



LVL 防耐火材料開発研究ブック

—耐火・準耐火建築物編—
耐火・準耐火構造部材開発

LVL 防耐火材料開発研究ブック

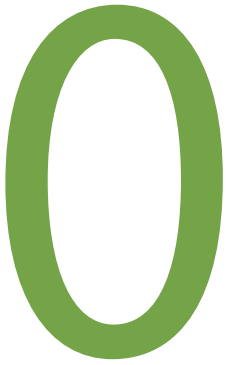
—耐火建築物・準耐火建築物編—

耐火・準耐火構造部材開発

株式会社キーテック 編

本事業は、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です。

この冊子はその開発研究概要をまとめたものです。



目次

| | |
|--------------------------------------|-------|
| 1 開発の目的・背景 | ・・・5 |
| 2 単板積層材 LVL とは | ・・・6 |
| 3 建物の防耐火構造制限 | ・・・8 |
| 4 木造耐火・準耐火・防火構造 開発部材一覧 | ・・・10 |
| 5 開発概要／構造部材紹介 | ・・・12 |
| 【耐火部材】 | |
| 6 キーラムジョイスト1時間耐火構造床 (断熱材あり、なし) | ・・・14 |
| 7 キーラムメガビーム1時間耐火構造床 (断熱材あり、なしタイプ) | ・・・16 |
| 8 ストレストスキンパネル30分耐火構造屋根 | ・・・18 |
| 【準耐火構造部材】 | |
| 9 木層ウォール45分、1時間準耐火構造壁 | ・・・22 |
| 10 まとめ | ・・・24 |

1

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、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えない。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

2

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も意味しています。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ため、節などの欠点分散されることがあり、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. 積層面を持つ模様の魅力

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めています。



LVL用の単板



2次接着を終えたLVL



製品化されたLVL

3

建物の防耐火構造制限

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。

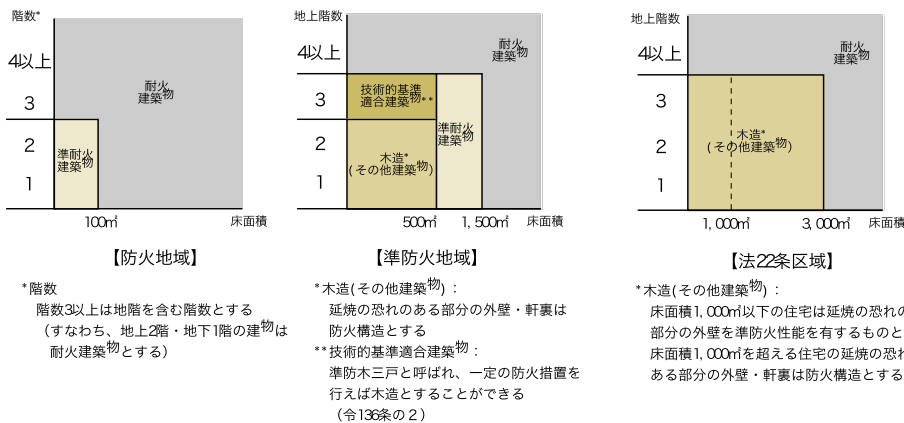
1. 防火地域・建物用途・建物高さによる構造制限

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



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 5-1 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 5-1 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。

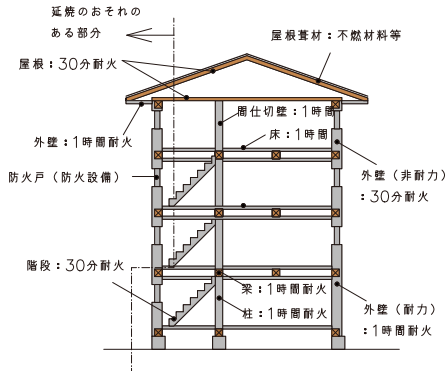
3) 建物高さ（最高 13m, 軒高 9m 超）による制限（法 21 条、令 129 条の 2 の 3）

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。

2. 耐火建築物と準耐火建築物に必要な防耐火構造制限

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。



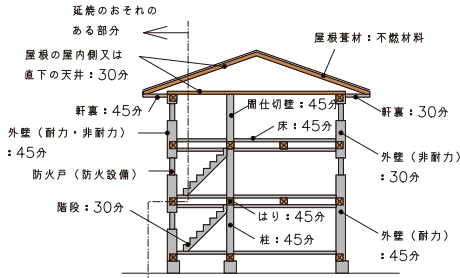
■ 耐火建築物（ルート A：各主要構造部耐火構造）
*上図は 4 階建ての場合を示す。

■耐火構造

| 部位 | 最上階から数えた階数 | 通常の火災 | | 屋内側からの火災 | |
|------|-------------|-------------|-----|----------|-----|
| | | 非損傷性 | 遮熱性 | 遮炎性 | |
| 間仕切壁 | 耐力壁 | 階数15以上の階 | 2時間 | 1時間 | — |
| | | 階数5～14の階 | — | — | — |
| | 非耐力壁 | 最上階、階数2～4の階 | 1時間 | — | — |
| | | — | — | 1時間 | — |
| | 耐力壁 | 階数15以上の階 | — | 2時間 | 1時間 |
| | | 階数5～14の階 | — | — | 1時間 |
| 非耐力壁 | 延焼のおそれのある部分 | — | — | 1時間 | |
| — | 上記以外 | — | — | 30分 | |
| 柱 | 階数15以上の階 | — | 3時間 | — | |
| | 階数5～14の階 | — | 2時間 | — | |
| | 最上階、階数2～4の階 | — | 1時間 | — | |
| 床 | 階数15以上の階 | — | 2時間 | — | |
| | 階数5～14の階 | — | — | 1時間 | |
| | 最上階、階数2～4の階 | — | — | — | |
| 梁 | 階数15以上の階 | — | 3時間 | — | |
| | 階数5～14の階 | — | 2時間 | — | |
| | 最上階、階数2～4の階 | — | 1時間 | — | |
| 屋根 | — | — | 30分 | — | |
| 階段 | — | — | 30分 | — | |

2) 準耐火建築物

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]

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。

■準耐火構造

| 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 | |
| 間仕切壁 | 耐力壁 | 45分 | 45分 | — |
| | 非耐力壁 | — | 45分 | — |
| | 耐力壁 | 45分 | 45分 | 45分 |
| | 非耐力壁 | 延焼のおそれのある部分 | — | 45分 |
| — | 上記以外 | — | 30分 | 30分 |
| 柱 | 45分 | — | — | |
| 床 | 45分 | 45分 | — | |
| 梁 | 45分 | — | — | |
| 屋根 | 30分 | — | 30分 | |
| 階段 | 30分 | — | — | |

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

| | 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 耐火被覆材 | 木構造支持部材 [鉛直力] 燃え代(木材) 燃え止まり層(不燃木材等) | 鉄骨 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 |

4

木造耐火・準耐火・防火構造 開発部材一覧

| 主要構造部 | | 耐火構造（4階建て以上（特殊建築物等は3階建て以上）） | | | |
|-------|------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------|
| | | 告示 | 被覆型 | | 燃え止まり層型 |
| | | | 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） | — | — |
| | 非耐力壁 | せっこうボード等被覆 | — | — | — |
| 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） | — | — |
| | 非耐力壁 | せっこうボード等被覆 | — | — | — |
| 柱 | — | — | ①木住協（1H） ②シェルター(2H) | — | 竹中・鹿島（1H） |
| はり | — | — | ①木住協（1H） ②シェルター(2H) | — | 竹中・鹿島（1H） |
| 床 | — | — | ①木住協（1H） ②2×4協（1H） | ①I-JOIST(1H) ②MEGA BEAM(1H) | — |
| 軒裏 | 法令上の位置づけなし | | | | |
| 屋根 | — | — | ①木住協（1H） ②2×4協（1H） | SSP(30M) | — |
| 階段 | 鉄造・RC造 | — | ①木住協（30M） ②2×4協（30M） | — | — |

※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・はりは大変認定申請中のメーカーあり）

※準耐火構造は木材厚板のみを使った仕様を記載

本事業では、LVLをはり等の横架材につかった、耐火構造の床・耐火構造の屋根、LVLを壁に使った準耐火構造の外壁について、国土交通大臣認定を取得し実用化した。

耐火建築物や準耐火建築物をつくるためには、その他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。

| | | 準耐火構造（3階建て以下） | | |
|----------|-------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 燃え止まり型 | | 告示 | 他社 | LVL協会 |
| 鉄骨内蔵型 | LVL協会 | | | |
| — | — | — | 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) |
| — | — | — | ①W.ALC(1H) | ①木層ウォール(1H) ②木層ウォール (30M) |
| — | — | — | CLT高知県等(1H) | — |
| — | — | — | — | — |
| 日集協 (1H) | — | 燃えしろ設計 (45M,1H) | — | — |
| 日集協 (1H) | — | 燃えしろ設計 (45M,1H) | — | — |
| — | — | — | ①日集協(1H) ②レングス (45M) | — |
| | | 野地板30+面戸板45等 (45M,1H) | — | — |
| — | — | — | ①レングス(30M) | — |
| — | — | 木材60厚 (30M) | — | — |

5

開発概要／構造部材紹介

■開発概要

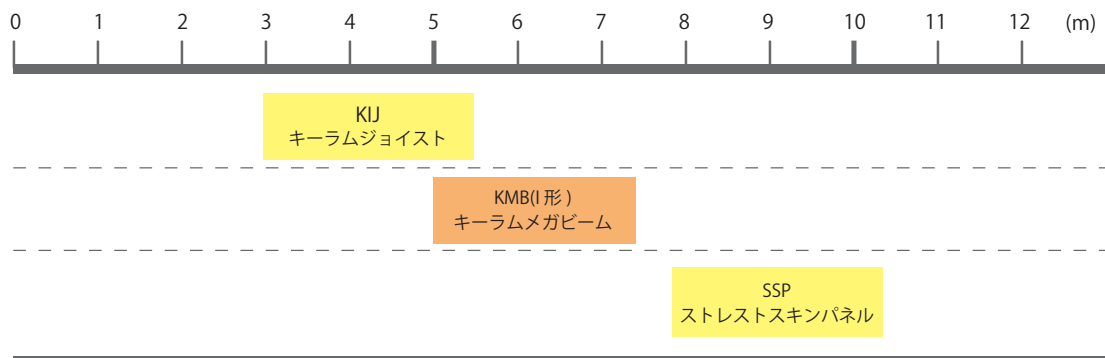
木造建築のための耐火部材は数多く存在しているが、新しく開発された部材や特殊な材料はまだ使用出来る範囲が狭い。そのため、近年注目を浴びている LVL の I 型横架材やストレススキンパネル、壁式構造に適合している高耐力厚板パネルの 1 時間耐火及び 1 時間準耐火構造を目指した。

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。

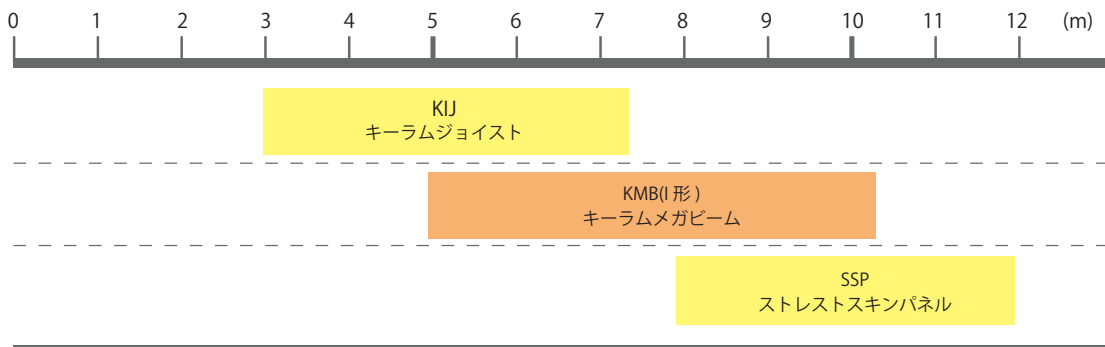
そして、これらを柱・梁・床として組み合わせて、1 時間耐火性能の実現を目指した。

■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, キーラムジョイスト

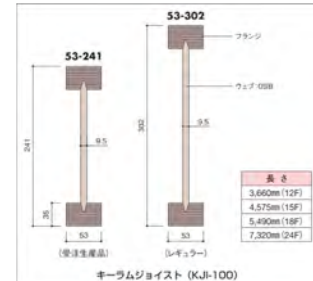


【特徴】

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、根太に適用しており、梁せいの大きな床根太を利用する枠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, キーラムメガビーム (I形)



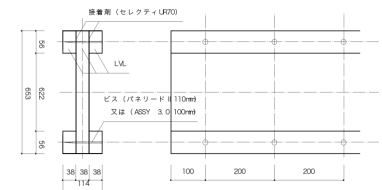
【特徴】

スパン7P (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



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、耐火火性能を満たす、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)

6

開発部材1：キーラムジョイスト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(商品名：キーラムジョイスト)とI型LVL複合梁(商品名：キーラムメガビーム)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ジョイスト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。

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 6-1. 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 6-2. 加熱が終わった床下面の板面の状態を確認



写真 6-3. 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）

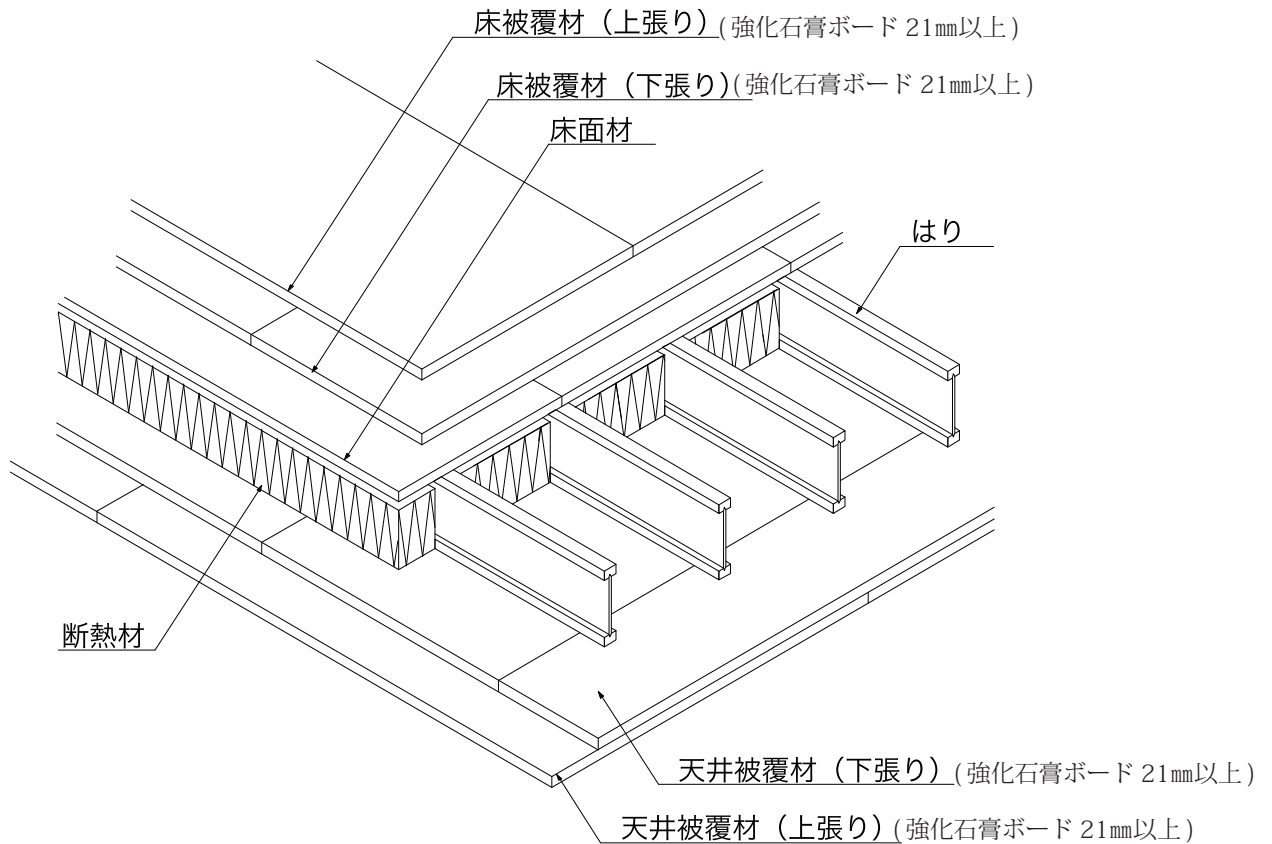


図 6-1：アクソメ図

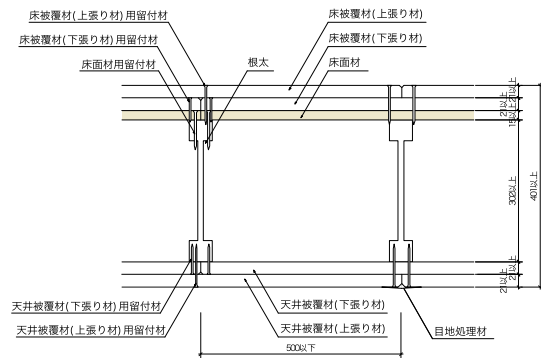


図 6-2：断面図

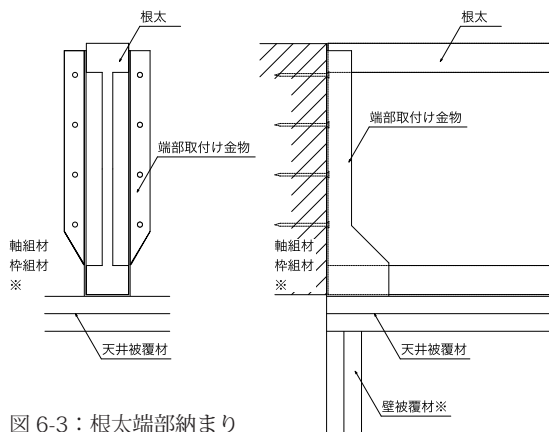


図 6-3：根太端部納まり

【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）：強化せつこうボード 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 × 45mm以上、取り付け間隔 1000mm以下
 - ・留付材（せつこうボード）：せつこうボード用くぎ、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。

※上記の仕様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。

7

開発部材 2：キールラムメガビーム 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（商品名：キールラムジョイスト）と I 型 LVL 複合梁（商品名：キールラムメガビーム）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。

この開発ではキール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 7-1. 組立中の試験体



写真 7-2. 試験終了後、試験体を水平型耐火炉から外す様子



写真 7-3. 床躯体の中に火が回って炭化していないかを確認する。

■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）

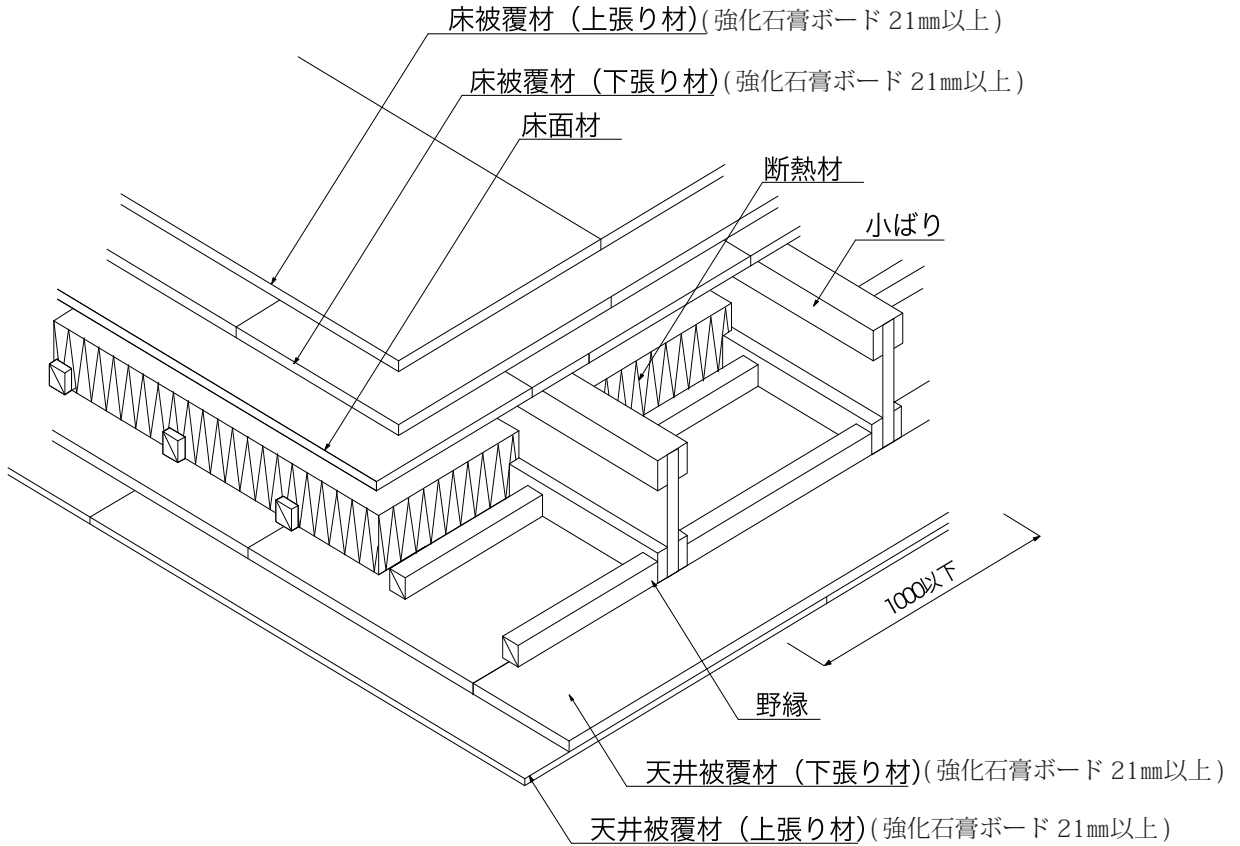


図 7-1：アクソメ図

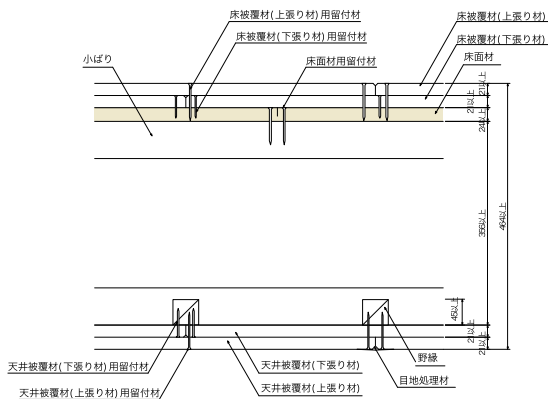


図 7-2：断面図

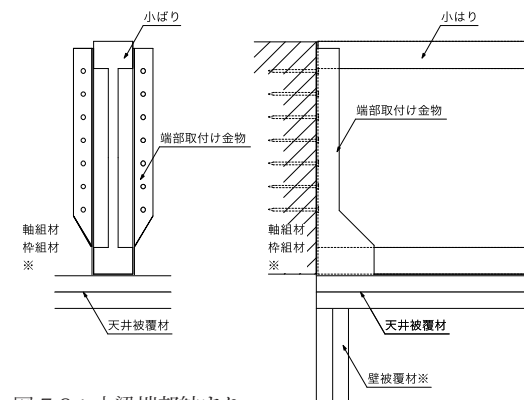


図 7-3：小梁端部納まり

【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 × 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ます。

※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

開発部材 3：ストレススキンパネル 30分耐火構造屋根 (断熱材あり)

■概要：

垂木としてよく用いられている LVL 及びストレス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 8-1：試験体の組立の様子



写真 8-2：断熱材敷き込みの様子

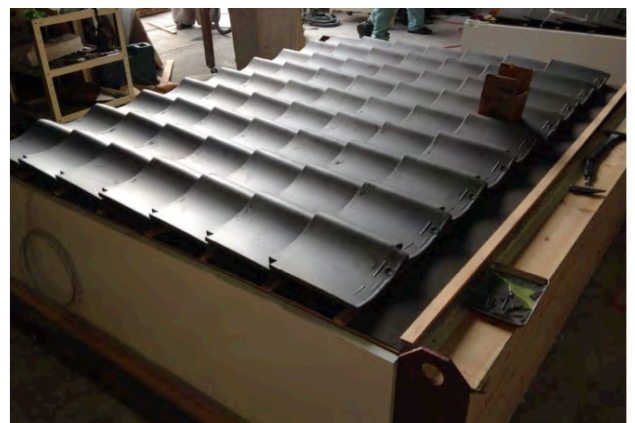


写真 8-3：試験体完成写真

■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）

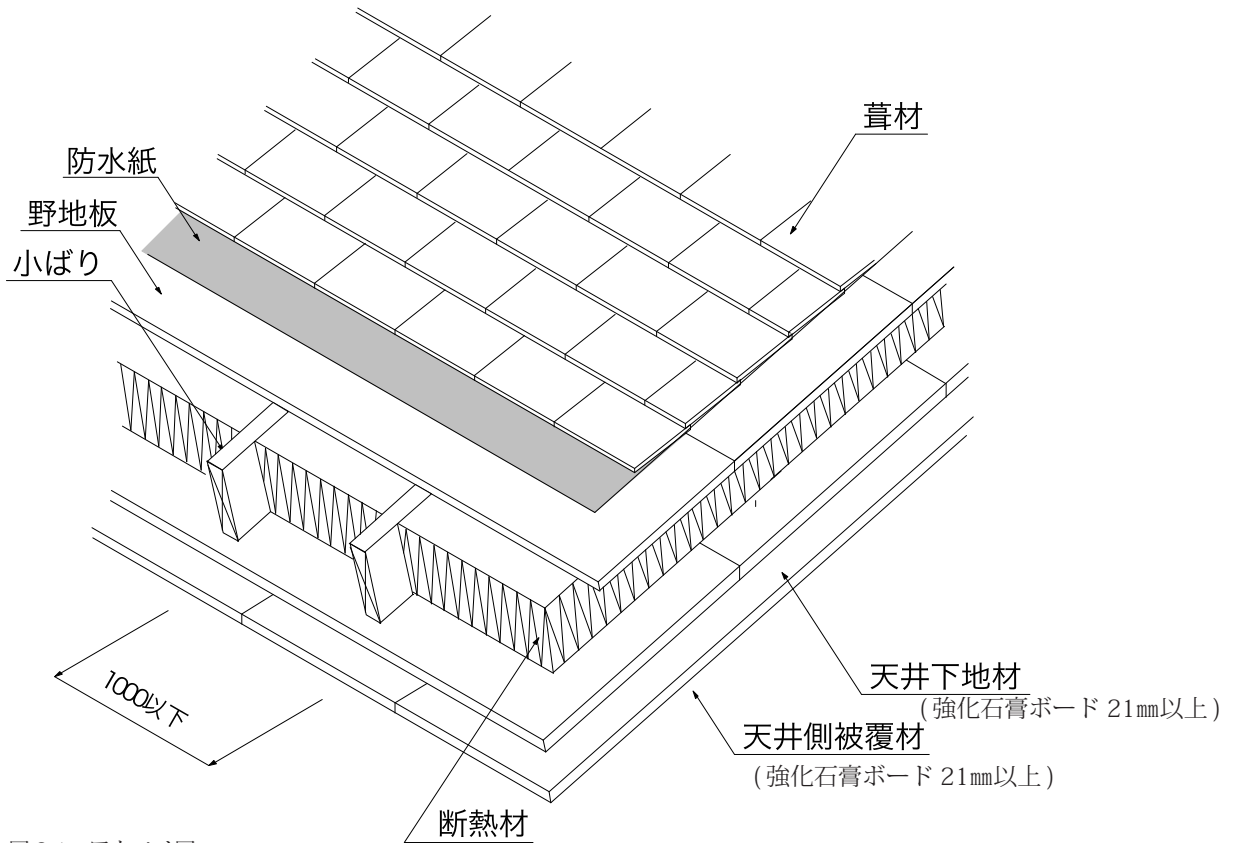


図 8-1：アクソメ図

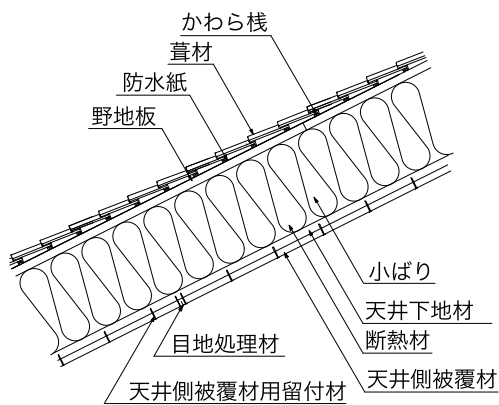


図 8-2：妻側断面詳細図

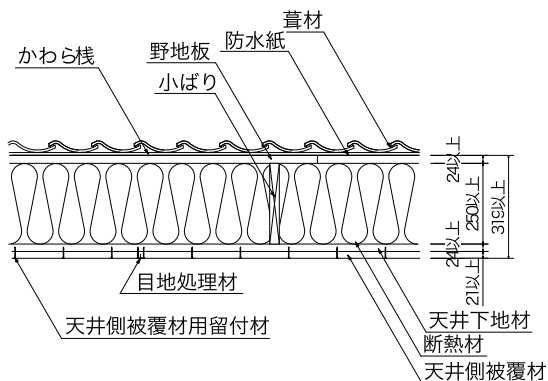


図 8-3：軒側断面詳細図

[部材仕様]

- ・野地板：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 27mm以上
 - ・小ばり：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 $15 \pm 2\text{kg/m}^2$ 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/m^3
 - ・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。

コラム1：線材と面材

/ 腰原幹雄

(東京大学生産技術研究所 教授)

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、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澆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



写真：厚板構造の模型

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、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、それらを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。

コラム2：エイジング建築：加齢する素材の魅力

/山代悟

(建築家・博士(工学) ビルディングランドスケープ共同主宰/大連理工大学建築与芸術学院客員教授)

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か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で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を現しで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。

9

木層ウォール準耐火構造壁

概要：

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。

■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 9-1：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（グールド・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。

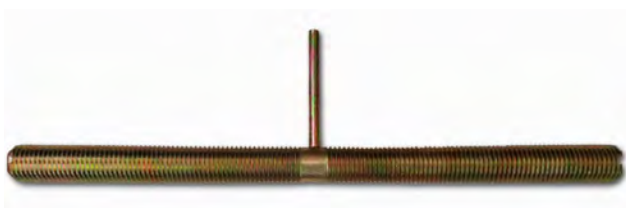


写真 9-2：GIR ボルト

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なく、見栄えの良い仕上がりとなる。



写真 9-3：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つで、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。

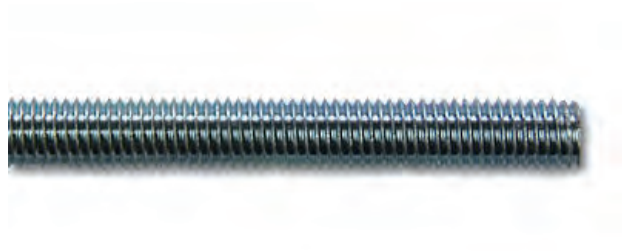


写真 9-4：全ネジボルト



写真 9-5：全ネジボルトを試験体に貫入

10

まとめ

本事業では、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 4 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（すでに耐火構造の 4 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）。

(1) スギ LVL の横架材を使った 1 時間耐火構造床

LVL による I 型のはり（根太）を横架材に使った 1 時間耐火構造の床を開発した。I 型のはりにはスパンに応じて 2 仕様あり、6m 程度までのスパンに対応する I 型ジョイストはり（根太）と、6m を越えるスパンにも対応可能な I 型の大型はりであり、いずれも天井面、床上面の耐火被覆は強化せつこうボード厚さ 21mm の 2 枚張りとした。大規模な建物では、床部の設備配管スペースの確保が課題となるが、一般的な軸組工法や枠組壁工法よりも、LVL の I 型はり（根太）による工法のほうが、床の厚さを薄くできたため、耐火被覆の上・下部に設備配管スペースを確保しても適切な天井高さを確保しやすい。軸組工法や枠組壁工法と組み合わせて使用できるよう配慮した仕様としている。

(2) スギ LVL の横架材を使った 30 分耐火構造屋根

大スパンに対応できる LVL によるストレートスキンパネルを使った 30 分耐火構造の屋根を開発した。天井面の耐火被覆を強化せつこうボード厚さ 21mm1 枚張りとする事で、施工の簡略化を図っている。また、屋根葺き材もフラットルーフに適した FRP 防水、シート防水や勾配屋根に適した金属板葺きなど、様々な建物の用途、形態に対応できるようにした。

比較的屋根の厚さを薄くしながら、大スパンを飛ばせるところが本部材の最大の特徴であるといえる。

(3) スギ LVL 厚板による 45 分・1 時間準耐火構造外壁

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る。

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。

本事業で開発した部材は、床・屋根・外壁に限られる。耐火建築物や準耐火建築物を設計・施工するためには、残りの主要構造部については、他の大臣認定仕様や告示仕様と組み合わせる必要がある。

今後は、確実な防耐火性能を確保するために、①本事業で大臣認定を取得した具体的な仕様の解説、②他の仕様との納まり図例などを盛り込んだ、設計・施工マニュアルを整備して普及に努めたい。

さらに、新規の防耐火関連の技術開発の一例として、以下のような項目が挙げられる。引き続き、技術開発を進めて、より設計自由度を向上させ、これまで木造化されていなかった建物の木造化、これまで国産材が使われていなかった部材の国産材化を進めたい。

- ① LVL による柱・はりの耐火構造部材の開発
- ② LVL による厚板床の準耐火構造部材の開発
- ③ LVL による中厚板壁（厚さ 60～90mm 程度）の耐火構造・準耐火構造及び構造耐力面材の開発
- ④ LVL による耐火被覆材の開発

【事業名】

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

【事業実施】

株式会社キーテック

代表取締役社長：松田一郎

〒 130-0082

東京都江東区新木場 1-7-22 新木場タワー

TEL: 03-5534-3741 / FAX: 03-5534-3750

kaihatsu@key-tec.co.jp

www.key-tec.co.jp

【共同研究】

一般社団法人全国 LVL 協会

〒 130-0082

東京都江東区新木場 1-7-22 新木場タワー

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

info@lvl.ne.jp

www.lvl.ne.jp

P.M: 一般社団法人全国 LVL 協会 宋昌錫

【共同研究開発関係者】

委員長：東京大学生産技術研究所 教授 腰原幹雄

防耐火担当：桜設計集団 安井昇

意匠・冊子製作：山代悟 + ビルディングランドスケープ

試験設計・指導：桜設計集団 安井昇

国土交通省 国土技術政策総合研究所防火基準研究室 鈴木淳一

独立行政法人建築研究所防火研究グループ 水上点晴

試験施設：日本建築総合研究所、日本住宅木材技術センター



発行日 平成 26 年 11 月
編集 株式会社キーテック
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 株式会社キーテック
〒136-0082
東京都江東区新木場 1-7-22 新木場タワー 8 階
TEL : 03-5534-3741 FAX : 03-5534-3750
E-mail: info@key-tec.co.jp
<http://www.key-tec.co.jp/>