした結果、木層ウォールの裏面温度は最高で100℃程度であり、遮熱性の規定値(概ね200℃)までは上昇しませんでした。1時間後の耐火炉内は約950℃ですから、100mm厚の木層ウォールの表面と裏面で約850℃の差があるということです。表面にきれいに炭化層(断熱層)をつくり、もともと水分(含

水率 10%前後)を含んでいる木層ウォールならでは高 い遮熱性といえます。立派です。

一方で、加熱開始 50 分過ぎに、木層ウォールの目地 部分から火炎が貫通し、遮炎性の問題があきらかになり ました。それでは、結果を詳細にみていきましょう。

#### A.LVL 板の構成が延焼防止性能に与える影響

積層面と板目面の平均炭化深さは 52mm (最大 63mm)、50mm (最大 62mm)、内部温度上昇傾向もほぼ同じでした。これより、単板の積層方向が延焼防止性能に与える影響はほとんどないといえるでしょう。

#### B. 目地部の仕様が延焼防止性能に与える影響

#### a) 縦目地

雇いサネや本ザネ加工をした目地部において、サネが加熱中に脱落したり、木層ウォール間の目地に隙間が4mm以上ある場合は、火炎貫通する可能性が高いことがわかりました。これより、まずはサネをしっかりと木層ウォールに留めつけることが重要といえます。さらに、施工時にどうしても目地部に4mm以上の隙間が生じる場合は、目地の隙間に不燃性材料を充てんするなどの措置が必要といえます。難燃性のシール材(防火設備に等のガラスシーリングに使用するものなど)が施工もしやすくよいと考えられます。

#### b) 水平目地

水平目地のLアングルの温度上昇は限定的で、燃え抜け防止を助長するようなことはないことがわかりました。なお、Lアングルのない隙間部には、不燃性の材料(バックアップ材、シール材)を隙間なく充てんすることが重要といえます。

#### C. 表面仕上げ材が延焼防止性能に与える影響\_

まず、フロートガラスは、加熱開始約2分で割れて脱落するので、仕上げ材がない場合と同じような加熱を木層ウォールは受けます。つぎに、スギ板(15mm厚)ですが、加熱開始後2分ほどでスギ板表面に着火しますが、スギ板の裏面の温度は、燃え抜ける15分頃までは100℃を超えず、脱落が始まる28分頃まで260℃を超えませんでした。すなわち、スギ板を張ることで木層ウォールが加熱を受け始める時間を遅延することができ、延焼防止上はとても役立つことがわかります。最後に、亜鉛鋼板ですが、スギ板のように表面に着火しませんが、厚さ0.35mmなので裏面の温度はすぐに上昇しはじめます。加熱開始約10分で木層ウォール表面

が 260℃を超えました。亜鉛鋼板がなければ、加熱開始 45 秒で木層ウォール表面は 260℃を超えるので、約 10 分間、木層ウォールが加熱をうけるのを遅延したといえます。スギ板は燃え尽きて脱落すると木層ウォールが直接加熱を受けますが、亜鉛鋼板は燃え尽きないので脱落さえしなければ、木層ウォールは亜鉛鋼板越しにしか加熱を受けないので、加熱を軽減することに役立ちます。

#### D. 断熱材の有無が延焼防止性能に与える影響

断熱材を木層ウォールの裏面(非加熱面)に張っても、木層ウォールの内部温度は張らない場合とほぼ同様でした。通常、裏面を断熱すると裏面に熱が逃げないため、部材温度は上昇しやすくなり、場合によっては断面方向への燃え進みが助長されることがありますが、木層ウォールは十分い厚く、1時間後でも裏面温度は100℃以下なので、ほとんど裏面の断熱材の影響を受けないといえます。なお、木層ウォール表面(加熱面)に発泡断熱材を張っても燃え抜け防止上は、有利にも不利にもならないといえるでしょう。

#### E. 炭化層の形成状況

木層ウォールのような LVL の炭化層は製材や集成材と比べて脱落し難い傾向が認められました。これは、LVL は 1 次接着にフェノール樹脂接着剤、2 次接着にレゾルシノール樹脂接着剤(熱硬化性接着剤)が用いられており、製造段階での熱硬化型接着剤の使用が炭化層の脱落を抑制していると推測できます。

以上より、木層ウォールの基本的な延焼防止性能を把握でき、100mm厚で1時間準耐火構造の要求性能を満足できることが明らかになりました。

## 実験 2: 木層ウォールが建物の荷重を負担する場合の延焼防止性能を確認する実験

柱やはりがなく、木層ウォールを使った壁構造とした際の延焼防止性能を確認しました。試験体はW2,000×H2,991mmのLVL試験体(スギ、厚さ150mm、幅1,000)で、壁長さ1mあたり、150kNの荷重をかけながら1時間加熱を実施しました。この壁1mあたり150kNという荷重は、壁構造の3階建て建物の1階壁が負担する荷重の約1.5倍に相当する荷重といえます。

その結果、1時間準耐火構造の耐力壁に要求される非 損傷性、遮熱性、遮炎性について、1時間をはるかにこ える、112分も有することがわかりました。すなわち、1時間準耐火構造に必要な性能の約2倍の性能を有するということです。建築基準法に要求される防耐火性能に対して余力を十分にもっているということは、災害時には本当に頼もしい存在になり得るといえます。

## 実験 3: 地震後の木層ウォールの延焼防止性能を確認する実験

地震時には建物が変形して、壁が脱落したり損傷を受けて、その後に起こる市街地火災時に所定の防耐火性能を発揮できない可能性が考えられます。そこで、W 1950 × H 2750mm の LVL 試験体(スギ、厚さ100mm)を用いて、中地震に相当する1/200radまで水平方向の変形を加えた後に1時間の加熱実験を実施しました。

#### その結果、

- (1)1/200rad の変形時にも木層ウォールが脱落しない。 (2)加熱時の木層ウォール内部温度は変形を加えない場合とほぼ同じ傾向を示す。
- (3) 変形により目地が開くことがあり、開くと火炎貫通の原因となる。
- ことが明らかになりました。
- (1) 及び(2) より、中地震程度では木層ウォールの留め付け部が破損して脱落することがないことと、木層ウォールそのものに亀裂や損傷が生じないことがわかりました。また、(3) より、地震後に目地が 4mm 以上開いた場合は、難燃性のシール材などで隙間を埋める措置が必要であることがわかりました。これらの点を考慮した設計と施工がなされていれば、中地震後でも 1 時間準耐火構造としての延焼防止性能が低下しないことがわかりました。



写真 6-2. 厚さ 150mm の耐力壁の試験体全景

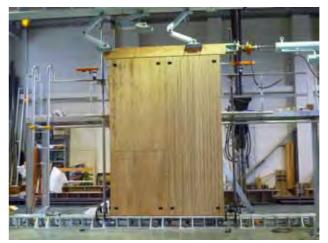


写真 6-3. 厚さ 100mm 以上の非耐力壁の水平せん断試験の様子



写真 6-4. 厚さ 150mm の耐力壁の 112 分加熱後の炭化状況



写真 6-5. 厚さ 100mm 以上の非耐力壁の 60 分加熱後の炭化状況

## 木層ウォール準耐火構造壁

#### ■試験:

一般社団法人全国 LVL 協会が平成 23 年度に厚板 LVL 準耐火耐力壁について大臣認定を取得している。しかし、 高性能の金物の出現及びそれらを用いた高倍率耐力壁の 新しい使用が提案及び開発される事により、新しい金物 及び仕様に対応する耐火性能の検証及び大臣認定の取得 が必要になった。幅広い範囲で対応可能かつ新しい端部 金物(GIR,LSB, 引きボルト、全ネジボルト等)に対応す る仕様で性能評価試験を行った。



写真 6-6:試験の様子

○1時間準耐火構造(GIR・LSB)

主要構造部(壁、柱、梁、床)を告示又は個別認定で決められた1時間準耐火構造に耐力壁として用いる。

○ 45 分準耐火構造(引きボルト・全ネジボルト) 主要構造部(壁、柱、梁、床)を告示又は個別認定で決 められた 45 分準耐火構造に耐力壁として用いる。 GIR 及び LSB は木質構造部材の軸方向への定着性能を 鉄筋コンクリート造におけるコンクリートと鉄筋の定着 と同じようなメカニズムを持つ接合方法であるため、木 質トラス構造、モーメント抵抗接合部で多く使われてい る接合方法である。

両方の接合方法を厚物のLVLの板と組み合わせることによって、高いせん断耐力性能を持つ耐力壁として活用することが可能であり、様々な構造実験により検証されている。

中大規模木造建築においては、空間の単位が大きくなるとともに固定荷重、積載荷重も木造住宅に比べて大きくなりがちである。自重の増大は地震力の増加にもつながり、高耐力の耐力壁が必要とされる。

本準耐火壁構造は高い倍率を用いながら、準耐火性能を 満足することによって耐火建築物に使うことが可能な構 造部材として開発を行った。

一般的な木質系構造部材と違い、ボルト系の金物を用いることによって木造だけではなく、鉄骨造(S造)や 鉄筋コンクリート造(RC造)における準耐火性能を持つ構造部材として活用することが可能である。

#### ■金物の使い分けについて

① GIR

GIR(グルード・イン・ロッド)は、木材に鋼棒を挿入し、それを樹脂系接着剤で包埋して鋼棒の引き抜き抵抗によって接合する接合方法である。GIRによる接合では、木質材料と鋼材を接着接合しており、この接着接合部は高耐力・高剛性を確保することができるが破壊性状が脆性的なため、靱性を確保するためには工夫が必要である。LVL 厚板自体のせん断変形は微小であり、接合部の変形性能が架構の変形性能に大きな影響を及ぼすことになる。靱性能の高い LVL 厚板壁とするためには、降伏制御型 GIR を用いる必要がある。降伏制御型 GIR は、

接合鋼材の中間部の断面をくびれさせることにより鋼材が塑性変形を生じるため、最終的な破壊である木破までに大きな変形をすることができる。接合部の性能をコントロールすることで耐力壁の性能をコントロールすることができる。



写真 6-7: GIR ボルト

#### ② LSB

ラグスクリューボルト接合部は、高強度高剛性の接合が材軸方向に対して可能である。材の中心位置から離れた位置にラグスクリューボルトを配置すれば、モーメント伝達を可能とする接合部が可能である。中層大規模木造では柱はあらわしとなる場合が多いと考えられ、ラグスクリューボルト接合部は、HD 金物のように外部に露出せず、鋼板添え板や挿入式のようにもあり、外部に鋼材やボルト頭などが出ることもなく、見栄えの良い仕上がりとなる。



写真 6-8: LSB ボルト

#### ③引きボルト・全ネジボルト

引きボルト・全ネジボルトはホールダウンシステムの一種で、建物の下部(基礎アンカーボルト)から上部(最上階の天端)までを各階毎に長尺ボルトで緊結し、地震や台風時に建物に生じる引抜きや織れを抑制する接合方法。



写真 6-9: 全ネジボルト



写真 6-10:全ネジボルトを試験体に貫入

#### ■まとめ

本実験では、スギ LVL の横架材を使った床・屋根の耐火構造部材及び LVL 厚板による外壁の準耐火構造部材を開発するために、①防耐火的な納まりの検討、②大臣認定取得のための性能評価試験を実施した。その成果として、耐火構造床 2 仕様,耐火構造屋根 1 仕様,45分準耐火構造 1 仕様,1 時間準耐火構造 1 仕様の国土交通大臣認定を取得する見込みである(すでに耐火構造床の 2 仕様について大臣認定取得済み、その他は大臣認定申請手続き中)。

スギ LVL 厚板による 45 分・1 時間準耐火構造外壁については、鉛直力を支持する厚さ 150mm の LVL の厚板壁による 45 分・1 時間準耐火構造の外壁を開発した。特に防火被覆は設けず、木材がゆっくりと燃える長所を活かして、45 分・1 時間後にも壊れず、燃え抜けないことを確認した。この LVL 厚板壁による工法は、昨今開発が進む CLT 厚板による工法と同様であり、CLT よりも先行して法令的な位置づけを得ることになった。

45 分準耐火構造仕様は引きボルトや通しボルトによる接合、1 時間準耐火構造仕様は GIR (グルード・イン・ロッド) や LSB (ラグ・スクリュー・ボルト) 接合であり、様々な接合方法を構造設計において選択できる点が特に新しい。

61

#### column:

#### 防耐火試験と大臣認定の流れ /桜設計集団 安井昇

建物の規模や用途、防火地域指定の有無により、木造 建築物の各部位には、防火構造、準耐火構造といった防 耐火性能が要求されます。設計者は、その要求された防 耐火性能を満足するために、①国土交通省告示に例示さ れた仕様、または、②個別に材料供給メーカー等が国土 交通大臣認定を取得した仕様のいずれかから仕様を選択 することになります。 ①については、準耐火構造であれ ば、H12 建設省告示第 1358 号(45 分、30 分準耐火 構造の構造方法の例示)、H12 建設省告示第 1380 号(1 時間準耐火構造の構造方法の例示)に、防火構造であれ ば、H12 建設省告示第 1359 号(防火構造の構造方法 の例示) に明記されています。一方、②については、図 1の性能評価・大臣認定の流れのように、国土交通大臣 が指定した性能評価機関(日本住宅・木材技術センター (東京)、建材試験センター(埼玉、山口)、ベターリビ ング(茨城)、日本建築総合試験所(大阪)、北方建築総 合研究所(北海道)) において、性能評価試験(建築基 準法が要求する防耐火性能を満足するかを加熱試験によ り評価する)を受け、合格すると性能評価機関より性能 評価書が発行され、それをもって、国土交通大臣に個別 認定の申請をします。それが認められれば、めでたく大 臣認定取得となります。①の告示仕様と比較して、多種 多様な個別の大臣認定が、多くの材料供給者などにより

性能評価試験は、主要構造部(壁、柱、床、はり、屋根、 階段の6部位)ごとに試験方法が決められており、壁 は外壁と間仕切壁に分けられ、壁用耐火炉(写真1)と 呼ばれる装置に試験体を装着し、室内で激しい火災が起

取得されて世の中に供給されています。







写真上:試験体を耐火炉に取付けた様子 写真下:燃焼試験後の燃焼面が炭化している様子

こった状態をガスバーナー等で再現して試験体を加熱します。30分で約840℃、1時間で約950℃まで温度をあげて、壁が壊れないか(非損傷性)、燃え抜けないか(遮熱性、遮炎性)を確認します(図2の加熱曲線)。木材の着火温度260℃を加熱開始後45秒で超える加熱ですので木材表面には加熱後1-2分で着火をします。このような実際の火災を再現した強い加熱に対して、外壁の場合、45分以上の非損傷性・遮熱性・遮炎性があると「準耐火構造(45分)」に、1時間以上の性能があると「準耐火構造(1時間)」に位置づけることができます(壁自身が建物の自重を負担しない帳壁は非損傷性は必要ない)。

木材は加熱を受けると表面に着火はするもののすぐに 炭化層(断熱層)をつくってなかなか内部に燃え進まな いので厚く・太く使えば、一定の非損傷性・遮熱性・遮 炎性を確保することが可能となるわけです。

なお、H23年3月現在、性能評価機関での試験は大変混雑しており、性能評価機関や性能評価したい部位にもよりますが、一年近くの待ち状態である場合もあります。技術開発には費用はもちろんのこと、時間もかかるので性能評価試験の実施は計画的に進めることが重要といえるでしょう。

※初出:木層ウォールブック - 準耐火建築物・外壁編 - (平成 23 年 5 月)

#### column:

#### LVL 積層壁による木質建築の実践

/山代悟+ビルディングランドスケープ

#### ■ HOUSE-H (2007 年竣工)

-柱材を積み上げる・LVL 積層面を見せた外壁-



「HOUSE H」は島根県出雲市にある築 100 年の伝統的な農家の増改築プロジェクトです。

既存の古い木造建築と共存する、新しい木質建築のあり方を模索するなかで LVL 工場を訪れたのが LVL という材料との出会いでした。

LVL 材は一般に、建築の柱・梁など線材として使われていますが、工場で線材に加工された LVL が積み上げられ出荷を待っている様子をみたとき、まるで大きな木の塊のように見えました。LVL は薄いラミナが幾重にも積み重なった断面の表情をもっていますが、そのために柱状に加工された部材のひとつひとつの単位が掻き消され、ひとつの大きな面をつくりあげていました。それ以来、LVL 積層面の持つ独特の表情、木の塊が持つ質感に魅了され、HOUSE Hでは新しい木質建築の提案として、LVLの線材を用いて壁を構成するという構法を試みました。

HOUSE H の増築部は、鉄骨造のフラットルーフと、その下の LVL 積層壁から構成されています。 LVL の積層面を素地のまま見せた厚さ 90mm の「LVL 打放し壁」によって、堅牢性、断熱性、遮音性等の外壁として必要となる基本性能を、木が本来持っている複合的な性能で達成しようと考えたものです。内部仕上げは LVL 素地、外部仕上げはキシラデコール塗装とし、庇を大きく張り出すことで雨風を防ぐ考えかたです。



140mm × 90mm の LVL 材を現場で積み上げ、壁を構成する。

#### ■ LWB 阪東橋

-都市部での展開、LVL 壁パネル化の実践-



現場写真モンタージュ:クレーンでパネルを吊り上げ、鉄骨軸組に取り付ける。

「LWB 阪東橋」は、都市部の近隣商業地域、準防火地域に建つ住宅です。防火規制の厳しい都市部の建築において LVL 外壁を展開していくための実践であり「LVL 積層壁をパネル化し軸組に取り付ける工法を開発する」「準耐火建築物として現行法規に合致させながら、構造的な役割も持たせる外壁の断面設計をする」という二つの課題に取り組むことになりました。

建築の主要構造は中心部に配置した鉄骨のコアシャフトと小屋組のトラスがにない、集成材工場でパネル化した厚さ 90mm の LVL を鉄骨外周部に取付けて外壁を構成するシステムを採用しました。

また、外壁としての基本性能は、「HOUSE H」と同様に LVL 壁が担っていますが、準耐火建築物とするため 法解釈上は LVL を内装材と同等に扱い、LVL パネルの 外側に石膏ボードと間柱で法規上の外壁をつくり、ガルバリウム鋼板で建物全体を覆う仕様としました。

今回の研究によってLVL外壁の準耐火構造の認定が 取得できれば、LVLパネルの外側にある耐火用の層が不 要になり、より合理的な設計とすることが可能になりま す。LVL建築の可能性を大きく広げてくれると期待して います。

HOUSE H 2007 年 6 月竣工 □建築設計:山代悟+西澤高男+ビルディングランドスケープ □構造設計:腰原幹雄 □施工:今岡工業 □構造:鉄骨造 □規模:地上 2 階

LWB 阪東橋 2010 年 11 月竣工 □建築設計:山代悟+ビルディングランドスケープ □構造設計:佐藤淳構造設計事務所 □施工:TH-1 □ 構造:鉄骨造 □規模:地上 3 階

※初出:木層ウォールブック - 準耐火建築物・外壁編 - (平成 23 年 5 月)

#### column:

#### エイジング建築:加齢する素材の魅力 /山代悟+ビルディングランドスケープ

近年、製材や集成材、ツーバイフォー材といった従来から広 く使われていた材料に加え、LVL、CLTといった比較的新しい編 成材をもちいた大型建築を可能にする構造技術の開発や防耐火 技術の開発が盛んになっている。このコラムが納められるレポー トもその開発の一端を担うものである。

私も 2007 年に竣工した島根県出雲市の住宅「HOUSE H」の 設計過程で LVL という素材に出会い、その多様な可能性に興味 をもち、戸建住宅、内装といったいくつものプロジェクトのな かでその素材の可能性を試してきた。

現在はアトリエ OPA とビルディングランドスケープ(意匠設 計:鈴木敏彦+西澤高男、LVL コンサルティング:山代悟、構 造設計および防耐火設計: 桜設計集団) の共同で、東京都内に 建設予定の地上三階建、延床面積 246.09m2 の動物病院の設計 に取り組んでおり、全国 LVL 協会で大臣認定を取得した LVL 厚 板の準耐火外壁「木層ウォール」を取り入れた計画を進めている。

この「木層ウォール」の開発には私たちも参加しその工法の 可能性や応用上の課題などを考えてきたが、実際の建築設計の なかで様々な異なる構造や素材との取り合いを検討する中で、 様々な課題が生じ、それをひとつひとつ解決して行くことの難 しさと面白さを感じている。

#### LVL「木層ウォール」による外壁

このプロジェクトの特徴のひとつは、建物の主な立面を LVL 厚 板の「木層ウォール」で構成していることである。二層の高さ に渡る高さ 6.5m、幅 1.2m、厚さ 150mm の LVL の厚板が 12 枚並び、間のガラスのスリットを通じてもれ出てくる内部の様 子や、夜の明かりは、通りに特徴的な表情を作り出すだろう。 木層ウォールは LVL 厚板そのもので堅牢性、準耐火性能をもち、 その厚みによって断熱性も確保している。

しかしながら、今回の敷地条件の中では、外壁面を守る深い庇 をつけることは出来ないため、外壁の長期的な経年劣化、ある いは強い風雨による雨水の室内への侵入への対応が必要となる。 今回は木層ウォールの壁の外側に透湿防水シートを貼り、通気 層をとった上で外部仕上材としての LVL30mm の板を取り付け る設計としている。こうすることで木材の経年劣化を「エイジ ング(加齢)」の積極的な表現として受け入れつつ、内部の木層 ウォールを保護することで長期的な性能を保つことができると 考えている。



写真:動物病院 の構造模型

#### 石膏ボードとエイジング

一方、この動物病院では将来的なフレキシビリティを確保する ために、製材による軸組構造に、少数の LVL の厚板壁を組み合 わせることによって水平力に抵抗する計画となっている。その ためそれぞれの LVL 壁にかかる引き抜きの力が大きくなるた め、燃え代設計で認められている金物では対応出来ないことが 分かった。そのため、今回の設計では主立面では LVL を現して 使用することが出来たのに対して、建物内側の LVL 構造厚板壁 は金物を含めて石膏ボードでくるみ、仕上を施すこととなった。 これは床スラブなども同様である。

日本の木造関係者、あるいは建物を利用する一般の人々の中に も、木の無垢材信仰、あるいは構造体を現しで使いたいという 希望は根強いものがある。筆者自身は銘木や製材へのこだわり は少なく、LVLのような編成材の新しい表情に興味をもつよう な人間ではあるが、それでもそれを石膏ボードでくるみ、ペン キやクロスなどで仕上げてしまうことには抵抗がある。これは 多くの建築家がもつ構造と表現が一致するべきだという「正直 さ honesty」の価値観によるものかもしれない。

一方で木材がもつ、経年変化していく、つまり「エイジング(加 齢)」していくという、欠点でもあり、かつ魅力でもある性質が、 石膏ボードのような素材には欠けていることが加齢する木と、 加齢しない素材を組み合わせることへの抵抗感を生み出してい るのではないだろうか。

実は防耐火性能をもった大型木造を発展、普及させるには、木 と組み合わせる「エイジング」する素材の新しい使い方や素材 開発を行い、「エイジング」に基づいた新しい美学をつくりだす

ことが必要なのではないかと考えている。

### 準不燃処理 LVL 内装材の開発

- 1 開発の目的・背景
- 2 内装材としての LVL への期待
- 3 開発に取り組む準不燃材料
- 4 開発概要
- 5 製品含浸タイプ (大臣認定取得タイプ)

column 「燃えないこと」と「燃え抜けないこと」

column 内装材としての LVL の可能性

この章は、平成 26 年 3 月に発行した「LVL 準不燃材料開発研 究ブック - 準不燃材料・内装材 - 改訂版」を再編集したものです。 LVL 準不燃材料開発研究ブック - 準不燃材料・内装材 - 改訂版 は、平成25年度林野庁地域材供給倍増事業地域材利用拡大支援 木造住宅・木造公共建築物等の構造部材開発等支援事業の内装 木質化等住宅部材試験開発等支援事業を受けて、一般社団法人全 国 LVL 協会を中心として LVL( 単板積層材 ) の準不燃材料の大臣認 定取得を目指して取り組んだ開発研究です。

※初出: LVL 防耐火材料開発研究ブック - 耐火・準耐火建築物編 - (平成 26 年 11 月)

開発の目的・背景

#### ■開発の目的・背景

都市部にも大規模な木造建築「都市木造」が建設され始めました。これは、大規模木造建築の構造・防耐火技術が着実に整備された成果でありますが、これにより都市木造は第2ステージに入ったと考えることもできます。これまで要求性能を満足するために技術主導で進められた都市木造の技術開発から、これからは魅力的な都市木造のための技術開発へ舵をとっていく必要があります。

構造材としての LVL の特徴は、柱梁といった線材として使用できること、さらに壁や床といった面材としても使用できることです。一方、意匠材(仕上材)としての特徴は、その製造方法から生じる木目面と積層面という全く異なる 2 つ表情をもっていることです。構造材をそのまま仕上げ材として使用してきた日本の木造建築においては、この 2 つの特徴をいかに活かしていくこ

とができるかが、これからの木造建築の魅力を増すため に非常に重要な要素になります。

これまでの日本の木造建築は、木をあらわしで使うこと、木が見えること、木に触れることがあたり前でした。しかし、都市に建つ木造建築「都市木造」では、昔から使用しているからといってそのまま同じようにすぐに使えるわけではありません。当然、現代の建築に要求される性能を満足しなければなりません。個人住宅のように特定の人が使用する建築とは異なり、都市部の大型木造建築では不特定多数の人が出入りするようになり、それにともない火災に対する安全性確保から内装材にも高い防耐火性能が必要とされることになります。

本研究では、火災に対する安全性を確保しながら、空間を構成する内装材としてのLVLの魅力を引き出すことができる部材の開発を目指しています。

東京大学生産技術研究所 教授 腰原幹雄



材料の厚みを活かし、凹凸をつけて積み上げ ることで、ポスターやチラシのディスプレイ の手がかりに。













## クリスタイプ 内装材としての LVL への期待

LVL の準不燃材料を開発するにあたって、どのようなニーズがありえるのか、また販売する際の戦略や実際に使用している感想等についてヒアリングを行った。

様々なご意見を頂き、今後の商品開発に向けての重要な参考意見としたい。 ここでは、その一部を紹介する。

#### □主なヒアリング先:

- ·大手内装設計·施工会社 営業·施工
- ・LVL を内装に使用したことのある建築家
- ・LVL を使用した公共施設の施主 (市役所職員)
- ・LVL を使用した商業施設の施主(レストランの店長)

#### 【質問項目】

- Q1. あなたの職業、職種について教えてください。
- Q2. 今回 LVL を実際に内装に使った箇所、施設の用途を教えてください。
- O3.LVL の材料の第一印象を教えてください。
- Q4. 施設を実際に使うお客様や従業員の方の反応などを教えてください。(施設管理者のみ)
- Q4. これまで関わったプロジェクトの中(商業施設等)で、建築基準法の内装制限以外の制限は どのようなものがありましたか。(建築業者のみ)
- 05. 防耐火性能以外に施主や施工者から求められる性能はありますか。(建築業者のみ)
- Q6.LVL はどのような場所、施設に需要がありそうですか。
- Q7. 材料に厚みがあることを活かして使えそうな場所はありますか。
- Q8. この材料が受け入れられそうな業界、店舗形態はありますか。
- Q9. 内装材や家具材料として使う場合に厚みや大きさの規格など扱いやすいサイズや厚みは ありますか
- Q10. 準不燃材料が開発されれば使いたいと思いますか。
  - また、準不燃材料のサンプルを見てどう思いますか。
- Q11. その他 LVL を使用した感想や要望、使い方やアピールの仕方などのアイデア等ございましたらお教えください。

■『LVLを内装材や家具に使った感想、またははじめて見た感想は?』 とういう質問に対しては、

「薄いプリントなどの表面の仕上げ材と違ってボリュームでの仕上げの表現が可能なのがおもしろい」、「合板と比べてあたたかみがあり、高級感がある」、「機能面では掲示しやすいのがとてもいい(押しピンなどがさしやすい)」等の意見があり、素材のもつ表情の魅力と高級感がある印象をもっている意見が見られた。

■『内装材や家具の材料として使用する際に厚みや大きさなど扱いやすい寸法は ありますか?』とういう質問に対しては、

「厚いものと薄いもので用途を変えて使いたい」、「建具など動くものに使えるよう薄いものもほしい(反らない最低限の厚みのなかで)」、「長さは制限がないほうがいい(目地なしで使えるのがおもしろい)」といった意見に見られるように、標準の厚みのバリエーションを何種類か提示するもしくは個別対応も可能ですといったように対応するのがよさそうである。

■『準不燃材の薬剤処理したもの(単板含浸タイプ)を見た印象は?』 という質問に対しては、

「この色が予めわかっていればそれにあわせたインテリアの内装に仕上げれば問題ない」、という意見がある一方、「積層のしましま模様が少し分かりづらくなるのでもう少し色がうすいほうがよい」という意見も見られ、積層の素材感、表情を損なわない形で開発する必要がありそうだ。

■『今後売り出す際に必要なものやアピールポイントになりそうなところは?』 という質問に対しては、

多くの回答者の方より「県産材や間伐材を使えるところはアピールになる」という意見を頂いた。地元の材料を使えるところを施設のアピールとしても分かりやすく、採用しやすい傾向がありそうである。

またインテリア等内装業界の方からのご意見で、「他の建材や内装材のようにカットサンプルをつけたカタログやサンプル帳がほしい(素材(樹種)、色、目の粗さなどのバリエーションが分かるもの)」といった一目でどのような素材や色か分かるサンプル帳がほしいという意見や、「内装材で使う際は納期が重要」等の意見もあり、建築の材料供給とインテリアを中心とした内装業の材料供給や工期のスピードが異なることに注意する必要があり、あらかじめ在庫を用意しておくことやカタログ等に納期を明記する事等の対策が必要であるといった貴重な意見も頂いた。

■『LVL はどのような場所、施設に需要がありそうですか。』という質問に対しては、

「図書館や小学校などの集会スペースや人が集まる場所、公共スペースなど質感を出して人目をひく場所に使いたい」、「図書館、公共の場所、長く時間を過ごす場所」といったように木のもつあたたかみと LVL の表情を活かし、人目をひく場所や人が集って過ごす場所に使いたいという意見も多く見られた。

「ボリューム感を活かして使える什器など立体的に見えてくるところに使いたい」、「カウンターや受付の背景」など什器としても使いたいという意見が見られた。

その他に、「面材として使う場合は厚みを見せる事のできる出隅等に使用したい」等の材料の厚みがあることを活かしたデザインで使いたいという意見もあり、他の内装材とは違う特徴を活かしたデザインができることが魅力であると感じる人も見られた。

# 3 開発に取り組む3つのタイプ

近年、木質内装のニーズが高まり、建築基準法の内装制限で規制される壁・天井等に使用可能な木材が普及しはじめている。それらの多くは、スギやヒノキ等の針葉樹及びタモ等の広葉樹の製材であり、昔から使用されてきた部位(壁の羽目板や天井材など)に、建築基準法の不燃材料、準不燃材料または難燃材料の国土交通大臣認定を取得して使用できるようにしたものである。

一般に、木材を不燃化する場合、防火塗料の塗布や、リン酸またはホウ酸系の不燃化薬剤を加圧含浸する方法が考えられる。前者は、木材の表面のみに塗布するもので、塗料が不燃性であっても、木材の燃焼を抑制して建築基準法の不燃材料等の要求性能を満足するのはなかなか難しい。ただし、水ガラス系塗料で表面を完全にコーティングして、木材表面への酸素の供給や表面温度の上昇を抑制できれば実現可能性がある。また、後者は製材を中心に技術が普及しており、不燃材料、準不燃材料の大臣認定取得事例も多い。

壁や天井材をつくる場合、製材、合板、LVL等を利用することが考えられるが、それらを薬剤処理する場合、前述の防火塗料の表面への塗布では大きな差はでないと予想される。一方、不燃化薬剤の加圧含浸では、完成品に処理する場合、貼り合わせ前の単板に処理する場合の2種類が考えられ、木材の不燃化では、部材断面にできるだけ均一に不燃化薬剤を加圧含浸したいので、完成品よりも単板のほうが単位体積あたりの表面積が大きく含浸しやすい可能性がある。

これらの背景のもと、今回の技術開発では、建築基準法の内装制限がかかる壁・天井のいずれの部分にも使用可能な「準不燃材料」のLVLを開発することを目的として、意匠(視覚、触覚)、準不燃性能の安定的確保、製造方法及びコストに重点をおいて、以下の不燃化の手法について開発を進めることとした。なお、「準不燃材料」とすれば、建築基準法の内装制限で規制される壁・天井のいずれの部分でも使用することができる。

- 1. 単板に薬剤を含浸させて貼り合わせて製品化する(以後、単板含浸タイプと呼ぶ)
- 2. 製品(単板を貼り合わせた後)に薬剤を加圧含浸する(以後、製品含浸タイプと呼ぶ)
- 3. 製品に耐火塗料を塗布する(以後、表面塗布タイプと呼ぶ)
- ①は LVL 等単板を貼り合わせてつくる製品特有の手法でありこれまで開発が実施された事例は少ない。
- ②は従来のスギ等の製材の不燃化で用いられている手法であり、加圧含浸方法としてはもっとも実績がある。
- ①、②ともに含浸した薬剤(水溶性)が溶出しないように、表面に水分の出入りを絶つための塗装が必要となることが多い。 また、③は鉄骨造の耐火塗料と同じ原理で表面に塗膜(断熱及び保護層)をつくり、木材表面に入る熱を抑制して木材 が燃えないようにするもので、木材そのものを不燃化するものではない。
- ※製品化するための技術的検討や生産及び品質管理のプロセスについては、主に②の製品含浸タイプを用いて事業を行った。

#### ■3タイプの比較

		①単板含浸タイプ	②製品含浸タイプ	③表面塗布タイプ
製品概要	処理方法			*図はイメージです。
		不燃薬剤を単板へ減圧・加圧注入	不燃薬剤をLVL(製品)へ減圧・加圧注入	LVL製品に不燃薬剤塗布し、準不燃化
	表面塗装	要※	要※	不要
意匠性	触感	一般的なポリウレタン同等	一般的なポリウレタン同等	ガラスコーティングのような感触
思匠性	色味	クリア、白木風、焦げ茶等で選択可能	クリア、白木風、焦げ茶等で選択可能	
	切断 可		可	可
加工性	加工性 サネ・仕口加工		可	可
	切断面の準不燃処理	現場処理不要	現場処理不要	木口が露出する場合は、現場塗布が必要

<sup>※</sup>表面塗装について:表面から塗料の水分が溶脱して白化現象が出てくるため、塗装(ポリウレタン塗装等)が必要になります。

#### ■準不燃材料が使用できる箇所

下記の表の通り準不燃材料であれば、特殊建築物や無窓居室等内装制限のかかる居室、通路・階段等に使用することができる。これまで告示を使っても緩和適用外であった通路・階段等や天井にも使用することが可能になる。

内装制限を受ける建築物の用途と部位

				構造·規模		内装制限箇所	内	装材の	
No.	用途·室		耐火建築物	準耐火建築物	その他の建築物	(壁•天井)	不燃 材料	準不  燃材   料	難燃 材料 (*1)
1		劇場、映画館、演芸場、観覧場、公 会堂、集会場	客席≧400㎡	客席≧100㎡	客席≧100㎡	居室 通路、階段等	00	0	0
2		病院、診療所(患者の収容施設のあるもの)、ホテル、旅館、下宿、共同住宅、寄宿舎、児童福祉施設等(*3)	3階以上の合 計≧300㎡ (*4)	2階部分の合 計≧300㎡ (*4)	床面積合計 ≧200㎡	居室 通路、階段等	0	0	0
	特殊建築物	百貨店、マーケット、展示場、キャバ レー、カフェー、ナイトクラブ、バー、				居室	0	0	0
3		ダンスホール、遊技場、公衆浴場、 待合、料理店、飲食店、物品販売業 (加工修理業)の店舗	3階以上の合 計≥1,000㎡	2階部分の合 計≧500㎡	床面積合計 ≧200㎡	通路、階段等	0	0	
4		自動車車庫・自動車修理工場	全部適用			その部分又は通路等	0	0	
(5)		地階で上記①②③の用途に供する	全部適用			その部分又は通路、階段	0	0	
6	大規模建築物	<b>*</b> 5)	階数3以上、延べ面積>500㎡ 階数2以上、延べ面積>1,000㎡ 階数1以上、延べ面積>3,000㎡		居室 通路、階段等	0 0	0	0	
7	階数2以上の 住宅・併用住 宅	最上階以外の階の火気使用室(*6)	制限の対象と ならない(*7) 全部適用		当該室	0	0		
8	住宅以外の 建築物	火気使用室(*6)	制限の対象と ならない(*7) 全部適用		当該室	0	0		
9	全ての建築物	無窓居室(*2)	床面積>50㎡		居室、通路、階段等	0	0		
10	工工厂产工的	法28条1項の温湿度調整作業室	全部適用			10 T 1 70 50 1 10 17 17		Ŭ	

73

<sup>※</sup>大臣認定取得予定のタイプは、②の製品含浸タイプになります。

注) (\*1) 難燃材料は 3 階以上に居室のある建築物の天井は使用不可。天井のない場合は 屋根が制限を受ける。

<sup>(\*2)</sup> 天井または天井から下方へ  $80 \mathrm{cm}$  以内にある部分の開放できる開口部が居室の床面積の 50 分の 未満のもの。

ただ 天井の さが 6m を超えるものを除

<sup>(\*3) 1</sup>時間準耐火構造の技術的基準に適合する共同住宅などの用途に供する部分は耐火建築物の部分とみなす

<sup>(\*4) 100</sup>m (共同住宅の住戸は 200m) 以内毎に 準耐火構造の床 壁または防火設備で区画されたものを除く。

<sup>(\*5)</sup> 学校などおよび31m以下の②の頃の建築物の居室部分で 100㎡以内ごとに防火区画されたものを除く。 (\*6) 調理室・浴室・乾燥室・ボイラー室・作業室その他の室で火を使用する設備又は器具を設けたもの

<sup>(\*7)</sup> 主要構造部を耐火構造としない耐火建築物の場合は、全部適用となる。

<sup>※</sup> 建築基準法ではクリアできている場合でも、防火地域で不燃材料にしなければいけない指導を受ける場合は各担当課や消防と協議の必要があります。

# 4 開発概要

#### ■実用化の目標

国産材 (B 材) の有効活用のため、単板積層材を建築 用内装部材として、建築基準法の準不燃材料の規準に適 合する火災安全性を付与した、また、積層面を表しにし た新しい模様の内装材を提案する。

単板積層材に難燃薬剤を注入させる方法(製品注入タイプ)では、製品に注入するために、注入量の増加が見 込まれる減圧加圧による方法を検討する。

なお、未加工の積層面を表しにした内装材と難燃薬剤 や不燃化塗料による色調の違いも比較する。

#### ■発熱量測定試験の方法

#### 1. コーンカロリーメーター発熱性試験

10cm×10cm×実厚さの試験体に50kW/㎡の加熱と 口火を与え、酸素消費法により発熱速度を測定し、総発 熱量を推定する。準不燃材料の場合、10分間の総発熱 量が8MJ/㎡以下、最高発熱速度が10秒以上連続して 200kWを超えないこと、防火上有害な裏面への貫通、 亀裂穴が生じないことを確認する。

#### 2. 模型箱発熱性試験

小規模な室(幅84cm×高さ84cm×奥行168cm)の内装(壁・天井)を再現して室隅角部で40kWのバーナーで出火させて、酸素消費法により発熱速度を測定し、総発熱量を推定する。準不燃材料の場合、10分間の総発熱量が30MJ(火源分として20MJを除く)以下、最高発熱速度が10秒以上連続して140kWを超えないこと、防火上有害な裏面への貫通、亀裂穴が生じないことを確認する。

#### ■実施した試験(製品含浸タイプ)

1. 注入試験

注入試験は、乾燥単板積層材に難燃薬剤を減圧加圧法 により注入した。

#### 2. コーンカロリーメータ発熱性試験

注入材発熱量などをコーンカロリーメータ試験により 評価した。

#### 3. 模型箱発熱性試験

基本性能はコーンカロリーメータ試験により評価できるため、模型箱試験は行わなかった。

#### ■製品含浸タイプの開発におけるメリット、課題

#### 1. メリット

製品含浸タイプは、内装材完成までの加工の順で説明すると、①単板の乾燥、②積層接着、③ 2 次接着、④ 縦割切断、⑤本実加工、⑥難燃薬剤の注入(減圧加圧)、⑦乾燥である。注入工程は内装材の形になってからであり、注入に関してハンドリングは良い。工場での作業は通常通りである。

#### 2. 課題

内装材の形状で、無垢の板材と同様、長さ方向、厚さ 方向の薬剤固定量の把握が必要である。固定量の分布を 説明するために、材内部を細かく分けた溶脱試験など、 多数の試験が必要と考えられる。また、⑦の乾燥後に変 形や薬剤の析出があれば、再加工が必要である。

#### 3. コスト

課題で記載した、薬剤固定量の把握がネックとなり、 そのバラツキを説明できるまでの準備や管理にかかる経 費と、本実形状での再加工の経費が上乗せされる。未注 入材の製品完成時のコストと比較して、5倍程度になる と予測される。

#### 4. 色調

表面からも薬剤が注入できるため、その薬剤の性質から色調は茶系で、心材、辺材の差は少ない。

## .5

#### 製品含浸タイプ (大臣認定取得タイプ)の開発

#### 1. 開発概要

減圧・加圧注入法により、製品化したLVLに薬剤を注入した場合、特に長尺であればあるほど薬剤固定量のバラツキが懸念される。この実験は、その注入ムラがどの程度であるか確認すること、また、模型箱試験による燃焼性能を確認すること。それらに塗装を施した場合の燃焼性能を確認することを目的とした。

難燃薬剤としては、リン酸グアニジン系のノンネン W-200(丸菱油化工業株式会社製)を使用し、また、 減圧・加圧注入法での注入に関しては、株式会社バイオ マス科学研究所の協力を得て実験を行った。

注入実験としては、①積載して注入処理した場合の 薬剤固定量の測定、②長さ方向の薬剤固定量の測定の2 項目に関して行った。

その結果、LVLを、減圧・加圧注入法にて薬剤注入する事に関しては、製品間の薬剤固定量の大きなバラツキは見られず、積載による薬剤固定量のバラツキも少なかった。また、長さ4mであっても、長さ方向における大きな注入ムラによる薬剤量の不足がないことを明らかにした。

燃焼実験としては、①模型箱試験、②コーンカロリーメータ(以下 CCM)試験を行い、準不燃性能の検証を行った。模型箱試験の結果、10分加熱で準不燃性能が有ることを明らかにした。(10分時点での変形については、確認できていない。)

また、CCM において、考えられる各種塗装を施した場合でも、準不燃性能があることを明らかにした。

#### 2. 注入試験

#### 2-1. 実験準備

試験体には、スギ材の LVL を 24 本用いた。試験体の寸法は、幅  $150 \text{mm} \times$  長さ  $4,000 \text{mm} \times$  厚さ 30 mm であった。



図 7-1. 積載の状態

予め初期重量及び寸法、含水率を測定した後、横に3 列×縦に8段積載し、計24枚の処理を行った。(図 7-1)

試験体としては、初期比重  $(g/cm^3)$  が、 $0.495 \sim 0.531$  で、平均  $0.508(g/cm^3)$ 、含水率 (%) が、 $15.8 \sim 19.8$  で、平均 17.9(%) の LVL を使用した。

難燃薬剤は、リン酸グアニジンを主成分とするノンネン W-200(有効成分50%品)を使用した。ノンネン W-200を水で希釈し(重量比40:60)、有効成分20%となるように調整した。

薬剤注入量は、含浸処理後、取り出した LVL の重量増加量から算出した。

また、薬剤注入量から実際に有効成分として注入されている薬剤の量を、薬剤固定量とし、薬剤注入量から算出した。

注入は、(株) バイオマス科学研究所所有の減圧・加 圧注入釜を使用した。注入条件として、減圧 1.0kg/cm<sup>\*</sup> (0.098MPa) で 1 時間 hold し、その後、薬液を投入し、1.0kg/cm<sup>\*</sup> (0.098MPa) に戻し、更に 1 時間 hold し、加 圧は、5.0kgf/cm (0.49MPa) で 3 時間行った。 乾燥は、(株)バイオマス科学研究所にて、約60℃×7 日間行い、また、100mmカット品に関しては、丸菱油化 工業(株)にて50℃×5日間行った。

2-2. 積層して注入処理した場合の薬剤注入量の測定 減圧・加圧注入後、24本全ての処理後のLVL重量を 測定した。以下の式により、処理後の薬剤注入量 (kg/m³) を算出した。

#### 薬剤注入量 (kg/m³)=( 処理後の LVL の重量 (kg) - 処理前の LVL の重量 (kg))/ 処理前の LVL の体積 (m³)

更に、以下の式により、薬剤固定量を求めた。

#### 薬剤固定量 (kg/m³)= 薬剤注入量 (kg/m³) ×有効成分濃度 (20%)

#### 2-3. 長さ方向の薬剤注入量の測定

LVL 重量を測定した試験体のうち、5体を抜き取った。 抜き取りの場所としては、図 7-1 の左上 (A6)、右下 (D1)、 センター部分の 2 体 (C3,C4) とした。また、薬剤注入量 算出後、薬剤注入量が少ない試験体を1体抜き取ること とした。

それらの試験体は、未乾燥の状態で端部より 100mm間 隔でカットし、1体の試験体より39体の試験体を作成 した。重量及びサイズを測定後、薬剤注入量を算出した。 但し、処理前の LVL の重量は、長尺での初期比重を元に、 処理後の体積から算出した。処理前の LVL の重量、及び 薬剤注入量、薬剤固定量は、以下の式にて算出した。

#### 処理前の LVL の重量 (kg)= 初期比重 (g/cm³) ×カット後の体積 (cm³) × 1,000

薬剤注入量 (kg/m³)=( 処理後の LVL の重量 (kg) - 処理前の LVL の重量 (kg))/ 処理前の LVL の体積 (㎡)

#### 薬剤固定量 (kg/m²)= 薬剤注入量 (kg/m²) ×有効成分濃度 20%

#### 2-4. 結果

### 2-4-1. 積載して注入処理した場合の結果 図 7-1 のように、水平方向に 3 列、垂直方向に 8 段積 載した。薬剤注入量は、581~638kg/mであり、平均

612.1kg/mの薬剤注入量であった。各試験体の薬剤注 入量より、薬剤固定量を算出すると、116~128 kg/m3 であり、平均 122.4 kg/mの薬剤固定量であった。(図 7-2)

No.	薬剤固定量kg./m³	No.	薬剤固定量kg./m³	No.	薬剤固定量kg./m³
A6	123(1.0)	A4	123(0.4)	A2	126(3.1)
A5	121(-1.0)	А3	123(0.9)	A1	127(5.2)
В6	122(-0.6)	C6	119(-3.8)	D6	117(-5.5)
B5	116(-6.2)	C5	121(-1.3)	D5	119(-3.9)
B4	119(-3.2)	C4	125(2.5)	D4	120(-2.3)
В3	125(2.8)	C3	127(4.3)	D3	124(1.5)
B2	121(-1.7)	C2	124(1.7)	D2	125(3.0)
B1	123(0.8)	C1	125(2.8)	D1	122(-0.5)
		平均値			122.4
		標準偏差			3.197
		9	5%信頼区間		1.004

図 7-2. 薬剤固定量

薬剤注入量では、平均値からのバラツキが-30.8~ 25.8kg /m²と約 57kg /m²のバラツキ幅が見られ、大きな バラツキとして感じられたが、実際に、理論注入量に換 算してみると-6.2~5.2kg/m²となる。この場合の、標 準偏差を見てみると、3.05となり、大きなバラツキと しては感じられない。

LVLの性質上、心材と辺材が混在するために、もう少 しバラツキが発生する事が懸念されていたが、薬剤固定 量としては、バラツキが少ないと言えるのではないか。

また、積載することにより、積載時の中心部分での注 入量の不足が懸念されたが、規則性は見られなかった。 積載による場所的なファクターは考慮しなくても良いの ではないかという結果となった。

#### 2-4-2. 長さ方向の薬剤注入量の測定の結果

減圧・加圧注入処理を行った24本の処理材のうち、 A6、C3、C4、D1 の 4 本について、一方の端部より 100mm毎にカットし、重量を測定した(39 カット)。 薬剤注入量を求めるため、減圧・加圧含浸処理を行った 直後にカットした。

また、比較的薬剤注入量の少なかった D6 に対しても、 一方の端部から600mまでの6カット、センター部分の 6カット、逆の端部の6カットの合計18カットの重量 を測定した。

薬剤固定量に関して、試験体A6では、118~135 kg/ mੈ、C3 で は 119  $\sim$  131 kg/ mੈ、C4 で は、116  $\sim$ 134 kg/m, D1 では  $114 \sim 123 \text{kg/m}$ , D6 では、112 ~ 123 kg/mの結果となった。

カット品の薬剤固定量の平均値などを、図7-3に示す。

No.	平均値	平均値からのブレ		標準偏差	信頼区間(95%)
	kg/m³	max kg/m³	min kg/m³		
A1	123.18	11.58	-5.03	2.93	0.93
C3	123.10	8.19	-4.35	2.40	0.75
C4	122.15	12.25	-6.29	3.90	1.22
D1	117.75	5.47	-4.21	2.36	0.74
D6	116.58	8.11	-3.86	3.27	1.51

図 7-3. カット品の理論注入量

また、各個体の薬剤固定量のグラフを、図 7-4 に示す。 図 7-4 で解るように両端部で平均値よりも多めに注入さ れる現象が見られるが、端部より500mm内部を見ると比 較的安定しているように見える。

この結果より、長さ方向中央部での薬剤量の不足は見 られないと考える。

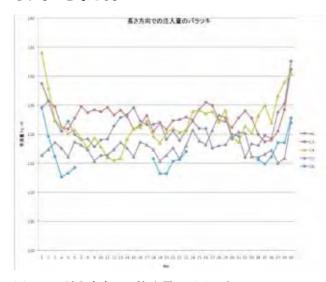


図 7-4. 長さ方向での注入量のバラツキ

#### 3. 模型箱試験

試験機関は、一般社団法人日本建築総合試験所とした。 準不燃試験のため、10分間加熱で行うが、今回はデー タ取りと言うことで、20分の加熱試験を行った。その 結果を図.5.6.7 に示す。判定方法は、①10分間後の総 発熱量が 50MJ/㎡を超えないこと (火源からの寄与分 20MJを含む)。②10分間、防火上有害な裏面まで貫通 する亀裂や穴がないこと。③10分間、最高発熱速度が 10 秒以上連続して 140kW/m を超えないこと。 の 3 点 である。

#### 4. 塗装の検討

#### 4-1. 塗布量

実際に施工の際には、LVL表面に何らかの塗装を施す ことが考えられ、その塗装が燃焼性に大きく影響してく ることが考えられる。ここでは、難燃剤処理した LVL に塗装を施し、その塗装による燃焼性能の影響を検証し

試験体は、2.3長さ方向の薬剤注入量の測定の際にカッ トした C3 を使用した。

塗料は、一般的なウレタン塗料1種類、不燃塗料2種 類 (不燃塗料 A、不燃塗料 B)、無機塗料 1 種類の計、4 点を使用した。それぞれ仕様に則った塗布方法にて、試 験体を作成した。(図 7-5)

No.	タイプ	下塗り g/m <sup>2</sup>	中塗り g/m²	上塗り g/m²
C3-5	未塗装			
C3-6	87.4.1 A 1 30.44	400		
C3-7	一般ウレタン塗料	100	100	80
C3-8	不燃塗料A		***	
C3-9	小粉室科A		100	80
C3-10	77.44.00.01.0		***	
C3-11	不燃塗料B		100	80
C3-12	無機塗料		100	80
C3-13	加加里科		100	80

図 7-5 塗料の塗布量

#### 4-2. CCM 試験

株式会社東洋精機製作所 コーンカロリーメータ C 3 を使用し、10分間加熱を行った。

判定方法は、① 10 分間後の総発熱量が 8MJ/㎡を超 えないこと。②10分間、防火上有害な裏面まで貫通す る亀裂や穴がないこと。③10分間、最高発熱速度が10 秒以上連続して 200kW/㎡を超えないこと。の 3 点であ

No.	917	## f	The common of th	総免額量 MLV=2	最高免除速度 VM/mZ
C3-5	未塗装	175.45	30.00	2.75	7.49
C3-6	一般ウレタン差料	176.73	29.75	4.53	62.45
C3-7	一般ワレタン面料	174, 43	29,50	4.83	91.25
C3-8		173.82	29.50	1.30	3.89
C3-9	不愿意料A	169.99	29.50	1.85	10.77
C3-10	-	171.93	29.55	3.05	40.57
03-11	不燃塑料8	173.60	29.70	2.93	25.56
C3-12	無機塗料	171.72	29,72	2.01	15.85
C8-13		175, 87	29.70	2.55	6.70

図 7-6 CCM 試験 (結果)

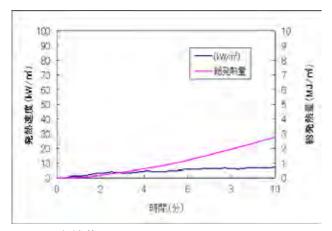


図 7-7. 無塗装品

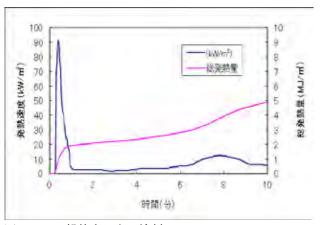


図 7-8. 一般的ウレタン塗料

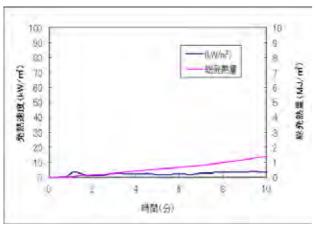


図 7-9. 不燃塗料 A

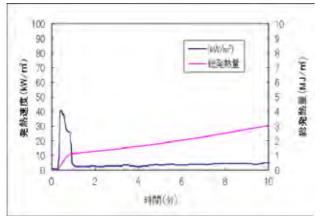


図 7-10. 不燃塗料 B

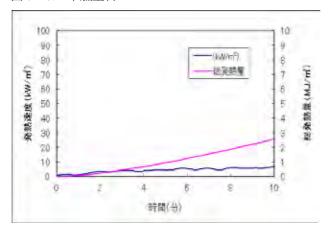


図 7-11. 無機塗料

#### 4-3. CCM 試験結果

図 7-6 で示すように、表面に施す塗料の種類によって、 総発熱量が異なってくる。

特に、一般的なウレタン塗料 (図 7-8) の場合、試験開始直後から表面に着火が見られ、その為に、総発熱量も他の塗料に比べ高くなる傾向にあった。しかし、総発熱量の基準値である 8MJ/㎡を大きく下回っており、最高発熱速度もかなり下回っているという結果となった。また、有害なる変形なども見られなかった。

不燃塗料 (図 7-9、図 7-10) や無機塗料 (図 7-11) に関しても、試験開始直後や終盤に着火が見られた試験体もあったが、総発熱量は、未塗装の総発熱量と大差はなかった。

#### 5. 考察

今回の試験では、30mm厚のLVL製品を今回の条件で減圧・加圧注入処理を行った場合、薬剤固定量として平均値120kg/㎡が得られることが解った。

今回、長尺での比重を元に初期比重を計算している為、 カットサンプルごとの正確な重量計算値は得られていな いが、カットサンプルの比重が一定であったと仮定した 場合、多少のばらつきは見られるものの、大きく変動す ることは無いと考える。

模型箱試験によって準不燃性能を検証した結果、発熱 量的には準不燃の規格をクリヤーする性能が見られ、ま た、燃え抜けなどの防火上有害な変形も、接合部位の構 成を考慮することによりクリヤーできると考える。

表面塗装については、それぞれの塗料の仕様に則った 塗装であれば、準不燃規格を外れるようなことは無いと 考える。これらの実験を元に、一般的なウレタン塗装を 施した薬剤注入 LVL を使用し、模型箱試験を行った結 果、準不燃性能であることが検証された。

#### まとめ

本事業では、LVL を建築物の壁・天井の仕上げ材に 自由に使用できるよう、建築基準法の内装制限で要求される性能のうち、もっとも汎用性の高い「準不燃材料(10分間激しく燃えない材料)」の開発を目指した。

不燃化の処理方法は、製品含浸タイプとし、それらの 発熱特性を知るために、コーンカロリーメーター試験及 び模型箱試験を実施した。

また、H26 年度に製品含浸タイプで処理した 30mm 厚の製品で、日本建築総合試験所にて準不燃材料の国土 交通大臣認定取得のための性能評価試験を実施し合格した。日本建築総合試験所による性能評価書をもって国土 交通省に大臣認定を取得した。

以下に、それぞれの技術開発で得られた知見の概要と、 国土交通大臣認定取得タイプの仕様の概要を示す。

#### 1. 開発で得られた知見の概要

1-2.② 製品含浸タイプ

- ・LVL 製作後に難燃薬剤(主成分:リン酸グアニジン系) を平均 122kg/㎡加圧含浸した場合、準不燃材料以上 の性能を確保できる(模型箱試験にて性能確認)
- ・LVL 製品への難燃薬剤の加圧含浸であっても、長さ方 向の注入ムラを比較的押さえられる可能性がある。ただ し、同じ注入量であっても発熱速度にバラツキ出ること がある。

#### 2. 準不燃材料の国土交通大臣認定取得タイプの仕様

1の技術開発の成果に基づき、製品含浸タイプで準不燃材料の性能評価試験(模型箱試験による)を実施し合格した。日本建築総合試験所による性能評価書の内容については別途お問い合わせ頂きたい。

#### 3. 今後の課題

3-1. 単板内の難燃薬剤の断面分布・平面分布の把握

発熱特性を把握するために必要な難燃薬剤の断面的・ 平面的なバラツキを把握する。なお、単板含浸の場合の 断面的なバラツキについては単板厚が 3mm程度であれば ほぼないと考えられる。

- ・節・割れ等が発熱特性に与える影響の定量的把握 節や割れ等の弱点は発熱量が増大する原因になるた め、単位面積あたりの弱点をコントロールする必要があ る。弱点ごとに、発熱特性を系統的に把握し、製品管理 に反映させる。
- ・薬剤処理後の製品加工方法の検討

薬剤処理後の木材を切断、加工する場合、薬剤が刃に 与える影響が小さくないため、適切な加工装置を検討す る

可燃材料である木材を難燃化する技術は、昔から様々な方法が提案されているが、燃えるものを燃えないようにするのはそう簡単なことではない。しかし、本事業では LVL の製造方法や意匠性を考慮した適切な処理方法に関して、よい見通しが得られ、一部の方法で準不燃材料の実用化を行った。

今後も、市場の意見を聞きながら、引き続き技術開発 を進めていきたい。

#### column:

#### 「燃えないこと」と「燃え抜けないこと」 /桜設計集団 安井昇

木材は「可燃物」である。そのため、外部から加熱 を受けて、適当な口火があると着火し燃焼する。「燃え ること=悪いこと」と考えられている節があるが本当に そうだろうか。

建築物には、木材以外にも、壁紙やシステムキッチン、 洗面台、ソファー、ベッド、衣類、書物など、たくさん の「可燃物」が存在する。これらについては必ずしも建 築基準法で規制されているわけではないので、燃えるこ とは仕方なしとされている可燃物と、燃えることに制限 を加えている可燃物がありそうである。

建築物に存在する「可燃物」を大別すると、(1) 構造躯体—柱、はり、外壁、床など、(2) 内装—壁、床、天井の仕上げ材、(3) 収納可燃物—システムキッチン、ソファー、家具、書物などとなる。(3) の収納可燃物は、主に居住者・使用者が持ち込むもので、これらを防火的にするのはなかなか難しい。

建築基準法の防火規制では、①居住者・使用者の避難 安全、②建物内及び建物間の延焼拡大防止(最終的には 市街地火災抑制)を中心に種々の規定が設けられている。 ①では、内装材料を制限するなど、出火防止や火災初期 の内装の延焼拡大防止により、人命安全を確保すること にしており、特に延焼経路になりやすい、(2) 内装(特 に壁、天井)の仕上げ材について、燃え拡がりにくいよ うに規制がされている。すなわち、「燃えないことを良」 とした規制である。②では、壁や床が燃え抜けたり、建 物が崩壊すると周囲の部屋や周辺建物に延焼する危険が あるため、構造躯体が容易に壊れない、燃え抜けないよ うに規制がされている。すなわち、「燃え抜けないよ うに規制がされている。すなわち、「燃え抜けないよ

この2種類の要求性能に対して、可燃物である木材で対応しようとすると、まず①については、難燃薬剤(リン酸系やホウ酸系が多い)を木材に加圧含浸し、可燃材料の木材を難燃化したり、木材表面に外部からの加熱を遮り着火温度まで上昇させない塗装(水ガラス系が多い)を施して、難燃材料、準不燃材料、不燃材料等に位置づけることが考えられる。本事業でも、「加圧含新タイプ」「薬剤塗布タイプ」の両方について検討を行っている。難燃化方法、加工方法、経年変化、コストなどが一長一短あるといえる。一方、②については、木材の厚さや太さを大きくし、木材がゆっくりと燃える性質を存分





写真左:LVL壁の加熱実験の様子(非加熱面) 写真右:加熱実験終了後の加熱面の様子

に発揮させることが有効になる。この考えは建築基準法 の準耐火構造柱・はりの燃えしろ設計に導入されている が、簡単にいうと木材を木材で耐火被覆したものである。 構造上必要な断面に火災時に燃えるであろう断面を予め ふかしておくものであり、大変合理的な考え方であるが、 建築基準法では柱・はりにしか導入されていないため、 壁や床で同様の考え方をするためには、個別の大臣認定 が必要である。LVLについては、既往の事業において、 150㎜厚壁(壁式構造)で、外壁の1時間準耐火構造の 大臣認定を取得している。今後、間仕切壁等、バリエー ションを増やしていくことも必要になってくるが、技術 的な課題は少ないといえる。ただ、もう一ランク上の耐 火構造については、火災終了後も部材が壊れないことが 求められており、燃焼が自ら停止することが求められる。 どれだけ部材断面を大きくしてもゆっくり燃えてなくな るまでの時間を稼げるだけで、自ら消炎するわけではな いため、前述の難燃化技術と組み合わせて、燃焼が自ら 停止する (燃え止まる) 仕組みをつくる必要がある。こ の耐火構造については、集成材では様々な試みがされて おり、今後 LVL でも単板を貼り合わせて部材をつくる という製造方法や特徴を考慮した手法での取り組みを進 めていく予定である。

#### column:

### 内装材としての LVL の可能性

/山代悟+ビルディングランドスケープ

私たちビルディングランドスケープは、LVL 積層面の意匠性の可能性を様々な形で展開し、新築の建築から仮設の構造物、内装など7つの実施プロジェクトでLVLを使用してきました。積層面のもつユニークな表情が自然の木材では得られないものであること、地域材をつかったものの製作が可能であること、B材や間伐材などからも製造可能なことなどがその大きな理由です。またこのような特徴は専門家だけでなく、クライアントやユーザーにもアピールするものであることが各プロジェクトの打ち合わせの過程から分かってきました。

しかしながら LVL という素材への認知度は専門家の中では徐々に高まってきているとはいえ、クライアントやユーザーのなかではまだまだです。これまで多くの場合構造材や下地材として見えない部分で使われたり、比較的使用が容易な個人住宅の中で主に利用されてきたLVLを、公共的な空間の中で積極的に利用していくことでユーザーに認知され、使いたい素材、として覚えてもらうことが重要です。そのためには構造材としてだけではなく、内装材として使用していくことを積極的に考える必要があります。

LVLなど木材を公共空間内装材として使用する際には 内装制限などの条件をクリアする必要があり、まだ一般 化しているとは言えませんが、ここで二つの実例を紹介 したいと思います。

#### ■静岡県清水港のレストラン「はとばキッチン」 「はとばキッチン」は約 440 平方メートルのビュッフェ レストランとフリースペースからなる複合スペースで

す。清水港のヨットバーバーに面して立地する大型複合施設「エスパルスドリームプラザ」の一階スペースのリニューアルの一環として計画されました。静岡県産の檜や杉をつかったLVLで箱形を約300個つくり、それが積み上げられるようなデザインとしています。今回のような大型商業施設



の内装材として LVL を使用する場合、無窓居室であったり、大型商業施設独自の安全基準のため、天井を不燃・準不燃材を使用しても、不燃処理をしていない木材を使用することは困難です。今回の場合は有窓の環境であったことと、施設側から家具的な要素であることが認められ使用可能となりました。

#### ■島根県出雲大社参道の観光交流施設「神門通りおもて なしステーション」

「神門通りおもてなしステーション」は出雲大社の参道・神門通りの交差点に面した古い店舗併用住宅を新しいデザインによって生まれ変わらせるプロジェクトです。インテリアの壁には島根県産の杉を使ったLVLを使用し、東側のLVL壁面に凹凸を設け、それをたよりにしてチラシやはがき



等をレイアウトすることができるようデザインしました。 LVLの積層面は押しピンなども使用可能であることが施設 使用者に好評です。

外観は神門通りの修景計画にのっとった伝統建築の姿に 修景し、仕上げ材には焼き杉を用いることで、一階のガラ ス開口部とそこから見える明るい LVL の色彩とコントラ ストをつけています。

今回は法規制もゆるやかで小規模な施設であったため LVLの使用が容易でした。LVLの準不燃化によって、教育施設、展示施設、観光施設などより大規模な公共空間であっても使用可能になることは、大きな可能性です。今回のこの小さな公共施設は LVL の内装材としての可能性を示していると考えます。

いずれのプロジェクトでも、地域材を使用できるという部分は意義深いものとして理解され、コストのきびしいプロジェクトではありましたが、コスト調整の議論の対象とはならなかったのは印象的でした。今回は不燃化の実現していないなかで使用可能であった実例を紹介しましたが、準不燃化によって様々な公共空間のLVLが使用されることで、内装材としてのLVL、ひいては仕上げをかねた構造材としてのLVLの認知が高まることを期待しています。

### 石膏ボード等による LVL 耐火構造の開発

1 開発の目的・背景

2 開発概要/構造部材紹介

3 開発部材1:1形ジョイスト1時間耐火構造床

4 開発部材2:I形 LVL 合わせ梁1時間耐火構造床

5 開発部材3:ストレストスキンパネル30分耐火構造屋根

この章は、平成 26 年 11 月に発行した「LVL 防耐火材料開発研究ブック -LVL 耐火建築物・準耐火建築物編 - 耐火・準耐火構造部材開発」を再編集したものです。

LVL 防耐火材料開発研究ブック -LVL 耐火建築物・準耐火建築物編 - 耐火・準耐火構造部材開発は、平成 25 年度千葉県森林整備加速化・林業再生基金のうちの開発事業を受けて、株式会社キーテックを中心として LVL(単板積層材)の耐火部材、準耐火構造部材の大臣認定取得を目指して取り組んだ開発研究の概要をまとめたものです。

# 開発の目的・背景

2000年の基準法改正で木造でも耐火建築が実現できるようになり、多層木造建築としては2004年に一般被覆型の枠組壁工法を用いた3階建て、2005年には鋼材内蔵型部材を用いた5階建てビルが建設されてから10年が経過した。現在では、枠組壁工法による耐火木造建築は2500棟を超えるとともに、3種類目の木質系耐火部材である「燃えどまり型」耐火部材を用いた木質系耐火建築も実現した。

これらは、木質系耐火部材の開発が継続的に行われ、建物を構成するすべての部位が一通り出揃ったことにより実現できたものであるが、これまでの部材開発は、木質系耐火構造の第1ステージとして要求性能を満足させることが絶対条件であり、鉄筋コンクリート造や鉄骨造と同じような性能の建物が「木造でもできる」を目指していて、必ずしも木造建築に理想的な最終形状になっているとはいいきれない。要求性能を満足することがようや

くできた段階で、施工性や意匠性、経済性などの要素を 考慮した改良がおこなわれ続けている。一見、同じよう な木質系耐火部材でも、使用される木質材料(LVL、集 成材、構造用製材)や樹種の違い、部材寸法、工法(納 まり)の違いが別の大臣認定が必要とされるため、開発 は容易ではない。しかし、木質系耐火構造が迎えた第2 ステージでは、要求性能を満足させるだけでなく、「木 造だからできる」という魅力的な木造建築を生み出して いかなければならない。

そこで本研究では、現在、大臣認定を取得しているさまざまな木質系耐火部材、準耐火部材を俯瞰することにより、技術開発の状況を再認識するとともに、今後建築される木造建築を想像しながら整備すべき部材を明らかにするとともに部材開発を行うこととしており、新たな都市木造の実現の一助になることを期待している。

東京大学生産技術研究所 教授 腰原幹雄

# 

#### ■開発概要

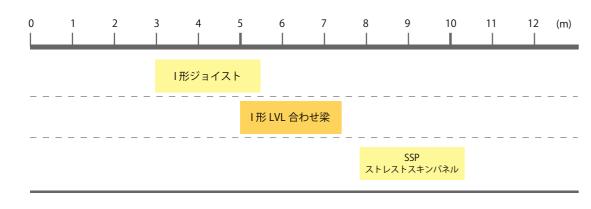
木造建築のための耐火部材は数多く存在しているが、新しく開発された部材や特殊な材料はまだ使用出来る範囲が狭い。 そのため、近年注目を浴びている LVL の I 型横架材やストレストスキンパネル、壁式構造に適合している高耐力厚板パネルの 1 時間耐火及び 1 時間準耐火構造を目指した。

本事業では、試験体を製作して耐火試験をはじめとする一連の検証実験を行って、LVL 耐火構造部材を開発した。具体的内容としては、LVL 厚板の耐力壁や間仕切壁の開発、不燃薬剤を注入した LVL を木質耐火被覆材として利用した耐火構造材の開発及び強化石膏ボードを燃え止まり層とするメンブレン型耐火構造材の開発である。

そして、これらを柱・梁・床として組み合わせて、1時間耐火性能の実現を目指した。

#### ■構造部材スパン比較表

・スパン表 [床梁]



#### ・スパン表 [屋根梁]



※梁強度、メンバー、構造規模等によってとばせるスパンは異なります。詳細な構造設計についてはお問い合わせください。

#### ■構造部材紹介:

#### 1, I 形ジョイスト

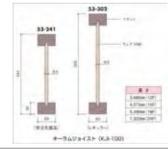


#### 【特徴】

I 形ジョイストは、フランジ部分に LVL・製材等、ウェブ部分に面材を使用して接着 組立された木質構造材料です。また断面効率の良い形状となっているため、同程度の 曲げ性能を持つ製材品に比べ軽量で施工性に優れています。長尺の垂木、根太に適し ており、梁せいの大きな床根太を利用する枠 M 組壁工法住宅で主に使用されています。

#### 【使用箇所】

主として小梁、根太、垂木 枠組壁工法の端根太や側根太として用いることも できます。



#### 2, I形 LVL 合わせ梁



#### 【特徴】

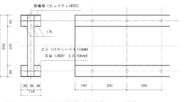
スパン7 P (6370mm) 以上を飛ばせる軽量な梁・垂木です。 継ぎ目の少ないLVLとI形断面で高い曲げ性能を持ちます。 配管・ダクトの孔あけができ、天井高を確保できます。

#### 【使用箇所】

主として小梁、根太、垂木 軸組工法・枠組壁工法・S 造や RC 造の端根

軸組工法・枠組壁工法・S造やRC造の端根太 や側根太として用いることもできます。

#### 断面寸法 幅114mm× 梁せい356mm



87

38mm厚のLVL5枚を接着ビス接合して一体化

#### 3, ストレストスキンパネル



#### 【特徴】

梁部材で枠組みしたウェブの上下面に、面材を留めつけて一体化することで面外曲げ モーメントに対する効率化を図った組立梁です。

小梁の少ないフラットスラブ空間を作るのに適した木造ボイドスラブ構造であるため、主に非住宅建築などの比較的スパンの大きな床スラブを、天井高を確保しながら 構成する場合などに有効です。

#### 【使用箇所】

木造・S造・RC造の大規模建築物における長スパンの構造用床・屋根用パネル

#### 4, 木層ウォール (LVL 厚板)



#### 【特徴】

木層ウォールは、自然の木が本来持つ性能を生かし、LVL に厚みを持たせることで、 構造性能、防耐火性能を満たす、新しい木質外壁構造部材です。

LVL の大型厚板面材を利用することによって、高性能な厚板壁構造を実現することができます。

高性能な厚板壁を用いることによる、設計の自由度の向上や意匠的に優れた開放的な 室内空間構成が可能です。

#### 【使用箇所】

外壁(厚板耐力壁、耐震壁)

### 開発部材1: | 形ジョイスト1時間耐火構造床

(断熱材あり、なし)

#### ■概要:

LVL が主要部材として使われている横架材は I 型ジョイ ストと I 形 LVL 合わせ梁が一般的に床材又は丸木とし て用いられている。しかし、省令準耐火には対応してい るものの、耐火建築物に適応させるためには1時間耐 火床の大臣認定を取得する必要がある。

この開発では断熱材ありなしによる各2仕様の1時間 耐火床の性能評価試験を実施した。

断熱材あり・なし仕様とも性能評価試験で求める基準を クリアし大臣認定を取得した。

#### ■試験:

床の耐火試験は試験体となる床構造体を水平床試験炉 に設置し底面(下階の天井面)から1時間直接加熱後、 試験体を加熱時間の3倍の時間の間放置し内部温度や 余熱による試験体の炭化状況等を確認しながら、加熱面 を解体し評価を行う。合格基準として、試験体の内部に 火が回ったかを確認し炭化が確認されないと合格とされ

試験は通常床面と天井面両方加熱する事になるが、本試 験では両方同じ仕様であったため床面加熱が免除され た。



写真 8-1. 水平型耐火試験炉の上に床試験体をのせ、積載荷重を かけながら床下面から加熱する



写真 8-2. 加熱が終わった床下面の板面の状態を確認



写真 8-3. 試験体合否判定の様子

#### ■主な認定仕様:

・根太から天井被覆材を吊る場合(断熱材あり)

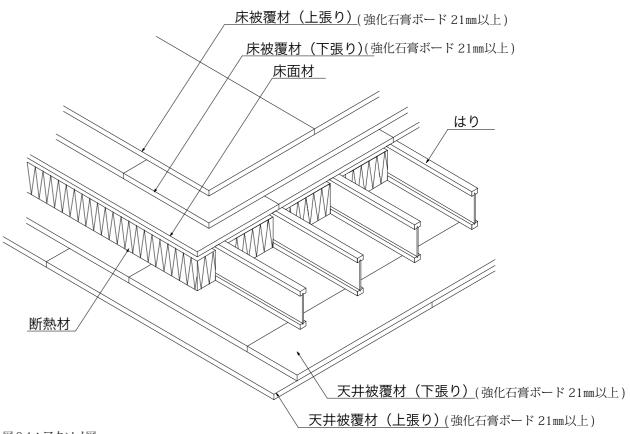
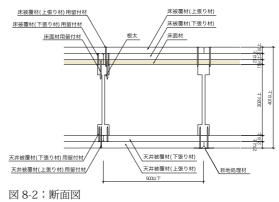
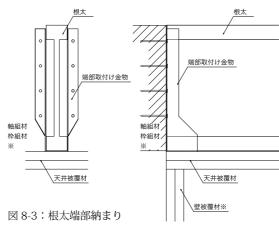


図 8-1:アクソメ図





※詳細については、「LVLによる耐火構造・準耐火構造マニュアル」をご参照ください。

#### [部材仕様]

- ・根太:国土交通大臣認定:MWCM-0017 フランジ 53 × 35 mm ウェブ 9.5mm
- ・断熱材:人造鉱物繊維断熱材 グラスウール ロックウール 厚さ 250以下 密度 32kg/m3以下
- ・天井・床被覆材 (上・下):強化せっこうボード 21㎜ 2枚張り
- ・床面材:15mm 構造用合板類
- 野縁:造作用製材、集成材、単板積層材、枠組壁工法構造用製材等 断面寸法 38 × 45mm以上、取り付け間隔 500mm以下
- ・吊り木:造作用製材、集成材、単板積層材、枠組壁工法構造用製材等 断面寸法 38 × 45mm以上、取り付け間隔 1000mm以下
- ・留付材(せっこうボード):せっこうボード用くぎ、シージングインシュ レーション ファイバーボード用くぎ、木ねじ、ステンレス又は鉄鋼(防 錆処理をしたもの)、タッピンねじ
- ※詳細については大臣認定書参照下さい。

※断熱材なしの場合は、上記の断熱材部分をなくした仕様になり

89

※上記の仕様の他に吊り天井方式も可能です。 詳細な納まりはお問い合わせ下さい。

8.4

### 開発部材 2:1形 LVL 合わせ合梁 1 時間耐火構造床 (断熱材あり、なし)

#### ■概要:

LVL が主要部材として使われている横架材は I 形ジョイストと I 形 LVL 合わせ梁が一般的に床材又は丸木として用いられている。しかし、省令準耐火には対応しているものの、耐火建築物に適応させるためには 1 時間耐火床の大臣認定を取得する必要がある。

この開発ではキーラムメガビームの断熱材あり、なしに よる各2仕様の1時間耐火床の性能評価試験を実施し た。

断熱材あり・なし仕様とも性能評価試験で求める基準を クリアし大臣認定を取得した。

#### ■試験:

床の耐火試験は試験体となる床構造体を水平床試験炉に設置し底面(下階の天井面)から1時間直接加熱後、試験体を加熱時間の3倍の時間の間放置し内部温度や余熱による試験体の炭化状況等を確認しながら、加熱面を解体し評価を行う。合格基準として、試験体の内部に火が回ったかを確認し炭化が確認されないと合格とされる。

断熱材あり・なし仕様とも性能評価試験で求める基準を クリアし大臣認定を取得した。



写真 8-4. 組立中の試験体



写真 8-5. 試験終了後、試験体を水平型耐火炉から外す様子



写真 8-6. 床躯体の中に火が回って炭化してないかを確認する。

#### ■主な認定仕様:

・野縁で天井被覆材を吊る場合 (野縁が小ばりと直交する場合/断熱材あり)

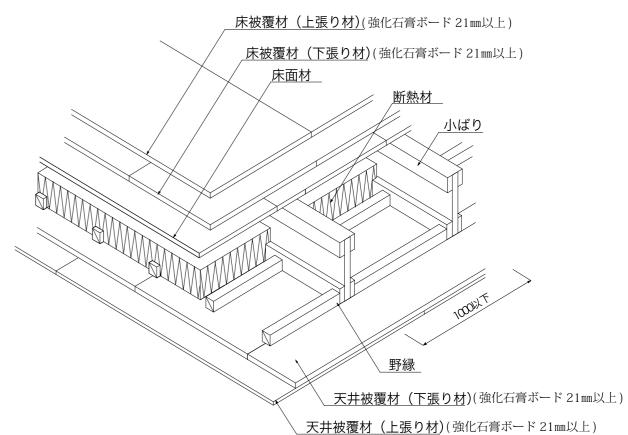
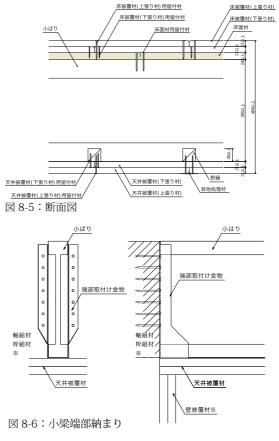


図 8-4:アクソメ図



※詳細については、「LVLによる耐火構造・準耐火構造マニュアル」をご参照ください。

#### [部材仕様]

・根太:幅38×高さ356,450,500,550,600mm

フランジ:構造用単板積層材 幅 38 × 65mm

・フランジ - ウェブ接続部用留付具:ステンレス又は鉄鋼

間隔 200以下 取付け間隔 1000以下

・断熱材: 人造鉱物繊維断熱材 グラスウール ロックウール厚さ 250以下 密度 32kg/m3以下

・天井・床被覆材 (上・下):強化せっこうボード 21mm 2 枚張り

·床面材:15mm 構造用合板類

・野縁: 造作用製材、集成材、単板積層材、枠組壁工法構造用製材等 断面寸法 38 × 45mm以上、取り付け間隔 500mm以下

・吊り木:造作用製材、集成材、単板積層材、枠組壁工法構造用製材等 断面寸法  $38 \times 45$ mm以上、取り付け間隔 1000mm以下

・留付材 (せっこうボード): せっこうボード用くぎ、シージングインシュ レーションファイバーボード用くぎ、木ねじ、ステンレス又は鉄鋼 (防錆 処理をしたもの)、タッピンねじ

※詳細については大臣認定書参照下さい。

※断熱材なしの場合は、上記の断熱材部分をなくした仕様になります。

91

※上記の仕様の他に吊り天井方式も可能です。 詳細な納まりはお問い合わせ下さい。

### 開発部材 3:ストレストスキンパネル 3 0 分耐火構造屋根 (断熱材あり、なし)

#### ■概要:

垂木としてよく用いられている LVL 及びストレストス キンパネルを耐火部材として用いるためには屋根構造に おいて室内部の天井面を30分間加熱及び加熱時間の3 倍の時間の間放置する試験方法を用いて性能評価及び大 臣認定を取得する必要がある。試験は床試験と同様、水 平炉で行った。

#### ■試験:

試験体には特別な材料は施工方法を用いること無く大 工経験をした人であれば施工出来るようなシンプルな仕 様を採択し、工場生産にも適合しているストレストスキ ンパネルも仕様として読めるようにした。

試験の結果、性能評価試験で求める基準をクリアし大臣 認定を取得した。



写真8-7: 試験体の組立の様子



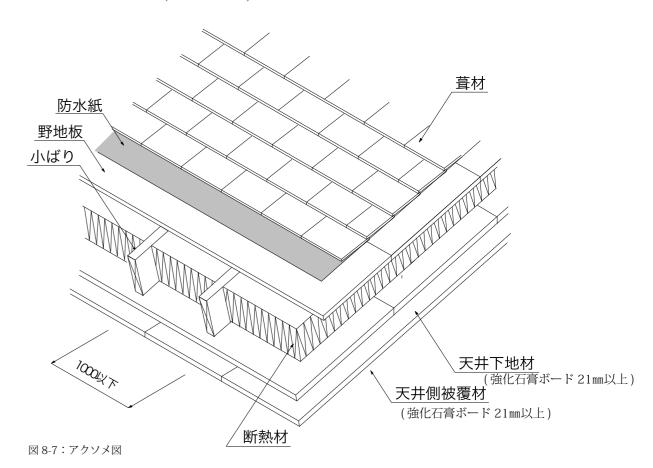
写真 8-8: 断熱材敷き込みの様子

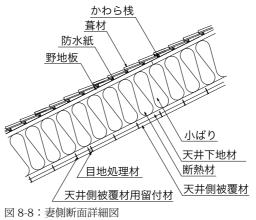


写真 8-9:試験体完成写真

#### ■主な認定仕様:

・屋根葺き材がかわら葺きの場合(勾配屋根仕様)





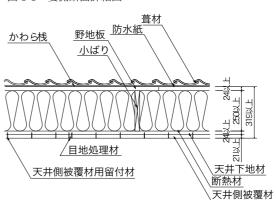


図 8-9: 軒側断面詳細図

※詳細については、「LVLによる耐火構造・準耐火構造マニュアル」をご参照ください。

#### [部材仕様]

• 野馳板:構造用合板、構造用パネル、パーティクルボード、ミディ アムデンシティファイバーボード、厚さ24ミリ以上

#### 構造用単板積層材のみ 27㎜以上

・小はり:構造用単板積層材 断面寸法 30以上×250以上 取付け間隔 1000以下

・葺材:かわら葺き(粘土がわら、プレスセメントがわら)、スレート 葺き(セメント板、天然石)、金属板葺き(塗装溶融亜鉛めっき鋼板、 塗装溶融亜鉛 -5% アルミニウム合金めっき鋼板、塗装溶融 55% アルミ ニウム - 亜鉛合金めっき鋼板、溶融 55% アルミニウム - 亜鉛合金めっ き鋼板、塗装ステンレス鋼板、チタン、銅板)

#### 質量 15 ± 2kg/㎡以下

・裏打材:ポリスチレンフォーム保温板、硬質ポリスチレンフォーム 保温板、フェノールフォーム保温板

・断熱材:人造鉱物繊維断熱材 グラスウール ロックウール 厚さ 250以下 密度 24kg/m3

・防水紙:アスファルトルーフィング、改質アスファルトルーフィング、 ストレッチアスファルトルーフィング、あなあきアスファルトルーフィ ング、高分子系ルーフィング

・留付材:くぎ、木ネジ(留め付ける材料により指定の寸法の物を用いる) ※詳細については大臣認定書参照下さい。

※上記の仕様以外の詳細な納まりはお問い合わせ下さい。

### 準不燃処理 LVL による 耐火構造の開発

1 開発の目的・背景

2 耐火被覆比較表

3 開発概要

4 燃焼実験

この章は、平成 27 年 3 月に発行した「LVL 防耐火材料開発研究ブック -LVL 耐火被覆材開発 -」を再編集したものです。

LVL 防耐火材料開発研究ブック -LVL 耐火被覆材開発 - は、平成 26 年度林野庁委託事業 CLT 等新製品・新技術利用促進事業を受けて、一般社団法人全国 LVL 協会を中心として LVL(単板積層材)の準不燃材料の大臣認定取得を目指して取り組んだ開発研究の概要をまとめたものです。

# 開発の目的・背景

#### ■開発の目的・背景

2014年度には、赤羽の集合住宅(東京都、設計: KUS)、 大分県立美術館(大分県、設計: 坂茂)が竣工し、さまざまな都市木造建築を実際に体験することができるようになってきた。また、耐火木造建築のための1時間耐火の壁(間仕切壁・外壁)については、2014年8月に建設省告示第1399号「耐火構造の構造方法を定める件」に具体仕様が追加され、木質構造でも石こうボードによる一般被覆型耐火部材を一般的に用いることができるようになった。

都市木造は、構造、防耐火の技術の基礎技術の整備がすす んだ現在、第2ステージにはいったと考えることができる。 この第2ステージでは、技術主導であった開発から魅力ある 建物のための技術開発が重要になったことを意味する。これ までの技術開発は、都市を構成する鉄骨造や鉄筋コンクリート造の建物に対して「木造でもできる」を目指していたが、 これからは「木造だからできる」という木造建築の魅力を考 えなければならない。

また、木造建築を都市に建つ建築として考える場合には、 なんでもかんでも木造で建てるという木造純血主義ではな く、適材適所の概念で鉄筋コンクリート造、鉄骨造と横並び になって混構造でも魅力ある建築を考えていく必要がある。

本開発では、この視点にたち、これまで継続的に開発してきた LVL 部材に対して、構造性能、防耐火性能を維持しながら、さらに魅力ある LVL 建築のための部材開発を目指すこととしている。

東京大学生産技術研究所 教授 腰原幹雄



赤羽の集合住宅 (東京都、設計:KUS)



大分県立美術館 (大分県、設計:坂茂)







本事業で開発中の LVL 耐火被覆を、鉄骨造建築に適用した場合のイメージパースを作成した。 地上1~3階建部分(最上階および最上階から数えて5以上14以内の階)は石膏ボード耐火被覆の上塗装仕上げ、 地上4~7階部分(最上階および最上階から数えて4以内の階)は、LVL耐火被覆の現し仕上げで計画。 鉄骨と木材のハイブリッド使用による新しい木質空間の登場を予感させる。





載荷加熱実験終了後の試験体(3.5m木製柱)

敷地面積:1635.794㎡ 建築面積:844.03㎡ 延床面積:4,877.67㎡

延床面積:4.877.67㎡ 構造:鉄骨造 用途:共同住宅・事務所・店舗・診療所 福祉施設・自動車車庫 階数:地上7階 用途地域等:準防火地域 構造規制:耐火建築物 (準防火地域において、地階を除く階数が4以上 または延べ面積が1,500㎡を超える建築物)

# 一 耐火被覆比較表

本章では、木質耐火被覆材の開発状況をそれぞれの性能比較ができるよう表の形で整理している。木質耐火被覆材は便宜上、1:被覆型、2:燃え止まり型、3:鉄骨内蔵型の3種類に大別されているが、開発が進むにつれ従来の区分を逸脱するものも登場している。中でも構造耐力を負担させるタイプの被覆材は厳格な品質管理が要求される為に建築現場での調整が行えない等、施工性の観点からは融通が効きづらいことになる。

こうした状況を踏まえ、本事業では「現場施工可能な木質耐火被覆材」をコンセプトとして開発を進めることとしている。

#### 耐火構造と準耐火構造の具体的な仕様例

#### 1)耐火構造

耐火構造は消防活動によらず火災後も部材が崩壊しない、 燃え抜けないことが求められる。具体的には右図の方策が提 案、実用化されており、方策1(被覆型)がもっとも実例が多い。

#### 2) 準耐火構造

準耐火構造は消防活動によらず火災中(屋根、階段は30分、壁、柱、床、梁、軒裏は45分)は部材が崩壊しない、燃え抜けないことが求められる。

準耐火構造の部材は、被覆型(木材を石こうボード等により 防火被覆する)と木材がゆっくりと燃える性質を工学的に評価 した、燃えしろ設計(柱、梁)や厚板の仕様(壁、床、軒裏、 階段等)で木材をあらわしながら使う、あらわし型がある。

#### ■木造による耐火構造の考え方

燃えしろ厚さの再検討 使用する難燃薬剤の見直しと接着性能の確認

柱・梁の性能評価試験合格

	方策1(被覆型)	方策2(燃え止まり型)	方策3(鉄骨内蔵型)
概要	木構造支持部材	木構造支持部材 [鉛直力] 燃え((木材) 燃え上まり層(不燃木材等)	飲骨 燃え代(木材)
構造	木造	木造	鉄骨造+木造
特徴	木構造部を耐火被覆し燃焼 ・炭化しないようにする	加熱中は燃え代が燃焼し、 加熱終了後、燃え止まり層 で燃焼を停止させる	加熱中は燃え代が燃焼し、 加熱終了後、燃え代木材が 鉄骨の影響で燃焼停止する
長所	◇すでに実用化されている ◇被覆材を選べば樹種が 限定されることはない	◇木材が見える	◇木材が見える
短所	◇木材が見えない	◇製造方法が複雑	◇現時点では材種が限定 される

工法		被覆(メン	ブレン)型		燃え止まり型		鋼材内蔵型
開発者		日本木造住宅産業協会 他	全国LVL協会	竹中工務店 斉藤木材工業	鹿島建設他	耐火木質ラーメン研究会	日本集成材工業組合
形状		<u>心材(木材)</u> 耐火被覆材 (強化せっこうボード)	燃え止まり層 (準不燃LVL) 燃えしろ層 (準不燃LVL)	燃え止まり層 (モルタル・カラマツ集成材 燃えしる層 (カラマツ集成材)	燃え止まり層 (薬剤処理スギ集成材) 燃えしる層 (スギ集成材)	燃え止まり層 側部: 難燃材注入合板 上下部: せっこうポード 燃えしろ層 (スギ集成材)	心材 (角鋼又はH型鋼) 耐火被覆材 (カラマツ又はベイマツ集成材)
構造		木造	木造又は鉄骨造	木造	木造	木造	鉄骨造
	心材	木材(樹種限定なし)	木材(樹種限定なし)・鉄骨	カラマツ集成材	スギ集成材	スギ集成材	鉄骨(H型鋼・角鋼)
部材	被覆層・燃え止まり層	₫  強化せっこうボード	薬剤処理スギLVL	カラマツ集成材+モルタル	薬剤処理スギ集成材	強化せっこうボード、薬剤処理合板	カラマツ集成材又はベイマツ集成材
	仕上材(表面材)	※評価対象外	スギLVL又はなし	カラマツ集成材	スギ集成材	スギ集成材	なし
特徴		準耐火建築物と同様に木部をメンブレン(薄膜) 工法で強化石こうボードを使って被覆するもので、仕上材は内装制限に応じて選択できる。また、H26.8には、外壁・間仕切壁について国土交通省告示化された。	もっとも汎用性の高い強化せっこうボードによる被 覆の代わりに、薬剤処理スギLVLで"現場におい て"、木造や鉄骨造の柱・はりに耐火被覆するもの。	災時に表面材が燃えたのちに、燃え止まり層で燃焼 を停止する。	燃え止まり層に燃焼継続を困難にする薬剤処理木 材を設け、火災時に表面材が燃えたのちに、燃え止まり層で燃焼を停止する。 薬剤処理を一様にするために、レーザー等で小さな 孔をあけて表面積を大きくする、インサイジングによる方法に生物がある	板と強化石こうボードを設け、火災時に表面材が燃えたのちに、燃え止まり層で燃焼を停止する。 H27にはりについて性能評価試験に合格し大臣認定	鉄骨造の周囲を木材で耐火被覆し、木材の燃焼継続を鉄骨の熱容量で停止させるもの。 周囲の木材を水平カ負担や座屈抑制部材として使用することもできる。
事例		3,500棟超(H27.2)	(H28に大臣認定取得目標)	サウスウッド	野菜倶楽部oto no ha café	(H27にはりの大臣認定取得予定)	ポラテック本社ビル
尹忉				大阪木材仲買会館 他数棟	他数棟		大分県立美術館 他数棟
	H16						●柱・梁の大臣認定
	H17	●間仕切り壁の大臣認定					●柱・梁の大臣認定
	H18	●その他必要部位の大臣認定					接合部の確認
	H19	●間仕切り壁の追加認定 ●階段の大臣認定			柱-梁の接合部を確認		
	H20	●柱(独立柱)の大臣認定				梁の燃え止まり確認	
	H21				●柱・梁の大臣認定 柱の2時間耐火性能を確認	柱の燃え止まり確認	
88 5% JL::D	H22	●床の追加認定			柱-梁、梁と天井の確認	林野庁の事業で床と梁を確認	
開発状況	H23	●床の追加認定		●柱・梁の大臣認定		柱-梁、梁-壁、柱-壁の接合部を確認	間仕切り壁、外壁、床との取り合い部の耐火性能の確認 柱-梁接合部の耐火性能の確認
1	H24	●外壁、屋根の追加認定			●柱・梁の大臣認定		

H25

●柱(600角独立柱)の大臣認定

●梁(独立梁)の大臣認定

100

柱梁-壁接合部の耐火性能確認



#### 1) 事業目的

木質材料を建築物の構造方法によらず幅広く使える 技術提案のひとつとして、準不燃性能を持つ単板積層材 (以下 LVL)を用いた耐火被覆材の開発を行った。

LVL は、燃え代設計の対象にはなっているが、建築分野でのシェアは少なく、防耐火性能検証面でのデータの蓄積が少ないため、防耐火部材として活用されていない。本開発事業では、平成24・25年度林野庁補助事業で開発した薬剤を注入する技術を用いる不燃性能を持つLVLで耐火被覆をする1時間耐火柱を開発することで中規模以上の建築物の分野を開拓ができることから様々な建築の木造化に役立つ。被覆をする対象部材としては木材、鉄骨等を計画しており、対象構造を木造だけではなく鉄骨造にも適応させることで都市の木質化及び新たな分野への木材利用拡大が可能とした。

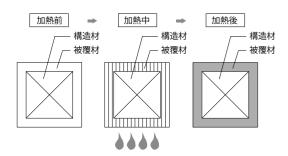


図 9-1. 耐火被覆 (メンブレン) 型構造部材の概念



写真 9-1. 加熱を行った試験体

#### 2) 事業実施内容

#### ① LVL を用いた耐火構造部材の開発

中・大規模の建築物にエンジニアードウッド(LVL、集成材、CLT等)や鉄骨を、耐火建築物用の構造部材として使用するためには、柱・梁等の部材に耐火性能を付与することが必要である。平成25年度林野庁委託事業では、その方法として不燃薬剤を注入したLVLを耐火被覆材として用いながら、高い耐火性能を持つ耐火柱を開発した(図9-1)。この技術を利用することで木造・鉄骨造の構造部材に1時間耐火性能を持たすことを可能とする。被覆材として用いるLVLは国産材・地域産材に柔軟に対応可能な材料である。そのため耐火被覆材として活用することで中層大規模木造建築物への地域産材の需要を拡大させることが出来ると想定される。既存の技術を活用できることで開発することが可能であり、蓄積された情報をもとに安定する耐火部材の製造に関する生産システムや品質管理システムの構築及び整理に関する基礎的な概念が確立されている。

本事業では、今までの開発事業で得られた成果を実際の 建築物に適用するために必要な、防耐火構造部材国土交通 大臣認定を受けるための性能評価試験を受けることや、製 造に関する生産システムや品質管理システムを確立するこ とで、今後新たなマーケットへの国産材の需要拡大の可能 性を図った。

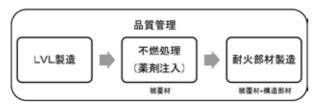


図 9-2. 生産及び品質管理の概念

#### · 薬剤処理板被覆型耐火部材(図 9-3)

薬剤処理板被覆型/構造部材:木材利用(板厚、被覆方法、 目地の処理方法)



図 9-3. 被覆型耐火柱の概念

#### ②LVLを用いる木質耐火被覆材の活用及び検証について

#### ・耐火被覆材:燃え止まり層型(薬剤処理材)

集成材、LVL、鉄骨、コンクリートなどの主要構造材に取り付けた耐火被覆材(LVL)が、火災時ではその遮熱効果で主要構造材への熱の流入を阻止し、火災終了後では被覆材内で燃焼が燃え止まることで主要構造材の強度低下を防ぐことを検討した。

耐火被覆材としては一般的に石こうボードを用いる方法が一般的であるが、近年開発及び大臣認定された準不燃内装材に関連する技術である不燃薬剤を減圧加圧注入することで不燃性能を持たせた LVL を耐火被覆材にする方法を提案した。現在用いられている木質系 1 時間耐火部材と比較して、非常に簡単な処理方法で被覆材を製造することが可能である。また、今までの開発では燃え止まりの仕組みや最小断面厚等については正確に解明されてないことから、試験による詳細な検証を行った。

(ア) 使用する不燃薬剤:多く使われているホウ酸系不燃薬剤ではなく、実験的に性能が検証されたリン酸チッソ系薬剤を用いることでホウ酸系薬剤の短所とも言える白華現象\*\*を抑えることが可能である。

※白華現象:注入された薬剤が使用環境により木材の外に析出する現象であるため、 不燃件能の低下を及ぼす。



写真 9-2. 加熱前の試験体の様子

#### 3) 実証性

#### ・耐火被覆材:燃え止まり層型の品質管理について

不燃薬剤を注入した準不燃 LVL (積層面) については、薬剤の注入分布について今までの開発・研究で安定的に注入されていることを確認することが可能だった。しかし、主な耐火被覆材となる幅広の板目面方向の LVL に関して、薬剤が十分に注入されているかについてはまだ確認されてない。この注入薬剤の分布状況については実大の物で検証を行うことで耐火被覆材となる LVL 及び注入技術に関する品質及び安全性の確認を行った。

今まで開発された準不燃性能を持つ LVL を耐火被覆材と する柱試験体を制作し耐火炉で加熱試験を行うことで耐火部 材の耐火性能を確認及び仕様改良を行った。

予備試験により、必要とされる耐火被覆材の厚さ、耐火被 覆材同士の組み合わせ、目地の形状による耐火性能の確認を 行い、実寸大の1時間耐火柱試験を行うことで、今後の実用 化に向けた性能評価を受けるための仕様の確定をした。

この開発事業で決めた仕様を元に、性能評価を受け大臣認 定を取得することで実用化することが出来るようになる。

また、性能評価の際に求められる薬剤分布等の基礎データ を収集することで、材料の性能及び安全性を裏付けることを 目指した。

#### (イ) 試験及び検討内容

耐火被覆をした構造部材の性能の確認

- ・試験内容:燃え止まり層型構造部材について下記の試験機関において1時間耐火柱試験を行った。
- ・試験機関:独立行政法人建築研究所・性能確認試験、日本 建築総合試験所・性能確認試験、建材試験センター(西日本)・ 性能確認試験

#### 耐火被覆材の厚さに対する性能の検証

- ・試験内容:耐火被覆材として生産した材料を小試験体とするコーンカロリーメーター試験を行うことで、同じ状況上での防火性能の確認をした。
- ・試験機関:日本建築総合試験所・性能確認試験、丸菱油化 工業(株)・比較試験

# 燃焼実験

#### 1) はじめに

現在、木造による耐火構造は、①被覆型、②燃え止まり型、 ③鉄骨内蔵型が提案され、1時間耐火構造について、①~③ すべてで実用化されている。耐火構造は、所定の火災後、消 火によらずに崩壊しない性能を有することが求められる。木 材は着火してもなかなか燃え進まないが、一旦着火すると燃 焼を阻害するものがない限り燃焼しつづけるため、消火をし ない限り、部材が鉛直力支持能力を失い建物崩壊につながる。 そこで、提案されている木質耐火構造は、①はそもそも木材 に着火させないために耐火被覆するタイプ、②及び③は表面 の木材には一旦着火するものの燃焼を阻害する工夫を断面構 成に施して、途中で燃焼をとめるものである。現状、木質耐 火構造を使った木造建築は、約3500棟建設されているが、 そのほとんどが①被覆型であり、もっとも普及している工法 といえる。

この①被覆型で用いられる耐火被覆は、強化せっこうボー ドやケイ酸カルシウム板など不燃系の材料に限られているが、 これら不燃系の材料と同様に現場で施工ができる木質系の耐 火被覆材はほとんど存在しない。そこで、本開発では、「はり」 よりも、独立「柱」のほうが建物内での使用頻度が高いこと を考慮して、まずは「柱」について、1時間耐火構造に相応 しいLVLを用いた木質系耐火被覆材を開発することとした。

なお、検討する構造躯体は、原則として「木造」とするが、「木 造」で見通しがついた仕様について、鉄骨造への流用可能性 について並行して検討することとした。



写真 9-3.

短柱による加熱実験の

試験体と耐火炉の様子



写真 9-4. 1層分の長さの柱による 載荷加熱実験の試験体と様子

#### 2) 耐火実験の進め方

耐火構造の性能を確認するためには、大臣認定取得のため の性能評価試験で用いられる耐火炉等で、1時間加熱後に炉 内で試験体を放置して、構造躯体の非損傷性が確保されるこ とを確認する必要がある。性能評価試験では、柱長さ 3.5 m 程度の実大規模の載荷加熱試験で性能を確かめるが、検討し たい被覆材等のバリエーションが多く、実験装置も限られて いる上、実験費用もかかるため、以下の流れで検討を進める こととした。(検討の流れを図9-4に示す。)

- (1) 被覆材の仕様、加熱面数等をパラメーターとした1m長 さの短柱で1時間耐火構造の性能を確保する見通しを立て る。この際、載荷は行わず、非損傷性に影響する木構造部の 炭化性状を確認した(写真 9-3)。
- (2) (1)の実験で見通しが良かった仕様について、柱長さ約3.5 mの実大試験体を用いた載荷加熱実験(性能評価試験と同じ試 験方法)で1時間耐火構造の性能確認を実施した(写真9-4)。
- (3) また、(1)で見通しが良かった仕様について、構造躯体を 鉄骨造とした場合に耐火被覆材の厚さ、性能をどこまで低減 し、合理化できそうかについても検討することとした。
- (4) 実大載荷加熱実験、短柱実験結果より、1時間耐火構造 の被覆として性能を有する仕様の選定と、今後に向けての技 術開発上の課題を整理した。

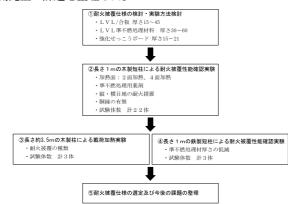


図 9-4. 耐火に関する検討の流れ

#### 3) 耐火被覆仕様の検討

現状、耐火被覆するタイプの木製柱、はりの1時間耐火構 造は、(一社)日本木造住宅産業協会が大臣認定を取得した「強 化せっこうボード 2 枚張り」が代表的である。また、鉄骨造 の耐火被覆としても乾式の場合は、せっこうボードやケイ酸 カルシウム板が使われている。

そこで、本事業では、耐火構造の被覆として、木造、鉄骨 造よらずに、これまで使われてきた、強化せっこうボードに ついて、LVLによる耐火被覆材に置き換えることを目標に 検討を進めることとした。その際、下張り、上張りのすべて をLVLに置き換える場合と、下地に強化せっこうボードを 用いながら表面材にLVLによる耐火被覆を用いる場合につ いて検討することとした(表9-1)。

耐火被覆材の施工においては、現場での施工を考慮して、 LVLや集成材等に仕様される、レゾルシノール樹脂系接着 剤、フェノール樹脂系接着剤、水性高分子イソシアネート樹 脂系接着剤は、現場接着に適さないため使用せずに、木造住 宅の根太ボンド等に仕様されている、「ポリウレタン樹脂系 接着剤」と木ねじで固定することとした。なお、ポリウレタ ン樹脂系接着剤は熱可塑性のため、高温になると接着力が低 下するという弱点がある。そのため、木ねじで機械的に固定 することを前提として、接着剤は補助的な役割として使用す ることにした。

表 9-1. 既存の被覆型大臣認定仕様と 本事業での耐火被覆材の仕様の検討

1 3.514 - 10.00 - 10.00					
	柱	耐火被覆材(単位:mm)			
	f±	下張り	上張り	総厚	
他社の耐火構造大臣認定仕様	木製	強化せっこうボード厚21	強化せっこうボード厚21	42	
検討仕様1(準不燃LVLのみ)	木製	準不燃LVL厚50~60 50		50~60	
検討仕様2(準不燃LVL+LVL)	木製	準不燃LVL厚30~45	LVL/合板 厚15~45	60~75	
検討仕様3(強化せっこうボード+LVL)	木製	強化せっこうボード厚15~21	LVL/準不燃LVL30~45	45~66	

また、本事業で使用した木材の難燃処理薬剤は以下の1) ~3)の3種類である。

- 1) 丸菱油化工業社製 ノンネンW 200 (以後、W200 と呼ぶ) (主成分:リン酸グアニジン系、有効成分20%となるよう に加水) 目標注入量:120~130kg/m3
- 2) 丸菱油化工業社製 ノンネンW 2-50 (以後、W2-50 と呼ぶ) (主成分:リン酸カルバメート系、有効成分20%となる ように加水) 目標注入量:120~130kg/m3
- 3) オーシカ社製 TX-495 (以後、オーシカ製と呼ぶ) (主成分:ホスホン酸化合物、有効成分20%となるように 加水) 目標注入量: 120~130kg/m3

#### 4) 実験方法の検討

火災時に柱は4面から加熱を受ける。その際、出隅は隣り 合う2面からの加熱を受けるため、温度が上昇しやすく耐火 上の弱点になりやすい。そこで、まずは耐火被覆材の基本的 な被覆性能を把握するために、出隅の隣り合う2面加熱の影 響を排除した、表裏の2面加熱を受ける試験体(以後、2面 加熱と呼ぶ)を用いた実験から始めることとした。

2面加熱の試験体を1時間加熱しその後炉内で放置し、柱 の非損傷性の低下につながる構造部分(荷重支持部)の燃焼・ 炭化の有無の確認を行った(図9-5①)。この2面加熱の実 験より、一般部(以後、平部と呼ぶ)の耐火被覆性能につい て見通しがついた仕様について、すべての面が加熱を受ける 試験体(以後、4面加熱と呼ぶ)を製作し、平部に加えて出 隅部の被覆性能について検討した(図9-5②)。

4 面加熱で見通しがついた仕様について、約3.5mの試験 体を製作し、柱断面に長期許容応力度に相当する荷重を載荷 しながら1時間加熱し、その後、炉内で放置して構造部分(荷 重支持部)が燃焼せず、非損傷性を確保できることを確認し た(図9-53)。あわせて、木製柱の4面加熱で見通しのつ いた仕様について、躯体をH鋼として、鉄骨造への耐火被覆 の流用可能性について短柱の加熱実験で見通しをつけること とした。

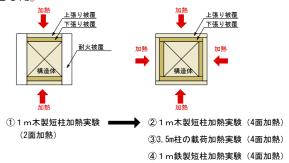


図 9-5. 実験での加熱条件の設定

### 5) 長さ 1 mの木製短柱による 耐火被覆性能確認実験

#### 5.1 2面加熱

耐火被覆材の基本的な被覆性能を把握するために、防耐火 上弱点となりやすい、隣り合う面から同時に加熱を受ける柱 の出隅の影響を排除した試験体を用いた1時間の加熱実験 を行った。主な実験パラメーターは、①耐火被覆材構成(表 9-2、3)、② LVL 用の難燃薬剤種類 (表 9-4)、③目地の有無 (表 9-5) である。

#### (1) 実験方法

ISO834標準加熱曲線に準じた1時間加熱を行った。その 後、試験材内部の温度が下降傾向を示すか、試験体の燃焼に より実験継続が困難になるまで炉内で放置冷却した。

105

試験体は、耐火炉内に3~6体設置し、同時に加熱する こととした。

耐火性能の評価は、耐火被覆材と構造体の木材間の温度が 概ね 260℃を越えず、すべての測定点の温度が下降傾向にあ ることと、目視にて構造体に燃焼痕がないことにより行うこ ととした。

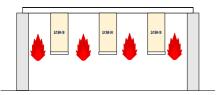


図 9-6. 水平炉を用いた 1 時間耐火構造 性能確認実験の試験装置概念

#### (2) 試験体

試験体は長さ1mとし、構造体のスギLVLまたはスギ集成材の向かい合う2面を表9-2~5のような耐火被覆材で被覆した。耐火被覆材の設計においては、1時間加熱終了後に、上張りの耐火被覆材の可燃物がほぼ消失すれば、加熱終了後は下張りの準不燃処理したLVLまたは強化せっこうボードで燃焼を停止し、構造躯体の燃焼を阻止できると考えた。

耐火被覆材の留め付けは、現場で施工可能とするために、 ポリウレタン系樹脂接着剤と木ねじで留め付けた。木ねじの ねじ頭の熱橋の影響を低減するために、深さ 30mm 以上埋 め込み木栓をした。

表9-2. 2面加熱に用いる試験体①(被覆材構成の異なる組合せ)表 9-3. 2面加熱に用いる試験体②(①より被覆材の薄い組合せ)

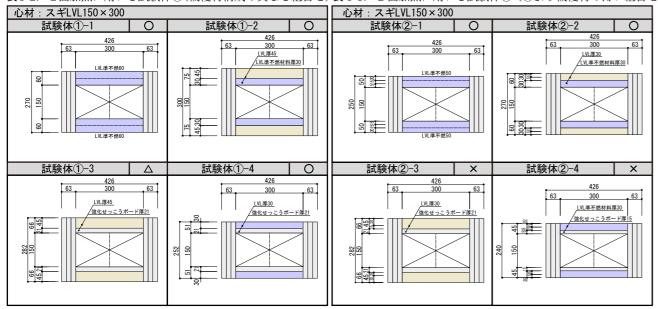
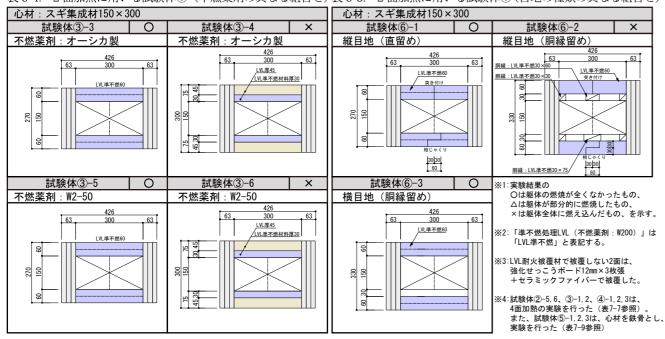


表 9-4. 2 面加熱に用いる試験体③ (不燃薬剤の異なる組合せ)表 9-5. 2 面加熱に用いる試験体⑥ (目地の種類の異なる組合せ)



#### (3) 実験結果及び考察

上張材が準不燃処理していない LVL の場合、厚さが30mm以下(0mmも含む)であれば1時間加熱中に可燃物がすべて燃焼し、その後、放置中に下張材の準不燃処理したLVLで燃焼を停止することが可能であった(実験①-1、実験②-1、実験②-2、実験③-3、実験③-5)。一方で、上張材の準不燃処理していない LVL の厚さが45mm になると、薬剤によっては、燃焼が停止せず構造体が燃焼することがある(実験①-3、実験③-4、実験③-6)。これは、1時間加熱中に上張材が燃焼し、加熱終了後も燃焼・赤熱して、発熱源として残存し、下張材や構造材の燃焼の要因となるためと考えられる。この傾向は特に、下張材が強化せっこうボードの場合に顕著に見られた。



写真 9-5. 加熱中の試験装置全景(左) 写真 9-6. 加熱放置終了後の試験体の様子(右)



写真 9-9. 試験体② -2 炭化状況



写真 9-7. 試験体① -1 炭化状況



写真 9-8. 試験体① -4 炭化状況



写真 9-10. 試験体③ -5 炭化状況



写真 9-11. 試験体③ -6 炭化状況

#### 5.2 4 面加熱

2面加熱で、1時間耐火構造の耐火被覆としての耐火性能 を確認できた仕様について、隣り合う面から2面加熱を受け る出隅も含めて、耐火性能を確認できるように、すべての面 が加熱を受ける4面加熱で実験を行った。

#### (1) 試験体

試験体は2面加熱で1時間耐火構造の耐火被覆としての 耐火性能を確保できた仕様とした。耐火被覆材の留め付け は、現場で施工可能とするために、ポリウレタン系樹脂接着 剤と木ねじで留め付けた。加熱時の木ねじのねじ頭からの熱 橋の影響を低減するために、ねじ頭を上張り表面から深さ 30mm以上埋め込み、木栓をした。また、出隅が防耐火上 弱点となるため、出隅の耐火被覆材が加熱中に開かないよう に、出隅部の木ねじ間隔を狭くした。

表 9-6. 試験体仕様一覧と実験結果概要

	No or maximum secondaring						
試験体名	躯体	耐火	被覆	実験結果			
武場大1年七1	2014 24121k	下張り	上張り	平部	出隅部		
実験②-5	スギLVL150×300	LVL準	不燃60	0	×		
実験②-6	スギLVL150×300	強化PB21	LVL準不燃30	×	×		
実験3-1	スギ集成材150×300	LVL準不燃30	LVL45	×	×		
実験3-2	スギ集成材150×300	LVL準不燃50	LVL15	×	×		
実験4-1	スギ集成材150×300	LVL準不燃45	LVL30	0	×		
実験4-2	スギ集成材150×300	LVL準不燃45	LVL30(出隅意匠)	0	×		
実験④-3	スギ集成材150×300	LVL準不燃45	スギ製材30	0	×		
※実験結果の	<ul><li>○は躯体の燃焼が全くが</li></ul>	なかったもの、×は躯体	本全体に燃え込んだも	,o			

#### (2) 実験結果及び考察

すべての試験体で、出隅部からの熱侵入で構造体の燃焼が 起こった。温度推移を見ると、1時間加熱から数時間放置し た後に構造体の出隅部の燃焼が始まっている。これは、上張 りが加熱中にほぼ燃焼したのち、熱伝導で下張りが高温にな り熱分解を始めることで、ポリウレタン系樹脂接着材の接着 力の低下と、木ねじの保持力の低下が生じるためと考えられ る。平部については、2面加熱実験とほぼ同じ性状を示して おり、出隅部の耐火被覆材の開きをどのように制御するかが 要点といえる。

出隅部の耐火被覆材の開きへの対処方法として、たとえば 以下の2手法が考えられる(図9-7)。いずれも平部の耐火 性能が確保されており、出隅部のみ若干耐火性能が足りない 仕様 (燃え込みが限定的な仕様) に対応できると考えられる。

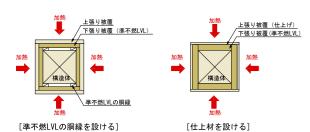


図 9-7. 出隅部の耐火補強の考え方の一例



写真 9-12. 試験体② -5 炭化状況



写真 9-13. 試験体③ -1 炭化状況



写真 9-14. 試験体④ -1 炭化状況

#### 6) 長さ約 3.5 mの木製柱による載荷加熱実験

短柱実験(2面加熱、4面加熱)で1時間耐火構造の耐火 被覆としての性能を有すると考えられる仕様について、実際 の建物に即した、長さ約3.5mの柱について、載荷しながら 加熱し、柱の非損傷性を検討した。

#### (1) 試験体

試験体は、構造体の柱長さ 3428mm、断面 150 × 300 又は 150 × 150 として、そ の外側に耐火被覆材をポリウ レタン系樹脂接着材 (300g/m²) と木ねじで留め付けた。

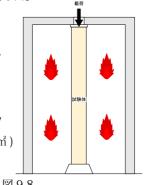


図 9-8.

載荷加熱実験の試験装置概念

#### (2) 実験結果及び考察

すべての試験体で、1時間耐火構造の要求性能(非損傷性) を満足した。

試験体Aの実験経過を詳しくみると、構造体の柱周辺の 温度は加熱開始約270分(放置開始約210分)に最高温度 が約150℃でピークを迎え、その後下降傾向を示した。準不 燃 LVL 厚 60mm の加熱表面から 30mm の位置は 1 時間加 熱終了時に約300℃まで上昇しているが、加熱終了後は準不 燃処理がなされているため、温度が急激に低下しており自己 燃焼が継続しなかったことがわかる。このように、加熱終了 時に可燃物や赤熱燃焼を継続する炭化層が残存していないこ とが耐火被覆層の燃焼が停止する要件といえる。

試験体B及び試験体Cもほぼ同様の傾向をしめしており、 平部、出隅両方の耐火性能を確保する補強方法として有効で あることが実大規模で確認できた。





写真 9-15. 加熱中の試験装置全景(左)

写真 9-17. 試験体 A 炭化状況



写真 9-19. 試験体 C 炭化状況



写真 9-18. 試験体 B 炭化状況

#### 7) 長さ 1 mの鉄製短柱による 耐火被覆性能確認実験

構造躯体を木製柱とした4面加熱実験で、1時間耐火構造の耐火被覆としての性能を有する仕様について、鉄製柱(鉄骨造)への流用可能性を確認するために、準不燃LVLの厚さを変化させた1m短柱の試験体を製作して加熱実験を行った。

#### (1) 試験体

4 面加熱で 1 時間耐火構造の耐火被覆としての耐火性能を確保できた、「準不燃 LVL 厚 60mm」を基本として、構造体が木製柱から鉄骨柱に変わることにより、どこまで厚さを薄く、合理化できるかを知るために、厚さを 60mm、45mm、30mm の 3 種類とした。

H鋼に直接、耐火被覆材を取り付けるのは施工上困難なため、20×40×厚さ1,6mmの鋼製胴縁を四隅に取り付けそこに耐火被覆材とタッピングねじのみで取り付けた。胴縁を設けることにより、耐火被覆材から鉄骨柱に直接、熱伝導しないため、施工上だけでなく、耐火上も効果があると考えた。

#### (2) 実験結果及び考察

鉄骨表面の温度を見ると、準不燃 LVL 厚さ 60mm、厚さ 45mm では、最高で約 150℃、300℃にとどまり、1 時間耐火構造の耐火被覆として要求性能を満足した。厚さ 30mm は加熱終了時に約 500℃となり、非損傷性の規定温度を超えているが、加熱終了後はすぐに鉄骨表面の温度は下降傾向を示した。

構造躯体が木製柱から鉄骨柱に変わることにより、耐火被覆 (準不燃 LVL) の厚さを 60mm から 45mm に低減できることがわかった。



写真 9-20. 加熱前の試験体の様子(左)写真 9-21. 加熱中の試験装置全景(右)

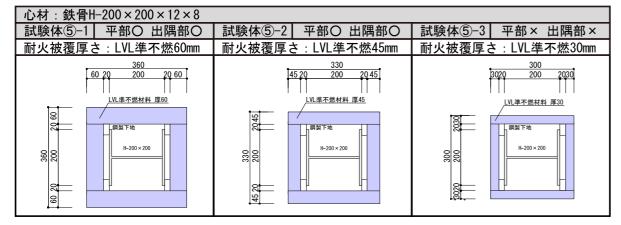


写真 9-22. 試験体⑤ -1 炭化状況



写真 9-23. 試験体⑤ -2 炭化状況

#### 表 9-8. 試験体仕様一覧と実験結果概要



#### ■耐火被覆仕様の選定

本事業では、1時間耐火構造柱の木質耐火被覆材を開発するために、①準不燃処理した LVL のみ、②準不燃処理した LVL + LVL (木材)、③強化せっこうボード+準不燃処理した LVL 又は LVL の 3 通りついて加熱実験を行い以下の成果を得た。

- ・1 時間耐火構造の柱の耐火被覆としての耐火性能を有するものは、
- 1. 木製柱に対して、胴縁を設けた準不燃 LVL60mm
- 2. 木製柱に対して、胴縁を設けた LVL30mm+ 準不燃 LVL 30mm
- 3.木製柱に対して、胴縁を設けた準不燃 LVL30mm+強化せっ こうボード 21mm
- 4. 木製柱に対して、木材 15mm を仕上げとする準不燃 LVL 60mm
- 5. 鉄骨柱に対して、胴縁を設けた LVL45mmの5つの仕様である。(表 9-9)
- ・載荷加熱実験より確認した仕様は限られているが、
- ① 4 面加熱において、平部が耐火性能を有したものの出隅部 の開きにより耐火性能が確保できなかった仕様、
- ②2面加熱において平部が余裕をもって耐火性能を有している仕様

については、本事業の検討より、「準不燃LVLの胴縁を設ける」 タイプまたは、「仕上材を設ける」タイプで出隅を防火補強 すれば、耐火構造の要求性能を満足できる。

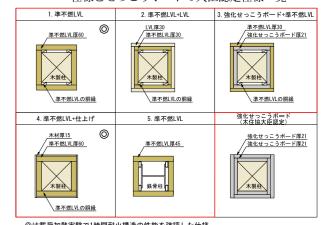
・木造の耐火被覆としての性能を有する仕様を鉄骨造に流用 する際は、耐火被覆の厚さを低減できる。

#### ■今後の課題

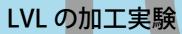
本事業では、木造、鉄骨造の柱に対して、1時間耐火構造の要求性能を満足するLVLを用いた木質耐火被覆の開発を行った。今後の課題は以下の通りである。

- ・柱については、1 時間耐火構造を満足する仕様が明らかに なったので、性能評価試験、大臣認定取得を行い実用化して いく必要がある。
- ・はりについて、柱の成果を基本的に流用できると考えられるが、特にはり底面の耐火被覆材は自重で落下する可能性があるため、その部分に特化して実験的な検討が必要であろう。
- ・目地部の防火的な対策が明らかにできたので、壁や床(天井) にも本事業の成果は流用可能である。面材としての活用の検 計が必要であろう。

表 9-9. 1 時間耐火構造の耐火被覆として性能を有する 仕様とせっこうボードの大臣認定仕様一覧



◎は載荷加熱実験で1時間耐火構造の性能を確認した仕様。 赤粋は実験により、1時間耐火構造を有すると考えられる仕様。 2,3,5については、4面加熱による予備実験のみを行い、載荷加熱実験は行っていない。



加工・塗装実験

加工実験

塗装実験

今後の課題

有孔木層ウォール(厚板有孔 LVL)の開発研究

この章は、平成 27 年 3 月に発行した「LVL 防耐火材料開発研究ブック -LVL 耐火被覆材開発 -」の一部からの抜粋を再編集したものと、全国 LVL 協会技術部会 木層ウォール委員会による平成26 年度千葉県森林整備加速化・林業再生事業の報告書「県産スギを用いた単板積層材 (LVL) による厚板構造部材の開発」より抜粋した内容を再編集して掲載しています。



#### ■加工・塗装実験の概要

LVL 耐火被覆材の表面仕上げの検討として、加工実験と塗装実験を行った。LVL 耐火被覆材はその開発同期から、現しでの使用が大前提となるため、同材が実際に広く普及するためには意匠的な検討も充分に行うことが不可欠である。

#### ■加工実験

LVLには板目面が表にでてくる仕上げ(以下、板目 LVL)と積層面が表にでてくる仕上げ(以下、積層 LVL)の2種類がある。積層 LVL はその特徴的な表情から仕上げ材としての魅力を備えている反面、板目 LVL と比較して製造コストが高いという問題を抱えている。そこで、本実験に際しては板目 LVL に溝彫り加工を施すことで、コストを抑えながら仕上げ材としての魅力を増すことを目指した。

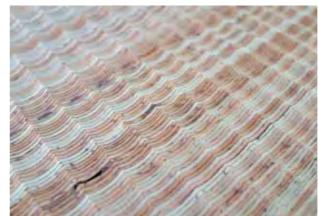


写真 10-1. 積層面への曲面加工

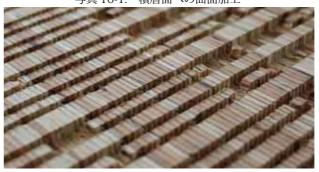


写真 10-2. 積層面への凹凸加工

(加工形状3種類)×(加工面・方向3種類)の合計9体の試験体を用意した。(図10-1、図10-2)

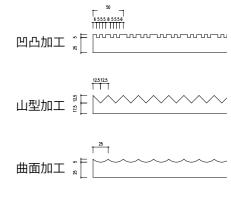


図 10-1. LVL 表面加工形状の種類 (寸法:1,000 × 400 × 30mm)

積層 LVL については積層方向に平行に彫り込むものと、 積層方向に直交して彫り込むものの2種類の加工実験を行っ た(図 10-2)。

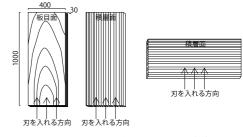


図 10-2. LVL 加工面と刃の方向

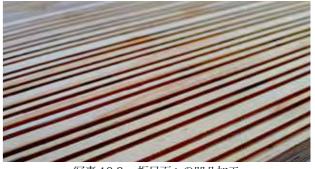


写真 10-3. 板目面への凹凸加工

#### ■塗装実験

加工後の試験体を使用して茶色・白色・クリアの合計3色の塗装を行った。結果として、茶色・クリアについては大きな問題は見られなかったが、白色については塗りムラが目立つこととなった。クリア塗装後は素地の状態よりも色が濃くなるが、経年変化によって徐々に色が濃くなっていくLVLの特徴との相性は良いような印象を受けた。



写真 10-4. 積層面 2×凹凸加工への白色塗装

#### ■今後の課題

#### 内装制限

表面加工を施した「LVL 耐火被覆材」はその仕様によって は準不燃性能を満たさないと判断される場合があり、内装制 限のかかる居室等で使用する際には注意が必要となる。

内装制限のかかる居室は、天井・壁(床面からの高さ 1.2m を超える部分に限る)は難燃材料とする必要があるが、告示に定められた天井・壁の内装材の組み合わせを採用することにより、「LVL 耐火被覆材」を居室の内装仕上げに用いることが可能となる。

具体的には、内装仕上げを難燃材料以上としなければならない居室においても、天井を石こうボード等の準不燃材料とすることで壁の仕上げに「一定の条件」を満たした木材を使うことが出来るのだが、(平12建告1439)この「一定の条件」の一つに「木材等の表面に火災伝播を著しく助長するような溝を設けられていないこと」という項目があるため、表面溝彫り加工を施した「LVL耐火被覆材」は上記告示による緩和措置は受けられない可能性がある。したがって今後の部材開発においては、この規定に抵触しない加工形状の検討が必要である。

#### ・加工性

加工精度上、彫り込み幅の最小値は LVL を構成するプライ厚と同程度であることが必要と判断した。

積層 LVL への加工については、加工の方向によってプライの欠けが生じるなどの問題が起きた。(写真 10-2)

刃の入れ始めと終わりの部分では特に影響が大きい。仮に溝 彫り幅を変更した場合であっても、問題の完全な解消は難し いと予想される。より精度の高い加工が可能な形状の再検討 を進めていきたい。

#### • 意匠性

当初の目的である、「板目 LVL の表面仕上げ材としての魅力 増進」については一定の成果が得られた。木質耐火被覆は従 来の耐火被覆材と比較して被覆層は分厚くなるため、表面加 工を施す場合はさらにその厚みを増すこととなる。この分厚 さをいかにして建築空間の魅力として昇華するかはさらなる 検討が必要であるが、「彫り込むことが可能な耐火被覆材」 という新しい素材の開発は設計者の創造性を喚起するきっか けになるのではないかと考えている。

表 10-1. LVL 表面塗装塗り分け表

LVL表面塗装 塗り分け表 ※1						
板目面	積層面1 (積層面に対して 並行方向に加工)	積層面2 (積層面に対して 直交方向に加工)				
白色	クリア	茶色、白色 ※2				
茶色	白色	クリア				
クリア	茶色	白色				
	<b>板目面</b> 白色 茶色	検目面     積層面1 (積層面に対して 並行方向に加工)       白色     クリア       茶色     白色				

- ※1 サンプル寸法は共通で1,000×400×30(mm)
- 塗り範囲は図○○参照のこと
- ※2 「凹凸加工×積層面2」は2枚、それ以外は1枚づつで計10枚

表 10-2. 使用塗料と LVL 表面塗装塗り分け方法

	クリア塗装	茶色塗装	白色塗装
使用塗料	ユニオンペイント クリアー	サンコーペイント M-520 目止めステイン ブラウン / クロ / イエロー	大谷 MC フィラー白
塗り分けの方法	1/3 まま クリア塗装 (エ分ツヤ) クリア塗装 (ハ分ツヤ)	素地のまま 茶色塗装	素地のまま 白色塗装



写真 10-5. 板目面×曲面加工へのクリア塗装



写真 10-6. 積層面 1×曲面加工への茶色塗装



LVL 耐火被覆材の表面仕上げの検討(加工実験)



曲面加工を行った LVL 板目面

#### ■有孔木層ウォール(厚板有孔 LVL)の開発概要

#### ・有孔木層ウォールの意義

今後のさらなる木層ウォールの普及のためには、構造体力上有利な無開口のLVLパネルを使用したものだけでなく、設備貫通のためのLVLパネルへの穴あけがもたらす構造への影響の評価や基準づくりをしながら、様々な開口をもち、光、風、設備などを通しながら、構造的にも有効に働くさらに進んだ木層ウォール「有孔木層ウォール」の開発が必要となる。

ここでは、大型木造の地震力を負担する抵抗要素としての「有孔木層ウォール」の開発のため「どのような開口のパターンがありえ、それを計画、計算するためにどのような開口を切削、構造実験すればいいか」、「大判かつ厚みがあり、また接着剤などの影響で加工しにくいと言われている LVL をロボットアームを用いて加工してみる」、「構造実験を通じてどのような破壊が生じるかを確認し、評価する」といったことを通じ、有孔木層ウォールの開発の有効性と今後の可能性を検討してみる。

#### • 切削加工

LVL は、強度、耐久性、寸法安定性を持った、優れた素材であるが、切削加工工程においてはいくつかの大きな問題を抱えていた。

大断面の木質材料(最大:幅1200mm厚さ600mm)であり、かつ単板を繊維方向に揃えて積層接着した木質材料であるため、接着剤の含有量が多い。よって、刃物の鈍化が顕著で切削に厳しい。そのため、LVLに特化した大型刃物の開発が求められた。

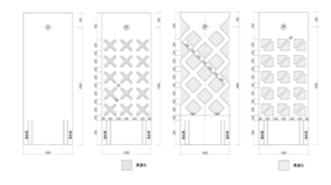
これらの問題を解決するため、掘削に採用したのがドイツ KUKA 社製のロボットと、ドイツ製木加工専用エンドミル、耐久性の高いチッピング刃(刃長 160mm、刃径 40mm)を 採用した。

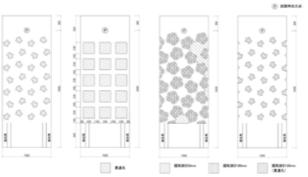


切削加工の様子

#### 開口のパターン

開口パターンの多様性を検討すると同時に、構造解析における基本的な入力モデルの応答と試験結果との整合を検証することを目的として、7種の開口パターンを設定し、切削加工を行った。





開口パターン



有孔木層ウォール

#### 今後の展開

さらに、今後の展開として、「有孔木層ウォール」を用いた将来の応用事例の試設計を行った。

#### 想定条件

構造:木造三階建、準耐火構造

用途:オフィスや高齢者施設など

パースは木造の構造建て方の状況を想定したものである。今回は検証を行っていないが、水平力だけではなく 鉛直力も負担する「有孔 LVL 壁構造」が可能になると 想定して設計を行っている。

これまでの柱梁といった線材を中心とした木造ではなく、木をたっぷりと用いる LVL などの厚板材料を用いた建築が創り出すことのできる新しい建築表現の可能性の一つを示すことができたと考えている。





有孔木層ウォールを外壁にもつ建築のイメージ

### **APPENDIX**

- 1 LVL の物理的性能について
- 2 model plan /木層ウォール 60 でつくるケアハウス
- 3 木層ウォールの設計・施工に関する FAQ
- 4 木層ウォールを見せるための確認申請時のチェック項目 付録/製品データ

この章は、平成23年5月に発行した「木層ウォールブック

- 準耐火建築物・外壁編 -LVL(単板積層材) 厚板外壁の研究と実験」と、平成 26 年 3 月に発行した「LVL 準不燃材料開発研究ブック - 準不燃材料・内装材編 - 改訂版」の一部を抜粋し、再編集したものです。

# LVL の物理的性能について

#### ■ LVL 準不燃材の表面硬さ(キズ付きやすさ)

壁には、なんらかの理由でいろいろなものが当たることが考えられる。LVLを壁として施工した場合、硬いものの角が当たった時、それがスギ材の場合は材質が軟らかいので、キズができる。

しかし、逆に考えてみると、キズができることで衝撃 を吸収し、当たったものが壊れてしまわないよう守って くれた、ということにもなる。そう考えるとキズがつく ことがいけないことではないようにも思える。

そうは言っても、公共の場では見た目が気になりイメージが悪い、また、個人の住宅であっても傷んだよう に感じる、このようなキズは、気になるものである。

そこで、スギ LVL 準不燃材はキズが付きやすいのか どうか調べることにした。客観的に調べる方法として採用したのは、JIA Z 2101-1994 である。この評価方法 でどのような表面硬さがあるか調べて、一般的な樹種と 比べてみることにした。

#### • 試験方法

JIA Z 2101-1994 木材の試験方法の一つに表面硬さ試験法が規定されている。写真に試験状況を示す。直径 10mmの鋼球を深さ 1/πmm (約 0.32mm) 試験片に毎分約 0.5mmの速度



で圧入し、その時の荷重を次の式によって算出する。

#### H=P/10

ここに、H:硬さ(N/mi)

P: 圧入深さが  $1/\pi$  mmとなるときの荷重 (N) 鋼球を圧入する位置は、積層方向の試験片中心線上に 10mm間隔で 3 個所とし、その H の平均値を試験片の表面硬さとした。

#### • 試験結果

表面硬さ試験の結果を表 11-1 及び図 11-1 に示す。 LVL 準不燃材については圧入面をまさ目面と考えた。また、今回は難燃薬剤注入前の試験材を比較材として確保できなかったため、その代わりに森林総合研究所構造利用研究領域材料接合研究室データベースのスギまさ目面の値を使った。

表 11-1 表面硬さ試験結果(平均値)

種別	試験片数	採材前試験体 の注入前密度	採材前試験体 の薬剤固定量	試験片 注入後密度	表面硬さ
		kgf/m³	kgf/m³	kgf/m³	N/mm <sup>2</sup>
LVL低密度グループ	20	395	132	534	14.4
LVL高密度グループ	20	482	138	574	19.5
スギまさ目面	103	394	ı	ı	10.3

表 11-1 から、LVL 低密度グループの難燃薬剤注入前の密度は、データベーススギ材の密度平均値とほぼ同じである。LVL 高密度グループは約 90kg /㎡重い状態である。難燃薬剤注入後の密度では、注入前に比べてLVL 低密度グループが 1.35 倍、高密度グループが 1.19 倍重くなっている。表面硬さは LVL 低密度グループが 14.4N/㎡、高密度グループ 19.5N/㎡、データベーススギまさ目面が 10.3 N/㎡であり、LVL 低密度グループが 1.4 倍、高密度グループが 1.9 倍と高い値を示した。

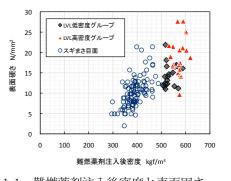


図 11-1 難燃薬剤注入後密度と表面固さ

図 11-1 を見ると、LVL 低密度グループはデータベーススギまさ目面の上の方の値と同じような表面硬さを示している。また、バラツキは多いが、高密度グループは全体的に高い傾向を見せている。

次に図 11-2 から、難燃薬剤固定量と表面硬さの関係は、薬剤固定量 120~145kg/㎡程度の範囲では薬剤固定量が多くなっても表面硬さはあまり違わないように見える。

データベーススギまさ目面の表面硬さに比べて LVL が高い値である要因は、①密度が高めであること(製造 過程における単板の圧縮による圧密化もあり)、②難燃 薬剤注入固化による硬さの向上、③積層接着剤の硬さの 影響などが考えられる。

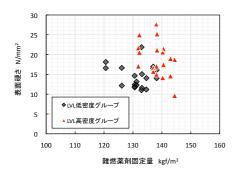


図 11-2 難燃薬剤固定量と表面硬さ

#### ・他樹種との比較

以上のとおり LVL 準不燃材料の表面硬さの試験結果を見てきたが、他の樹種と比べたらどのような位置にあるのだろうか。同じくデータベースの表面硬さのデータから表 11-2 により比べられる。

表 11-2 樹種別表面硬さと比較

2 周压///风面/人		
樹 種	表面硬さ	
	N/mm²	
スギ	10.3	
ヒノキ	11.0	
キリ	11.0	
アカマツ	12.5	
クリ	13.5	
LVL低密度グループ	14.4	
カラマツ	14.5	
ケヤキ	17.5	
LVL高密度グループ	19.5	
ブ ナ	19.5	
モウソウチク	22.5	

表 11-2 では、データベースまさ目面のスギからヒノキ、キリ、アカマツ、クリ、カラマツ、ケヤキ、ブナ、

モウソウチクと表面硬さの高くなる順に並べた。

LVL 低密度グループはクリとカラマツの間、LVL 高密度グループはケヤキとブナの間に位置した。樹種間の表面硬さとすると中間的な位置であった。

#### ・まとめ

スギ LVL 準不燃材はキズが付きやすいかどうかを判断するために JIA Z 2101-1994 木材試験方法の表面硬さ試験を行った。その結果、スギ LVL 準不燃材は、データベーススギまさ目面の表面硬さの 1.35 倍程度の硬さであった。他樹種と表面硬さを比較してみると、LVL低密度グループはクリとカラマツの、LVL 高密度グループはケヤキとブナに近い表面硬さがあり、どちらかというとキズが付きにくい材料であることが分かった。

#### ■ LVL の寸法安定性(季節変動)

LVLは、単板の状態で乾燥させてから再構成するため、含水率の低い製品になりやすい。しかし、どんなに乾燥させても、木材であることには変わりはなく、空気中の湿度を吸収することによって寸法が変化する。一方で、このように空気中の水分を吸収したり、空気中に水分を放出してくれるため、調湿機能が備わっていると言える。この性能を維持するためには、寸法が変化することは避けられない。

LVL を室温 20 度相対湿度 40% での平衡状態から、 室温 20 度相対湿度 90% に移行させた寸法安定性能検 証実験では、

> 重量変化率は、5% 幅変化率は、2% 長さ変化率は、0.1% 厚さ変化率は、1.5%

程度となっており、カラマツ合板と同程度の値となった。 東京の場合、気温は0~40℃、湿度は40~80%程 度年間変動すると考えると、上記の値程度の季節変動が 生じる。

設計時に、寸法変化をあらかじめ推測し、寸法変化に 追従できる部材の納まりにしておく必要がある。

#### ■遮音性

LVL t=100mm 厚壁の遮音等級は Rr29 である。 (JIS A 1419 の評価方法により測定)

遮音性について共同住宅の界壁で使用する際には、まだ十分な性能があるとは言えない。遮音性能が求められる箇所では、材料を厚くして使用するか、吸音材等と併用して使用する必要がある。

#### 遮音実験

LVL t=100mm 厚壁を用いて 3 種の 試験体で遮音性 能実験を行った。

試験体1:LVLt=100mm

試験体2:LVLt=100mm+目地ガムテープ張り

試験体3:LVLt=100mm+片面石膏ボード2重張り

試験を行った結果、LVLt=100mmの壁の遮音等級は Rr29 だった。目地部にガムテープを張った仕様も Rr29 とあまり性能が変わらなかった。これにより、目地部の影響はさほど受けないという結果が得られた。

一方、片面に 15mm、21mmの石膏ボードを 2重に張った仕様は Rr48 という結果となり、遮音性が高い性能結果が見られた。石膏ボードの重量分と、LVL とボードにクリアランスを確保して設置したために十分な性能が得られたといえる。音は材料の重さ (密度) によって決まるため、いかに重量をかせげるかがポイントになる。しかし、LVL100mmの上に石膏ボード 15mmと 21mm 張りでは間仕切りとしては少し過剰な性能と厚みといえなくもないので、今後検討が必要となる。

LVL だけではまだ十分な遮音性能が得られていないので、今後も性能を上げる方法を検討する必要がある。



遮音実験の様子:2部屋の間に試験体をセットし、片側の部屋より音源となる音を出して、反対側の部屋で試験体を誘過した音を測定する。

#### ■断熱性能について

断熱性能を計算する上で必要な熱伝導率は、

- ・カラマツ LVL(密度 580 kg/㎡) 熱伝導率 λ 0.132 (W/mK)
- ・スギ LVL (密度 497 kg/m³) 熱伝導率  $\lambda$  0.117 (W/mK)

(熱伝導率は JIS A 1412-2 の評価方法に準拠して測定)

次世代省エネルギー基準 (IV地域) において、木造住宅 (外張断熱工法又は内張断熱工法) の壁の断熱材に求められる熱抵抗値 (㎡・K/W) は、1.7 (㎡・K/W) で、カラマツで、225㎜, スギで199㎜以上厚みを確保していれば、LVL のみで基準を満たすことができる。

#### ■結露

結露しやすさの目安となる透湿抵抗の測定値は以下の 通りであった。

- ・カラマツ LVL 透湿抵抗 Wp 0.0269 ((㎡・s・Pa)/ng)
- ・スギ LVL

透湿抵抗 Wp 0.0154 ((m · s · Pa)/ng)

(透湿抵抗は JIS A 1324-1995 の評価方法に準拠して測定)

#### ■耐候性(あらわしにして使えるか)

外壁にあらわしで使う際にはまだ耐候性に問題る。庇 を深くする、地面からの跳ね返りをおさえる等の工夫が 考えられるが、今後より耐候性を高めるために、防水や 塗料の開発が必要となります。

#### ■防水仕様

FRP防水、ポリカーボネートなどで保護、ガラス繊維塗料などが考えられるが、経年劣化の問題はあるため 今後耐候性のある塗料の開発が待たれる。

125

### model plan: 木層ウォール 60 でつくるケアハウス



集会室内観イメージパース

本研究のモデルプランでは、これから増えていく木造の公共建築をイメージし、外壁に木をあらわしにしたデザインのケアハウスを設計しました。

公共建築物の中でも、木を使うことがプログラム的 にもマッチし、特別養護老人ホームに比べ、防火の規 定が比較的ゆるやかなケアハウスを設計対象に選定し ました。

今回は、2011年度に1時間準耐火構造の認定取得を予定している木層ウォール60(非耐力壁)を建物の外壁に用いた木造の建築の構造だけでなく、仕上げにいたるまでトータルに試設計を行い、木構造において外壁パネルを使って設計する際にどのような点に着目すればよいのかを検討しました。

#### 建築計画

■木層ウォールの配置と建物の構成

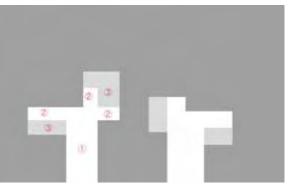
今回の設計では、建物外周部に木層ウォール60を 使い、入居者の居室や共用部の外壁に面する部分に木 層ウォールの木の表情が見えるよう、内装制限等の解 き方を工夫し、外壁と仕上げを兼ねた仕様をできるだ け採用しました。

建物の構成については、矩形のボリュームを大小さまざまな大きさに切り欠いて中庭やテラスを構成することで、外部に面して採光や通風を確保し、インテリアに木層ウォールが見える居室を多く計画しました。また、木層ウォール60を耐震壁として利用する計画とし、外壁となる部分を増やす事で、耐震壁のとりつく架構を建物全体に配置しました。

さらに、中庭に面し、庇が深く日差しや雨がかかりが少ない部分等は、外壁にも木層ウォールが見えるよう外部側に単板ガラスをはった簡便な仕様を採用しました。ボリュームを切り欠くことでうまれたひだの空間の外壁に木の表情を与え、植栽等を施した豊かな中庭空間をつくりだします。

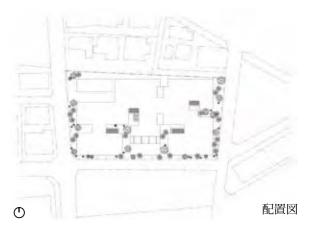


外観パース:深い庇が対面する中庭には、外壁に木の表情が見えるよう単板ガラスをはった仕様を採用。植栽等を施し、豊かな中庭空間を演出する。 その他の外壁は、外装材にガルバリウム鋼板をはり、耐候性を確保している。



①ーボリュームを切り欠いて大きなひだをつくり、中庭に面する居室をつくる。

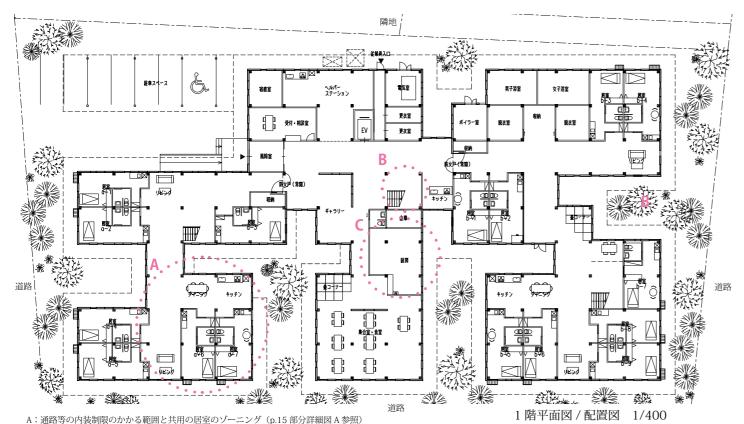
○②一さらに小さく切り欠いて小さな中庭や中庭に面する共用部を計画する。 ③一さらに2階のボリュームを切り欠いて共用テラスを計画し、立体的な広がりを持った賑わいのあるひだの空間を構成する。



- **■**計画概要 □用途:ケアハウス □規模 階数:2階建て 敷地面積:2,836㎡ 建築面積:1,836㎡ 延床面積:2,694㎡ 最高高さ:7.13m 軒高:6.44m
  - □構造 主体構造:木造 架構形式:耐震壁付ラーメン構造一部壁構造 基礎:鉄筋コンクリート造ベタ基礎
  - □想定敷地条件 都市計画地域:都市計画地域(市街化地域) 用途地域:第1種住居地域 指定容積率:200/100 指定建蔵率:70/100 防火地域:指定なし(22 条区域) 日影規制:本件は規制値 10 m以下により規制対象外 道路:南側- 42 条 1 項 1 号(幅員 7.2m)、

#### 西側- 42 条 1 項 1 号(幅員 5.5m)

- □ケアハウス概要 定員: 38 人 部屋数: 36 室 (うち 2 人部屋 2 室) 従業員: 10 人程度
- □条例:まちづくり条例(敷地 500㎡超)、高齢者の配慮に関する基準、法規の面積:居室…21.6㎡以上/1人(有効面積 14.85㎡以上/1人)、31.9㎡以上/2人
- ■防火条件 □ケアハウス ケアハウスは建築基準法上での扱いは以下の通りになる。
  - ・法 27 条による特殊建築物 ・令 19 条による児童福祉施設等 今回は 2 階建てで延床面積 3,000㎡以下としたため、準耐火建築物とする。
  - □主要構造部1時間準耐火構造 ※準耐火構造としなければならない特殊建築物の規定では 45 分準耐火構造とすればよい。
  - ・柱・梁(燃えしろ設計可能)→60 分 ・外壁(耐力壁、非耐力壁で延焼のおそれのあるもの)→60 分 ・外壁(非耐力壁)→30 分
  - □外壁の燃えしろ設計 LVL は単板積層材で、延焼ラインにかかる外壁は 35mm、延焼ラインにかからない外壁 (非耐力壁) の場合、25mm 以上燃えしろが必要。



B: 直通階段は地上への避難経路となるため、内装制限のかかる通路等となるため、木層ウォールを石膏ボード等で被覆する。 C:ガスコンロを使う厨房は火気使用室となり、準不燃材以上の内装制限により木層ウォールを石膏ボード等で被覆する。

#### 居室の内装制限は?

ケアハウスは建築基準法において児童福祉施設等にあ たる特殊建築物であり、準耐火建築物とした場合、2階 部分の床面積が300㎡以上の場合は内装制限を受けま す。そのため、内装制限のかかる居室は、天井、壁(床 面からの高さ 1.2m を超える部分に限る) は難燃材料と しなければいけません。

木層ウォールは難燃材料ではないため、通常では居室 の内装には使用できません。ただし、告示に定められた 天井、壁の内装材の組み合わせを採用することにより、 木層ウォールを居室の内装仕上げに用いる事ができま す。



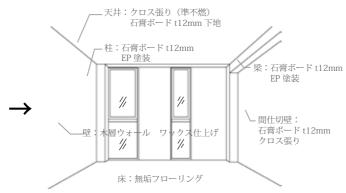
■入居者の個室のインテリアパース

#### ■天井を準不燃とし、壁を木質化する

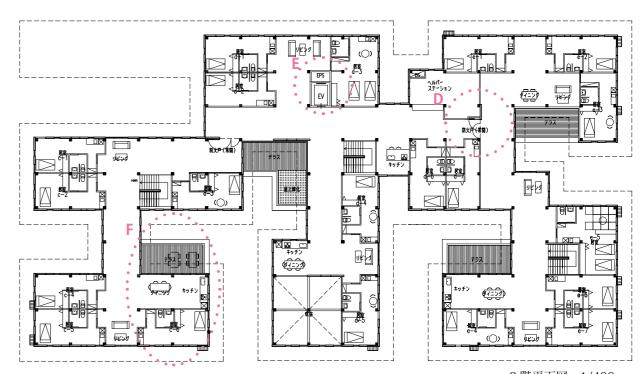
(平 12 年建告 1439)

内装仕上を難燃材料以上としなければならない居室に おいても、天井を石膏ボード等の準不燃材料とすること で壁の仕上げに一定の条件を満たした木材を使う事が出 来ます。

今回のモデルプランではこの告示を採用し、入居者の 個室等、火気使用室以外の居室で外壁の木層ウォールに 面する壁を仕上げに用い、LVL の表情を見せたインテリ アを計画しました。



入居者の個室の内装仕上材: 天井を準不燃材、壁に木材を使った告示の 組み合わせを採用し、壁の内装を木質化した。



D:防火区画(面積区画)は特定防火設備で区画する必要があるため、内壁には使用できない。(p.16 参照) E: 地上2階建てでは竪穴区画は必要ないが、3階以上の場合は区画が必要となる。

#### 2 階平面図 1/400

F:共用キッチン、個室のミニキッチンはIHクッキングヒーターとし、火気使用室に該当しない計画とした。

#### 通路等の内装制限は?

内装制限のかかる通路等は、天井、壁(床面からの高 さ 1.2m 以下の腰壁を含む) は準不燃材料としなければ いけません。「通路等」には、地上への避難経路となる 主たる廊下や階段が該当します。

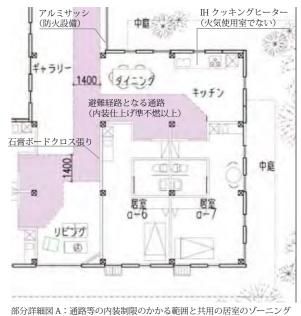
通路等や火気使用室のように準不燃材料としなければ ならない部分は、居室の内装制限で採用した告示が使え ないため、木層ウォールの外壁は、石膏ボードで被覆す る等の措置をしなければいけません。

#### ■明確なゾーニングで内装制限の範囲を限定

モデルプランでは、入居者の個室の間に共用リビング 等を設け、動線と一体となった、ゆったりとした共用部 を計画しました。地上への避難経路となる共用部も木を 見せた内装とするため、必要な廊下の幅を確保した通路 とリビング等の空間に分けて共用部を明確にゾーニング し、物理的に仕切ることなく通路等の内装制限のかかる 範囲を限定しました。通路にあたる空間は、できるだけ 石膏ボードでつくった間仕切壁に面して確保し、外壁の 木層ウォールに面する空間をリビング等の共用部としま した。階段室は、木層ウォールを石膏ボードで被覆、ま たは開口部としてアルミサッシ等を取付け、内装制限を クリアします。

#### 火気使用室の内装制限は?

内装制限のかかる通路等と同じく、火気使用室は天 井、壁を準不燃材料としなければいけません。モデル プランでは、共用キッチン、個室のミニキッチンを IHクッキングヒーターとし、火気使用室に該当しな い計画としました。なお、浴室用のボイラー室等は石 膏ボードで被覆した仕様を採用しています。

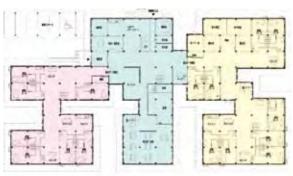


#### 防火区画(面積区画)は?

#### ■1時間準耐火建築物の1,000㎡区画

本ケアハウスは準耐火建築物としなければならない特殊建築物です。規定では、45分のイ準耐(法2条9号の3イ)とすることもできますが\*、建物内部の連続性や開放性に考慮し、防火区画の面積をなるべく大きくとるために、主要構造部を1時間イ準耐(令115条の2の2-1号)として1,000㎡以内に区画する計画としました。地上2階建てのモデルプランの計画では、階段の竪穴区画が不要のため、開放的な階段の計画が可能です。開放的な吹抜け空間を生かし、吹抜けで繋がる上下階をまとめて、全体を3つの区画に分割しました。

\* 45 分のイ準耐、口準耐 1 号は 500 m 以内に区画、1 時間イ準耐、口準耐 2 号は 1,000 m 以内に区画しなければならない。



面積区画(1階)



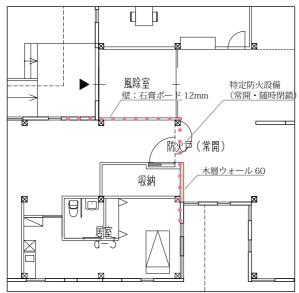
面積区画(2階)

A 区画 B 区画 C 区画

 $A:722.41\,\text{m}^{2}\;(<1,000\,\text{m}^{2}\;)\quad B:985.4\,\text{m}^{2}\;(<1,000\,\text{m}^{2}\;)\quad C:986.19\,\text{m}^{2}\;(<1,000\,\text{m}^{2}\;)$ 

#### ■防火区画に木層ウォールを用いる

面積区画は、1時間準耐火構造の壁、床又は特定防火設備で区画します。木層ウォール60は1時間準耐火構造の壁であるため現在は使用できませんが、今後間仕切壁としても認定が取得出来れば用いることが可能となり、面積区画に用いることができます。通常壁内に収納されている常開(随時閉鎖)式の特定防火設備と組み合わせ、プランの連続性を損ねないように区画を計画しました。



■部分詳細図 D: 防火区画(面積区画)に木層ウォール 60 (1 時間準耐火構造)を用いた計画。※1時間準耐火構造の間仕切壁の認定は 2011 年度以降取得予定。

#### その他の防火区画は?

地上2階建てのモデルプランの計画では、階段やエレベーターの竪穴区画が不要です。3階建て以上の計画とした場合は竪穴区画が必要となりますが、面積区画と同様に外壁部分にのみ木層ウォール60(1時間準耐火構造)を使用する事ができ、内壁部分(間仕切り壁)には用いることができません。

#### ■高層区画には木層ウォールは使えない

建築物の11階以上の部分にかかる高層区画は、耐火 構造の壁、床で区画しなければならないため、木層ウォー ルを用いることができません。

#### 排煙計画は?

#### ■連続した共用空間の排煙区画

延べ面積が 500㎡を超えるケアハウスは排煙設備を設けなければいけません。モデルプランでは、入居者の個室の排煙計画に関しては、各個室内で床面積の 1/50 以上の有効開口面積を確保した排煙窓を設ける計画とし、通路、共用リビング等の共用空間の排煙計画に関しては、床面積 500㎡以内に防煙壁(不燃材料で造り、または覆われたもの)等で区画し、排煙窓を設ける計画としています。連続性のある共用部の防煙区画は、リビングや畳コーナー等のインテリアと防煙垂壁を兼ねた天井をデザインし、区画を計画しました。



排煙区画(2階)

■共用部の防煙区画 1:ずるずると繋がる共用部の空間の各所に防煙垂壁を兼ねた下がり天井を設け、区画する。



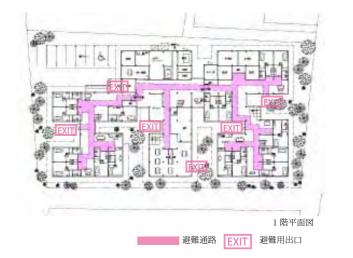
■共用部の防煙区画 2:共用空間の連続性を活かしながら区画する天井のデザイン。防煙垂壁は不燃材で覆う仕様とする。

#### 避難計画は?

#### ■内装制限のかかる避難経路のゾーニング

廊下や共用リビング等の居室が連続した共用部の避難 経路は、「通路等の内装制限」の項で述べたように、バリアフリー法の規定で必要な廊下の幅(W=1400mm以上)を確保した通路とリビング等の空間に分けて共用部を明確にゾーニングし、物質的に仕切ることなく通路等の内装制限のかかる範囲を限定しました。

また、外部への出入口を数カ所設け、非常時の円滑な避難経路を計画しています。

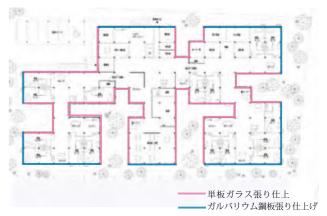


モデルプランの木層ウォールの内部仕上げは、積層断面が独特の表情を持つ積層面タイプの木層パネルを採用しています。階段室周りや、避難経路となる共用部は内装制限が発生するため石膏ボードで覆い、その他の壁は木層ウォールを現しで使用しています。

木層ウォールの仕様は?

■ 2 種類の仕様を使い分けた外部仕上げ

外部仕上げは、ガルバリウム鋼板角波板スパンドレルを張った仕様と、単板ガラスを張り、LVLの表情を外部にも見せた仕様と2種類採用しています。建物外周部はガルバリウム鋼板仕上げとし、中庭に面した襞の空間は、ガラス張りの仕上げとして、LVL壁に囲まれた中庭の空間を構成しています。



#### 木層ウォールを外部に現しにできる?

#### ■外部曝露対策が今後の課題

外部に木材を使用する場合は、防水・防腐対策が必要 不可欠です。建築的な対策としては、庇を大きく張り出 し、雨掛かりを軽減することで、耐久性を上げることが できます。

木層ウォールの場合は下見板と違い、外壁としての性能を担っているため、外部曝露による経年劣化の影響が大きく、単純にあらわしとすることは問題があると考えます。塗装等、軽装の仕上げで木の表情を外部に見せられる仕様とすることが今後の課題です。

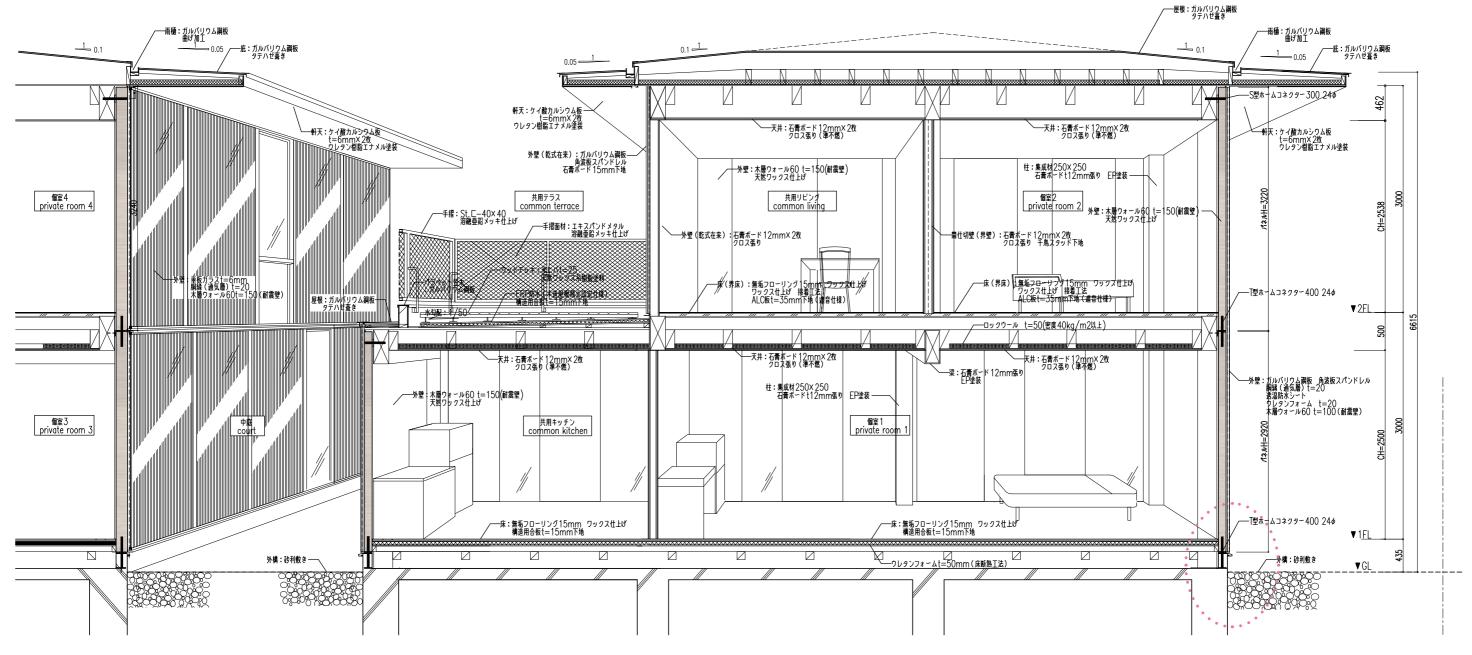
#### ■木材を外部現しで使うための塗装の種類

木材を外部現しで使うのに適した塗装の種類は、

- FRP 防水
- ・ ガラス繊維を含む表面保護塗料

などがありますが、いずれも経年劣化を考慮する必要が あります。

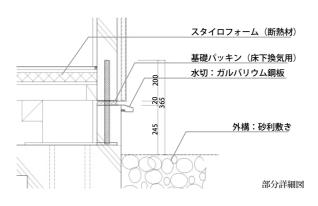
・木層ウォール60を防火区画に用いる。



#### 木層ウォールの防湿対策は?

#### ■床下換気工法 (床下の防湿対策)

木層ウォールの足元から上がってくる湿気による影響 を防ぐため、基礎パッキンによる床下換気工法を採用し ました。



#### 木層ウォール(外壁)の遮音性、吸音性は?

主な外壁を構成する木層ウォールの遮音性能については、透過損失の測定値を参照すると、厚さ 100mm のパネルで Rr-29 です。

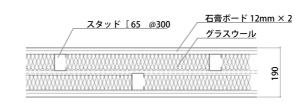
界壁としての遮音性能としては十分とは言えないため、今後遮音性の向上についても検討する必要があります。

※詳細データは、p.38(FAQ) 参照

#### 界壁、界床の遮音性能は?

個室の界壁などの間仕切り壁は、在来木造の乾式壁を 採用し、間柱をダブルスタッドとするなど遮音性能を高 める工夫をしています。また、木造の場合、界床の重量 衝撃音に対する遮音性能を高めるには、できるだけ重量 をかせぐことがポイントになります。

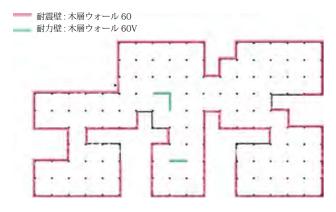
#### ■モデルプランで採用した界壁の仕様



133

#### 構造計画

#### ■木層ウォールを耐震要素に用いた構造計画



構造計画では、木層ウォールの特徴である、厚い面の 表現をうまく生かした計画が望まれます。

モデルプランでは、柱梁構造+木層ウォール60の構 造形式を採用しました。

鉛直荷重は、グリッド上に配置された柱と梁によって 支持され、外周の木層ウォールが水平力を負担すること になります。

間仕切壁は、将来の用途変更やプランニングの変更 等を考慮し、基本的には PB 等で構成した非耐力壁とし ています。一部に木層ウォール 60V (耐力壁) を用い、 架構の一部を壁構造とするとともに、エントランスホー ルや集会室等の共用部に木の壁の表情を見せる空間をつ くっています。

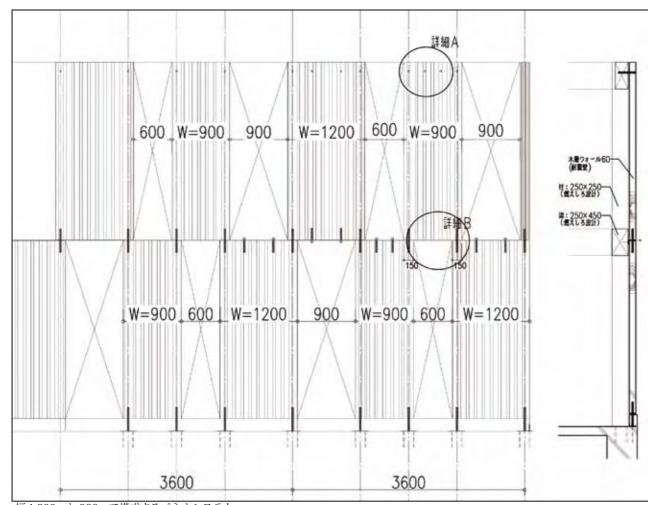
外周壁に鉛直荷重を支持可能な木層ウォール 60V を 用いると、壁際の柱や梁が不要とすることもできます。

耐震要素を外周に配置することで、内部の壁は間仕切 り壁として自由に配置することが可能となります。

※ 1 時間準耐火構造の間仕切壁の認定は 2011 年度以降取得予定。

#### ■木層ウォール(耐震壁)の基本構成

モデルプランでは、主に幅 1200mm と 900mm の 2 種類のパネルで外壁を構成するシステムを計画しまし た。2種類の壁を上下階で千鳥配置し、隣り合うパネル の間が幅 900mm と 600mm の開口部となります。鉛 直ジョイントは、中空ボルト(ホームコネクター24 の) を用い、上下階のパネルがラップする幅 150mm の中に おさめています。また、パネルをラップさせることによ り、2層分の高さで耐震壁を確保しています。



幅 1,200mmと 900mmで構成するパネルシステム

#### ■接合部のおさまり

認定上は土台とパネル、パネル同士の接合部分には、 引きボルトと中空ボルトを使う仕様があります。今回の 計画では、中空ボルトを使用しています。鉛直ジョイン トは、中空ボルト 24 φを用い、上下階のパネルがラッ プする幅 150mm の中におさめています。

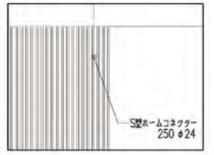
引きボルト、中空ボルト共にパネルに事前にボルト穴 加工をする必要があります。

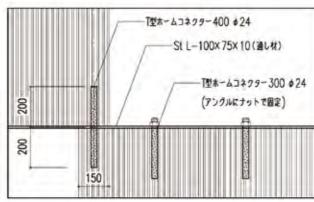
各接合部のおさまりは下図を参照ください。

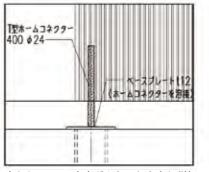
#### ■構造計画上の注意点

凹凸のある外壁線は十分な耐震壁を配置することがで きますが、開口部を設ける場合には、建物全体での偏心 率やゾーン毎の配置バランスに注意をする必要がありま

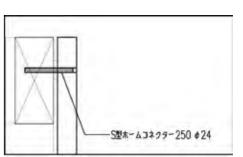
特に、大規模な木造建築では、床面や屋根面の水平構 面に高い性能が要求されますので、耐力壁と耐力壁の間 隔を適切にとり、それに見合った水平構面の設計を行う 必要があります。同様に、床のくびれた部分は応力が集 中し弱点となる可能性もあります。こうした対策として は、くびれた部分の応力検討のほか、建物全体をゾーン 分けして、耐震要素の充足率を用いて安全性の検証をす ることが考えられます。

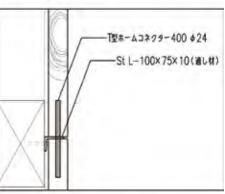


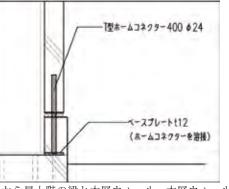




上から p.20 の中空ボルトのおさまり詳細 A 図、B 図







上から最上階の梁と木層ウォール、木層ウォール同士、木層 ウォールと土台のジョイント部分のおさまり

#### ■モデルプランの構造の考え方

モデルプランでは、柱梁構造+木層ウォール 60 の構造形式を採用しています。

鉛直荷重は、グリッド上に配置された柱と梁によって 支持され、外周の木層ウォールが水平力を負担すること になります。

耐震要素を外周に配置することで、内部の壁は間仕切り壁として自由に配置することが可能となります。

凹凸のある外壁線は十分な耐震壁を配置することができますが、開口部を設ける場合には、建物全体での偏心率やゾーン毎の配置バランスに注意をする必要があります。

特に、大規模な木造建築では、床面や屋根面の水平構面に高い性能が要求されますので、耐力壁と耐力壁の間隔を適切にとり、それに見合った水平構面の設計を行う必要があります。

同様に、床のくびれた部分は応力が集中し弱点となる 可能性もあります。こうした対策としては、くびれた部 分の応力検討のほか、建物全体をゾーン分けして、耐震 要素の充足率を用いて安全性の検証をすることが考えら れます。

外周壁を鉛直荷重を支持可能な木層ウォール 60V を 用いると、壁際の柱や梁が不要とすることもできます。

木層ウォールの特徴である、厚い面の表現をうまく生かした構造計画が望まれます。



図3 木層ウォール 60V を外壁に使った内観イメージ

# オ層ウォールの設計・施工に関する FAQ

#### 木層ウォール仕様

#### ■木層ウォールの種類

- O) 現在すぐに使える材料は?
- A) 現在下記の3つについて性能評価試験に合格し、現在大臣認定を取得したものです。
- ・30分準耐火構造の非耐力壁の外壁
- ・45分準耐火構造の非耐力壁の外壁
- ・1時間準耐火構造の非耐力壁の外壁
- ・1時間準耐火構造の耐力壁の外壁

#### 0) これから認定を目指すものは?

A) 3 0分耐火構造の外壁、1 時間準耐火構造の内壁 (間仕切壁) については、継続して研究を行っていき ます。

#### ■パネル寸法について

Q) パネルの最大寸法はいくつですか?最小寸法は? A1) 木層ウォール30、60の場合

積層面を現すパネルでは、積層方向に対して最小で100mm以上必要です。板目面を現すパネルでは、板目方向に対して最小で100mm以上必要です。 ※詳細の寸法は各会員会社にお問い合わせください。

#### A2) 木層ウォール6 0 S の場合

積層面を現すパネルでは、積層方向に対して最小で 150mm以上必要です。板目面を現すパネルでは、板 目方向に対して、 150mm以上必要です。

※詳細の寸法は各会員会社にお問い合わせください。

※製造上の制限はありませんが、製作上の制限は別途かかります。製作上の制限の他に運搬上の制限がかかります。

#### 0) 厚みの制限はいくつですか?

A) 木層ウォール 60 は最小限の厚みは認定を取っている 100mm以上、木層ウォール 6 0 V (耐力壁) は 150mm以上必要です。

これより厚い部分があることは防火上有利になるためかまいません。目地などを深く入れたい場合は、防火上不利となるため最低厚み+目地深さをとった厚みが必要となります。

Q) パネルは平面でなければなりませんか?曲面でもか まいませんか?

A) 製作上可能な曲面であり、かつ厚みがクリアされていれば、曲面でも防耐火の認定範囲です。

#### パネル間のジョイント

Q) パネルの目地はどのようなかたちが認められていますか?

A) 認定のとれている目地は図示の通りです。目地の実は杉の耐火性能以上であれば他のものでも可能です。 これ以外の目地については別途実験などが必要となります。

#### 内装仕上げ

Q) 外壁パネルは間仕切り壁としても使用可能ですか? A) 準不燃材料で覆う場合は使用できます。現しで見せたい場合は現在間仕切り壁としての認定は取得していないため、内装制限のかからない箇所、若しくは告示で居室(※避難経路になっていない)の壁を木あらわしとできる場合は使用可能です。耐力壁など構造材として使用する際は別途構造上の防火条件がかかり、別途実験・認定が必要となります。

Q) インテリアとして内装仕上げに使用する際の表面保 護等はどのような種類がありますか?

A) ワックス、オイル, ウレタン系、サンダー仕上げ等 があります。

#### ■パネル仕様について

Q) パネルの目地はどのようなかたちが認められていますか?

A) 認定のとれている目地は図示の通りです。これ以外の目地については別途実験などが必要となります。



Q) パネルの表面仕上げ材に制限はありますか?

A) 難燃以上の材料であれば、一般的な仕上げ材塗料など可燃性の材料に関しては、以下の材料が認定上認められています。

Q) パネルの外形は最大寸法の範囲内であれば、自由ですか?曲線や矩形でない多角形でもかまいませんか? A) 最小寸法以上、最大寸法の範囲内であれば、自由です。

#### パネル強度・構造

#### ■構造形式について

Q) 木構造の形式はどのようなものが可能でしょうか? A) 木質ウォールは、鉛直荷重を支持することが可能であり、あわせて水平力に抵抗することも、水平力のみを負担することも可能です。このため、さまざまな構造形式の建築が実現可能になっています。

木質ウォールで水平力のみに抵抗する場合には、

柱梁構造+木層ウォール30、60

木造軸組+木層ウォール30、60

木質モーメント抵抗構造+木層ウォール30、60

鉄骨造+木層ウォール30、60などが、

鉛直荷重と水平力の両方に抵抗する場合には、

壁構造(木層ウォール 60S)

壁構造(木層ウォール 60S) +梁

壁構造(木層ウォール 60S)+フラットスラブ といった構造形式が考えられます。

O) S 造や RC 造にも使用可能ですか?

A) 現在は木造との組み合わせで認定を取得しているため個別の認定が必要です。今後取得していく予定です。

#### ■耐力壁、非耐力壁(耐震壁)の違い

Q) 耐力壁と非耐力壁 (耐震壁) はどう違うの? A) 耐力壁は軸力を支え、それ自体が柱の役割をします。 耐震壁は水平力のみを負担するものなので、ブレースと 同じ使い方で構造補強材として使用します。

#### ■取り付け金物について

Q) パネルと梁とのジョイントはどのような留め方が可能ですか?

A) 中空ボルト (ex. ホームコネクター)、引きボルトが 使用可能です。ボルト穴などの径の最大寸法には制限が ありますので、ご注意ください。

#### 施工に関する Q&A

Q) パネルにとりつくサッシのデザインの制約はありますか?

A) この認定は壁の構法の認定であり、開口部は別途防火性能の認められたサッシであれば可能です。

Q) 納まり上、別のパネルの固定方法 (パネルを貫通するボルトなど) をとりたいと思いますが、可能でしょうか。

A) 今回の認定では、図示した固定方法のみが認められています。今後の開発が必要です。

Q) パネルのなかに設備の配線などをすることは可能ですか? コンセントボックスなどを埋め込むことはできますか?

A) 技術的には可能ですが、耐火性を確保するには、最も薄い部分で100mmの厚みを残す必要があります。

#### ■材料管理について

0) 現場での保管方法は?

A) 湿気の少ないところで取り付け前は平積み、取り付け後は雨に濡れないようにブルーシート等で保護してください。

Q) パネル設置から外装工事完了までの防雨対策、日射 による変色防止対策は?

A) ブルーシート等による養生を行い、直接雨、日光が あたらないようにしてください。

Q) 表面保護のための塗装はどのようなものが使用できますか?

A) 認定上使用出来るのは以下の通りです。

オイルステインなど可燃性のものは使用できません。

※材料に関する Q&A は LVL 協会の HP をご覧頂くか、 各メーカーに直接お問い合わせください。

## 木層ウォールを見せるための確認申請チェック項目 (計画編)

項目	審查事項	チェック項目	関連ページ
一般構造	排煙・床面積が50㎡を超える居室は有効排煙面積の確保が必要です。		
		無窓居室となる場合は内装制限(準不燃材以上)がかかり、木層ウォールを室	
		あらわしにすることができません。	
	シックハウス ・居室の種類及び換気回数に応じて、内装仕上げに使用するホルムアルデヒ		
		建材の使用面積が制限されています。	
	・木層ウォールを現しで使う場合、LVL は F ☆☆☆☆の認定建材なので、内装K		
		げの区分は「規制対象外」となり、面積の制限がなく使用できます。	
防火	防火・準防火	・防火地域、準防火地域では耐火建築物又は準耐火建築物としなければならない建	
		築物の規模が規定されています。	
	延焼のおそれのある部分・道路中心線、隣地境界線、同一敷地内の2棟以上の棟相互の外壁間距離の中心線		
		より、1 階は 3m 以下、2 階以上は 5m 以下にある建築の部分です。	
		・2011年度以降で認定を目指している木層ウォール30は、耐火建築物の非耐力	
		壁で延焼のおそれのある部分以外に使用することが出来ます。	
防火区画	面積区画	・面積区画、竪穴区画、異種用途区画が必要な建築物は指定面積内に、1 時間準耐	P.16
	竪穴区画	火構造の壁、床等で区画します。	
	異種用途区画	・木層ウォールは 1 時間準耐火の認定を得ていますが、準不燃材料の認定がないた	
		め、外壁部分のみ防火区画に用いることができます。	
	高層区画	・高層区画が必要な建築物は、指定面積内に耐火構造の床、壁等で区画します。	P.16
		・高層区画には木層ウォール(1 時間準耐火)を現しにしては使えません。12mm	
		以上の石膏ボードで被覆する等の措置が必要です。	
	界壁	・長屋、共同住宅の各戸の界壁、学校・病院・診療所(有床)等の防火上主要な間	
		仕切りは準耐火構造等とする必要があり、1 時間準耐火の防認定を得ている木層ウ	
		ォールを用いることができます。	
		・界壁には遮音性能の規定があります。	
		・建築物の用途、規模により廊下の幅が規定されています。	
避難	廊下幅	・ラウンジ等の共用部が居室からの避難経路となる場合、規定された廊下の幅の範	
	階段幅等	囲内に「通路等の内装制限※」が適用される場合があります。(※内装制限の項参	
		照)	

140

項目	審査事項	チェック項目	関連ページ
避難	直通階段 ・直通階段の内装には木層ウォールをあらわしで使用できません。 ・直通階段の構造については特に規定がありませんが、居室から屋外への避難経路となる場合は、「通路等の内装制限※」が適用され、LVLを現しにした内装ができません。(※内装制限の項参照)		P.16
	避難階段・特別避難階段	・避難階段の内装は、下地・仕上げとも不燃材料とする必要があるため、木層ウォールは使用できません。12mm以上の石膏ボードなど(不燃材)で被覆した仕様でも使用できません。	
	排煙	・排煙設備を要する建築物に該当する場合、500㎡以内に防煙壁(不燃材でつくり、又は覆われたもの)で区画が必要です。 ・LVL は不燃材料でないため、木層ウォール現しの壁では区画できません。難燃材料(石膏ボード t7mm 以上等)で被覆する必要があります。	
	居室の内装制限 ・特殊建築物等の居室の内装制限(内装仕上げ材を難燃材料以上としなければならない)がかかる場合でも、天井仕上げ材を準不燃材料以上とすれば壁を木層ウォール現しで使える告示の仕様があります。 (H12 告示 1439 号) 天井を準不燃材(石膏ボード 9mm以上等)とした場合、壁の仕上げに木材を用いる事ができます。 ・病院・ホテル等で 100㎡以内に、共同住宅で 200㎡以内に準耐火構造の壁・床等		P.14
		で区画された居室は、内装制限が免除されます。 ・1 時間準耐火構造とした共同住宅等は、内装制限の規定に関して耐火建築物とみなされ、内装制限が適用される規模の規定が一部緩和されます。	
	通路などの内装制限	・特殊建築物の通路、階段などの内装制限が適用される場合は、内装仕上げ材を準不燃材以上としなければいけないため、木層ウォールを現しにした内装ができません。準不燃材(石膏ボード 9mm 以上等)で被覆する必要があります。 ・ラウンジ、ホール等の共用部で居室からの避難経路となる場合は、「通路など」とみなされ、準不燃材以上の内装制限が適用されます。ただし、通路とその他の用途のゾーニングを明確にすることにより、内装制限の適用される範囲を通路部分に限定することが出来ます。	
	火気使用室の内装制限	<ul> <li>・キッチンなどの火気使用室には、内装仕上げ材を準不燃材以上としなければいけないため、木層ウォールを現しにした内装ができません。準不燃材(石膏ボード9mm以上等)で被覆する必要があります。</li> <li>・電気系コンロ(IHクッキングヒーター等)を使用したキッチンは、火気使用室には該当せず、内装制限が適用されません。ただし、地方自治体の消防条例の規定により、IHクッキングヒーターに面する壁の仕様と離隔距離等が規定されている場合があります。</li> </ul>	

<sup>※ 1:</sup> 内装制限は、自動式スプリンクラー設備、水噴霧消火設備等と建令 126 条の 3 の排煙設備を設けた 部分は内装制限が適用されません。

#### 付録/製品データ

#### ■構造用 LVL の基本データ

#### ○樹種

国内産材

カラマツ、スギ、ヒノキ、アカマツ

外国産材

ダフリカカラマツ、ラジアータパイン、スプルース、 ベイマツ

#### ○区分

A 種構造用:

平行層をメインにして強度を追求した LVL

B 種構造用:

直交層を入れて寸法安定性を高めた LVL

#### ○曲げヤング性能

JAS 規格では  $50E \sim 180E(A 種) 30E \sim 140E(B 種)$ 製造可能なのは  $50E \sim 160E(A 種)$ (メーカーや樹種によって異なります)

#### ○樹種別推奨性能

スギ	$50 \sim 70\mathrm{E}$
カラマツ	90 ∼ 120E
ダフリカカラマツ	$120\sim140E$
ラジアータパイン	80 ∼ 110E
スプルース	$90 \sim 120E$
アカマツ	90 ∼ 110E
ベイマツ	100 ∼ 140E
ヒノキ	80 ∼ 100E

#### ○標準断面(土台、柱、梁等、軸材として) (詳しくはメーカーに問合せ下さい)

在来軸組工法向け

厚さ 105、120

幅 105、120、150、180~450(30刻み)

2×4工法向け

厚さ38、89、140

幅 89、140,184、235、286、336、387

#### ○製造限界寸法

(組み合わせによっては製造不可 詳しくはメーカー に問合せ下さい)

• 板目面

厚さ 25-600mm

幅 25-1800mm

長さ 最大 12000mm

#### 積層面

厚さ 90-200mm

幅 450-1200mm

長さ 3000-6000mm

#### 【プロデュース】

一般社団法人全国 LVL 協会 技術部会防耐火委員会

一般社団法人 全国LVL協会 事務局

〒 136-0082

東京都江東区新木場 1-7-22 新木場タワー 8F

TEL 03-6743-0087 FAX 03-5534-3959

info@lvl.ne.jp

http://www.lvl.ne.jp

#### 【H27 年度 防耐火委員会】

委員長:東京大学生産技術研究所 教授 腰原幹雄

委員:桜設計集団 安井昇

ビルディングランドスケープ 山代悟

広島県立総合技術研究所 藤田和彦

国土技術政策総合研究所 水上点睛

日本木造住宅産業協会

日本ツーバイフォー建築協会

全国 LVL 協会会員会社