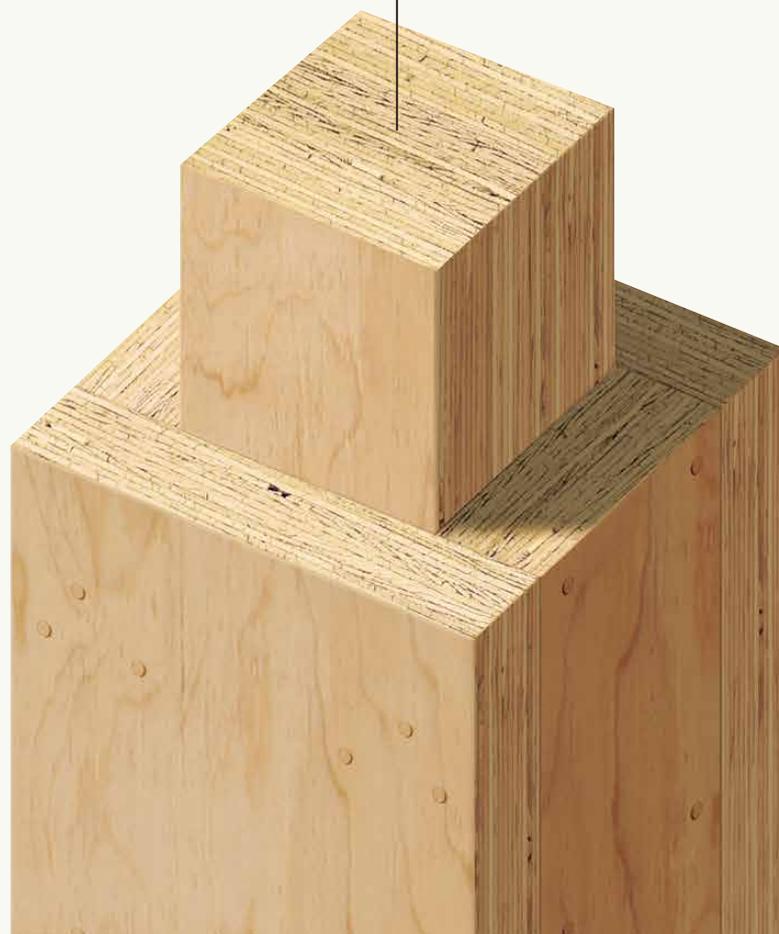


全国LVL協会

LVL被覆 1時間耐火構造(柱・梁)

Fireproof Covering Manual

すべて木製の耐火構造を実現



木材だけで 1時間耐火を実現

LVL被覆1時間耐火構造材は、難燃薬剤を処理したスギLVLで構造材を被覆した耐火部材です。耐火建築物の柱と梁を木材だけでつくることが可能になりました。

INDEX

Product

- 02 事例
- 03 大臣認定仕様
- 04 特徴
- 05 認定仕様詳細

Covering

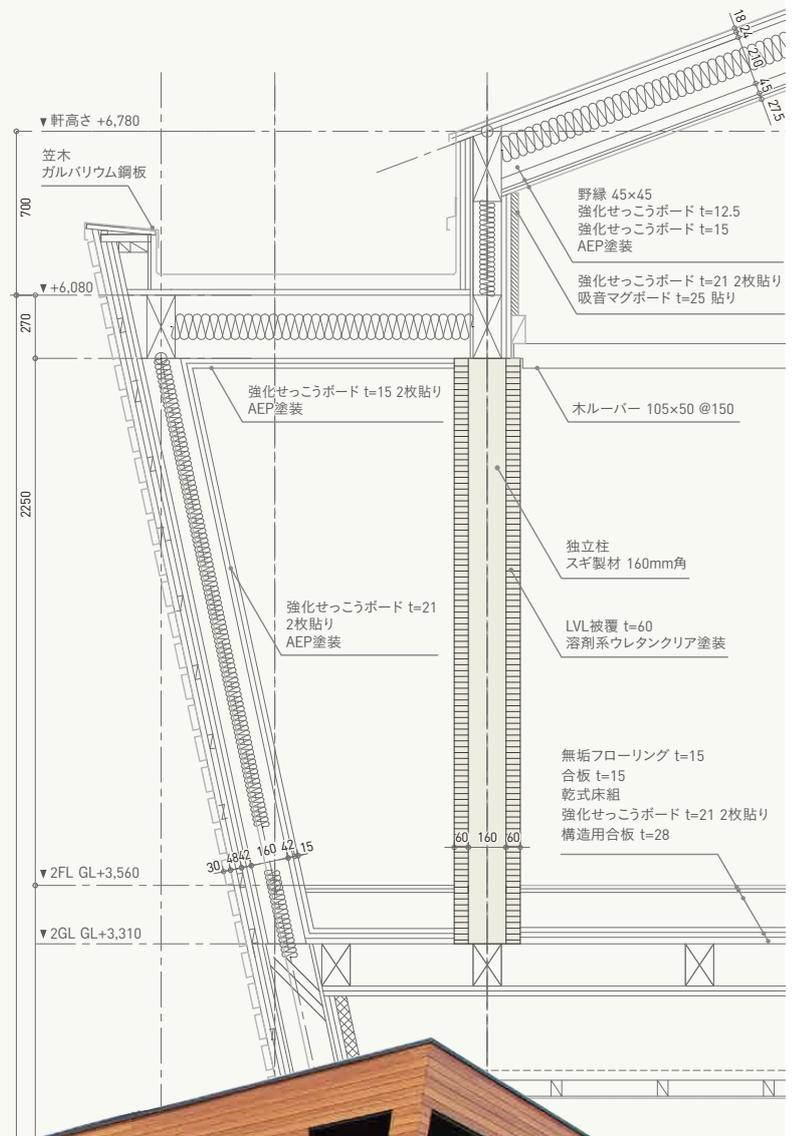
- 07 接合部・目地の耐火被覆
- 08 目地の処理方法
- 09 柱-梁接合部
- 10 LVL被覆-せっこうボード被覆
(LVL梁-ボード壁 / LVL柱-ボード天井(床))
- 11 LVL被覆-せっこうボード被覆
(LVL柱-ボード壁)
- 12 LVL被覆梁の配管貫通
- 13 木あらかしの耐震壁(CLT)
- 14 木あらかしの耐震壁(木ブレース)
- 15 その他納まり 鉄骨はり-LVL被覆耐火構造
- 16 (参考)耐火被覆した荷重支持梁の構造性能検証
- 17 LVLをはじめとする耐火木造建築の
取り組みと課題

LVL被覆
1時間耐火柱

やはた幼稚園 保育ルーム

難燃薬剤処理LVLによる耐火被覆の
1時間耐火柱を初めて採用した建築物。

- 敷地面積 : 1,447.24㎡
- 増築部建築面積 : 261.60㎡
- 増築部延床面積 : 426.32㎡
- 構造 : 木造一部RC造(木造櫛型耐震壁)
- 用途 : 幼稚園併設 保育施設 既存RC園舎に増築
- 階数 : 地上2階
- 用途地域等 : 準防火地域(新防火区域)
- 耐火要件 : 耐火建築物
- 設計:ビルディングランドスケープ





LVL被覆 1時間 耐火構造 柱

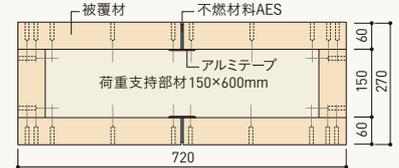
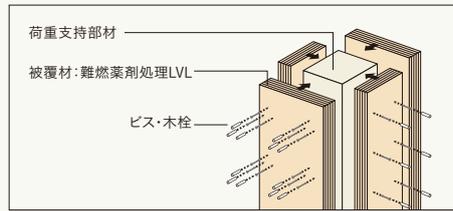
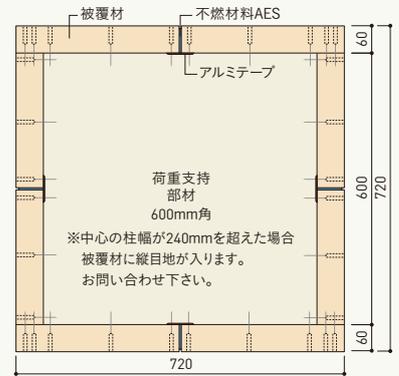
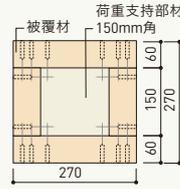
木製柱の周りを難燃処理を施した厚さ60mmのスギLVLで囲むことで、1時間の耐火性能を実現しました。

荷重支持部材

規格:LVL・集成材・製材 (LVLと集成材は使用環境Aのみ)

樹種:スギ・カラマツ・ホホワイトウッド・ヒノキ・ベイマツ・スプルース・アカマツ・ラジアータバイン・ダフリカカラマツ

寸法:150mm角～600mm角の間



LVL被覆 1時間 耐火構造 梁

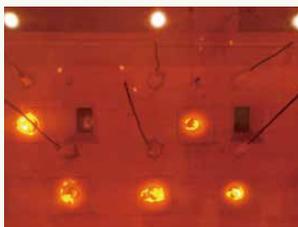
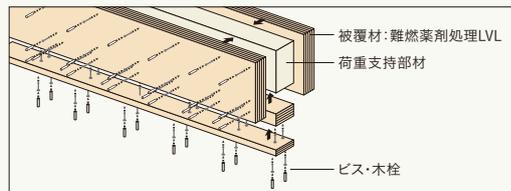
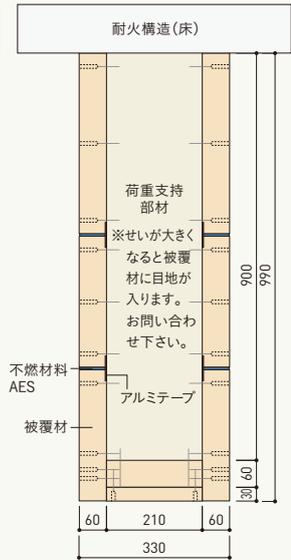
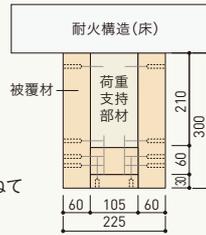
木製梁の側面を難燃処理を施した厚さ60mmのスギLVLで囲み、底面には60mmと30mmの同じLVLを重ねて1時間の耐火性能を実現しました。

荷重支持部材

規格:LVL・集成材・製材 (LVLと集成材は使用環境Aのみ)

樹種:スギ・カラマツ・ホホワイトウッド・ヒノキ・ベイマツ・スプルース・アカマツ・ラジアータバイン・ダフリカカラマツ

寸法:幅105mm×せい210mm～幅210mm×せい900mmの間 ※面取りは必須



耐火構造性能評価試験

(一財)日本建築総合試験所の耐火炉で 載荷加熱試験を行いました。荷重支持部材には炭化が見られませんでした。



すべて木製の耐火構造
(柱・梁共通)

荷重支持部材、周りを囲む被覆材、すべて木材です。荷重支持部材は製材・集成材・LVLでも使えます。



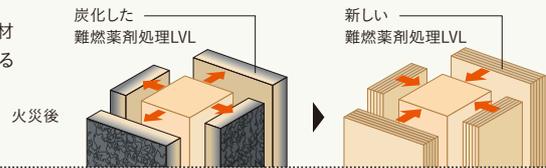
木の内装を実現
(柱・梁共通)

耐火被覆材のLVLをそのまま表しとすることができます。化粧材として厚み15mmまでの木材を貼ることもできます。被覆材LVLを表しとする時は別途指定の溶剤系ウレタン塗装をする必要があります。



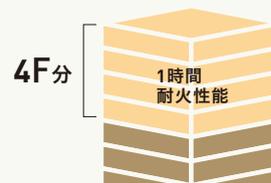
火災後の取り換えが可能
(柱・梁共通)

万一火災が起きた後も、外側の耐火被覆材をはがして新しい被覆材を現場で取り付けることができます。



耐火構造として使用可能
(柱・梁共通)

鉄骨造、RC造、木造等の構造形態を問わず、上から数えて4階までの柱・梁として使うことができます。



現場施工が可能
(柱・梁共通)

被覆材は現場用接着剤とビスを使って柱に取り付けます。工場で行うことが基本ですが、現場施工もできます。

環境負荷低減
(柱・梁共通)

難燃薬剤処理LVLについてLCA評価を行いました。厚60mm×1㎡を機能単位とした難燃薬剤処理LVLの原料採取から製造までの累積的なCO₂排出量60.5kg-CO₂eq/㎡に対し、建築物等に使われた場合の炭素貯蔵量はCO₂換算で59kg-CO₂/㎡とほぼ同程度の量に相当します。同等の耐火性能・機能単位を持つ強化せっこうボード(厚25mm+厚21mm)のCO₂排出量は、20.0kg-CO₂eq/㎡と算定されますが、炭素貯蔵効果は持ちません。詳しくはLVL協会資料HPをご覧ください。

大臣認定(一時間耐火構造)

(一般社団法人 全国LVL協会が取得しています。)

(柱)FP060CN-0805-1(1):りん窒素系薬剤処理
単板積層材被覆/木柱
FP060CN-0805-1(2):木材・りん窒素系薬剤処理
単板積層材被覆/木柱

(梁)FP060BM-0683(1):りん窒素系薬剤処理
単板積層材被覆/木製はり
FP060BM-0683(2):木材・りん窒素系薬剤処理
単板積層材被覆/木製はり

■ LVL被覆が
燃えどまる理由

未処理木材の場合

熱源に暴露されると木材表面で熱分解(260°C付近)が起こる。この時、可燃性ガスが発生。

可燃性ガスに引火し、炎を伴い燃焼する。同時に、木材表面では炭化が進み、大きなクラックができる。

熱源が離れても熱分解温度以下までは炭化の進行が進む。炭化層はもろく、崩れやすい。

**「りん酸系」
難燃薬剤処理木材の場合**

熱源に暴露されると木材表面で難燃剤の熱分解(200°C前後)が起こり不燃性ガスが発生し、可燃性ガスを希釈し木材の燃焼を抑える。

難燃剤が木材のセルロースから脱水し、脱水炭化発泡層を形成。木材内部への酸素を遮断し、熱の侵入を押さえる。

熱源が離れると、炭化発泡層のみが残る。層は薄く強固な層である。

難燃薬剤処理LVL

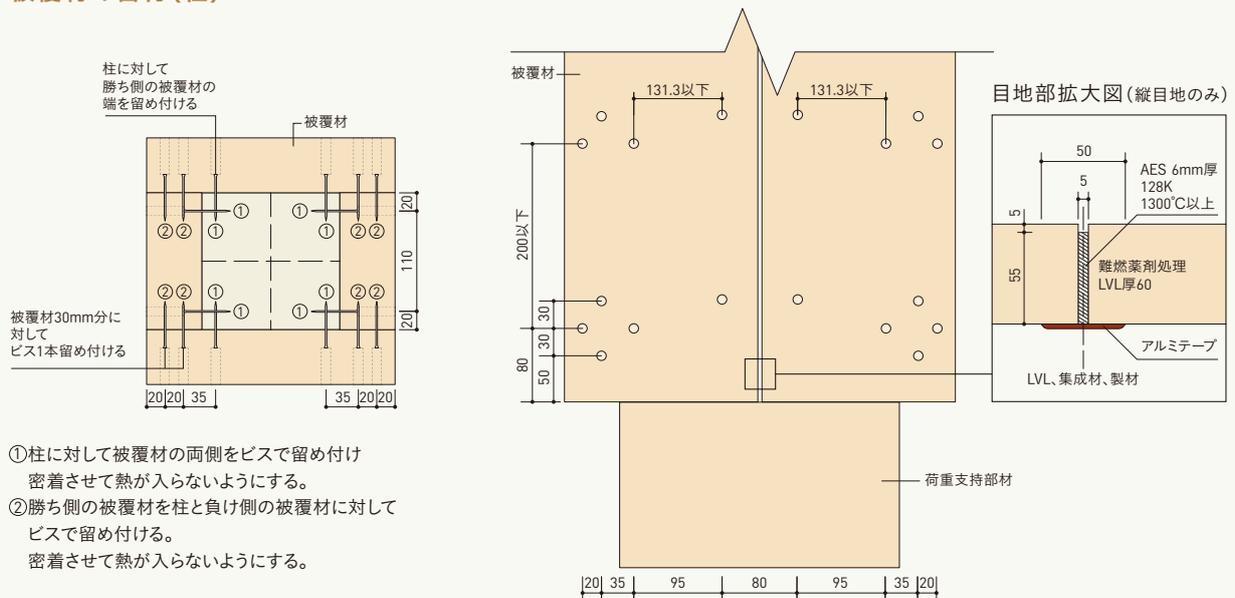
処理前の材料 / スギLVL 厚30mm (JAS構造用B種に準じたLVL)
 難燃薬剤 / W2-50 (株丸菱油工業製) (含浸量: 150kg/m³ 以上)
 接着 / 厚30mm2枚を厚60mmとする (接着剤: レゾルシノール樹脂で接着)

●最大寸法 (処理後) / 厚30mmまたは60mm×幅400mm×長さ4m ※柱・梁、寸法により異なります。(長さ4m以上も可能です。お問い合わせ下さい。)

難燃薬剤処理LVL

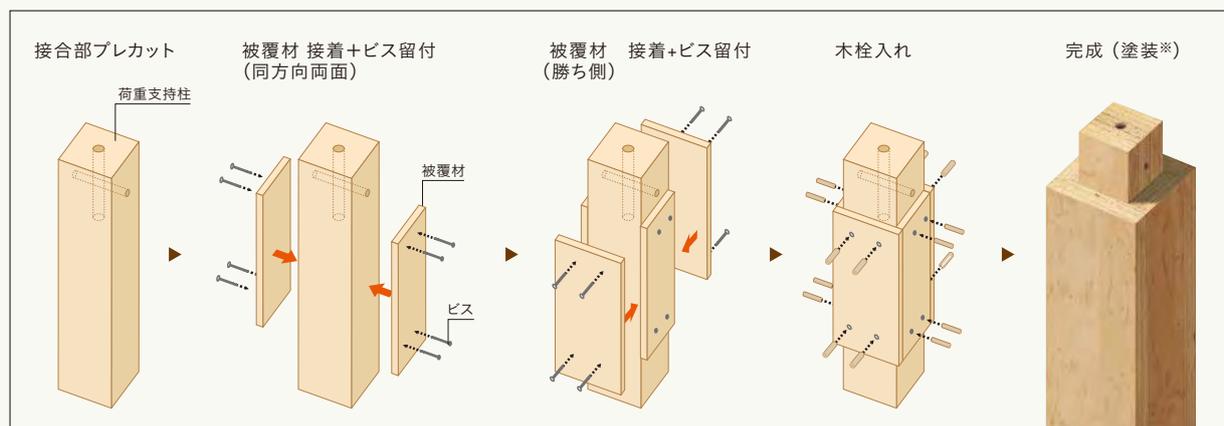


被覆材の留付(柱)



- ① 柱に対して被覆材の両側をビスで留め付け
密着させて熱が入らないようにする。
- ② 勝ち側の被覆材を柱と負け側の被覆材に対して
ビスで留め付ける。
密着させて熱が入らないようにする。

工程



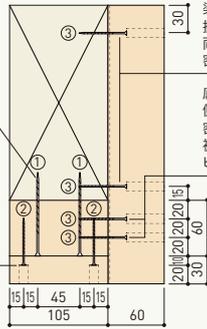
※被覆材を表しにする場合、指定の塗装が必要。

被覆材の留付(梁)

- ①底面60mm被覆材を接着ビスで留付
- ②底面30mm被覆材を60mm被覆材に留付
- ③側面の60mm被覆材勝ち側を負け側①②に密着留付

梁下面に対して接着剤を塗布した被覆材の両端をビスで留め付け、密着させて熱が入らないようにする。さらに30mm厚の被覆材を取り付けるので、木栓なしとしている。

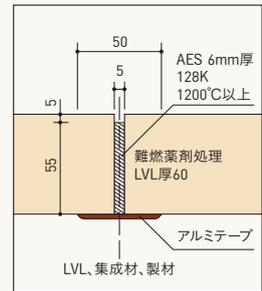
被覆材60mm厚に対して接着剤を塗布した被覆材30mm厚の両側をビスで留め付ける。先に留め付けたビスと干渉しない位置に留め付ける。



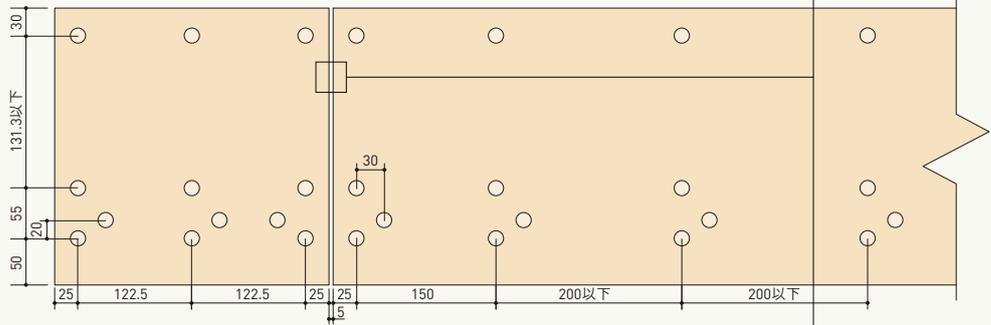
梁側面に対して接着剤を塗布した被覆材の両端をビスで留め付け、密着させて熱が入らないようにする

底面の被覆材60mmに対して側面の被覆材をビスで留め付ける。密着させて熱が入らないようにする。被覆材30mm分に対してビス1本を留め付ける。

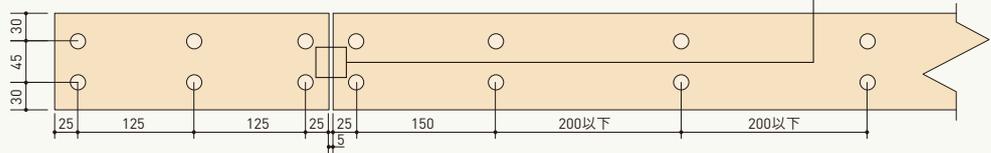
目地部拡大図(縦・横目地)



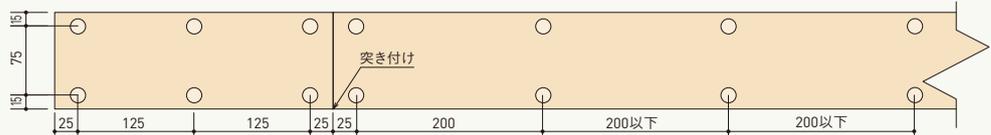
被覆材
側面 割付図
(難燃薬剤処理LVL厚60)



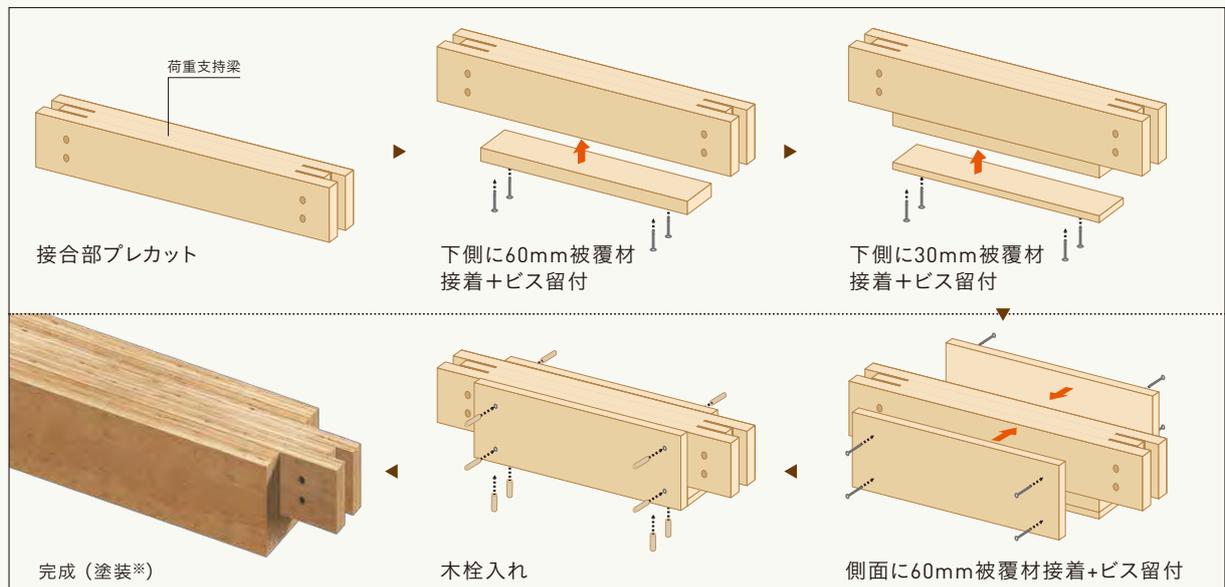
被覆材
底面下張材 割付図
(難燃薬剤処理LVL厚60)



被覆材
底面上張材 割付図
(難燃薬剤処理LVL厚30)

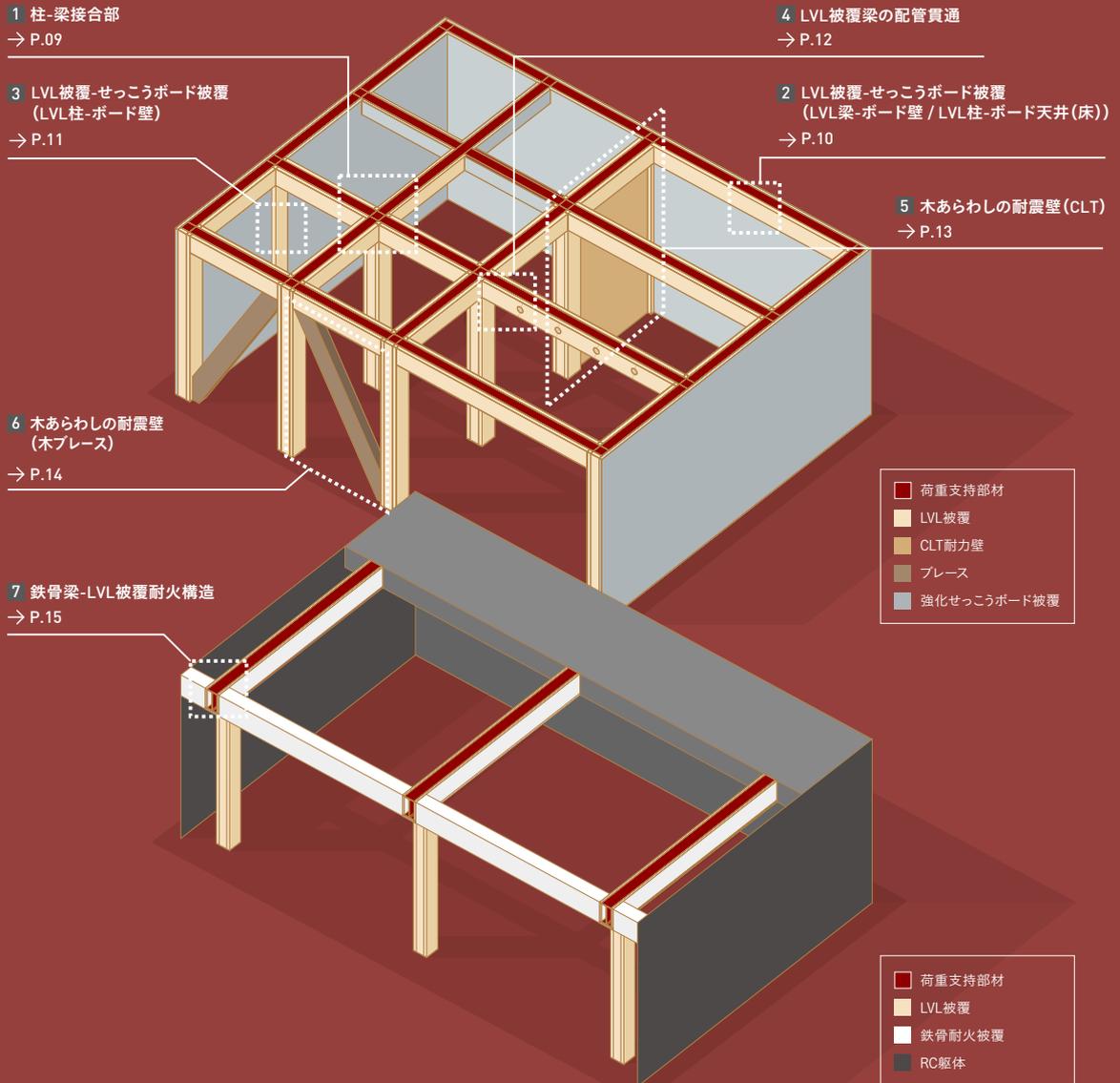


工程



※被覆材を表しにする場合、指定の塗装が必要。

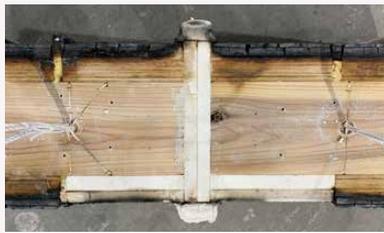
Model Frame



大臣認定の評価対象外である接合部と目地の耐火被覆について耐火性能検証を行いました。設計・施工の際は、物件ごとに建築主様と相談の上すすめていただけますようお願いいたします。



耐火性能の詳細はLVL協会HPの資料を参照ください。 <http://www.lvl.ne.jp/data/index.html>

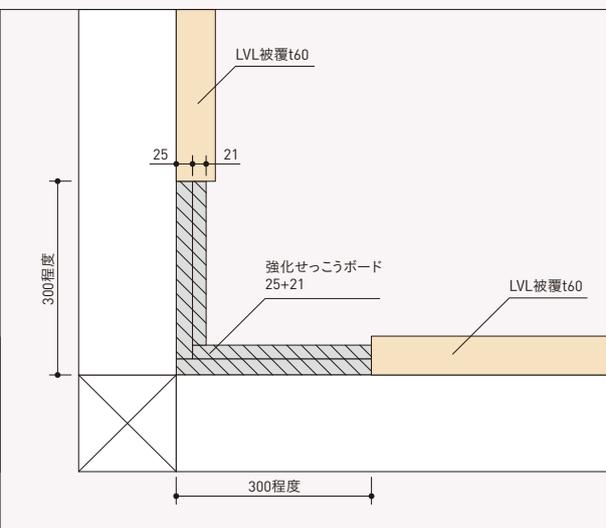
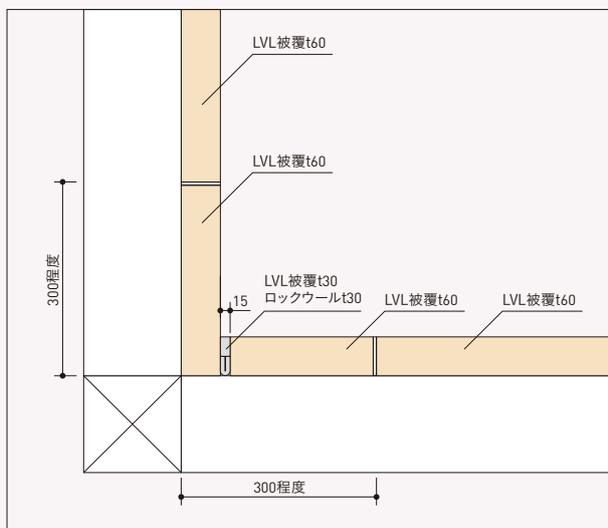
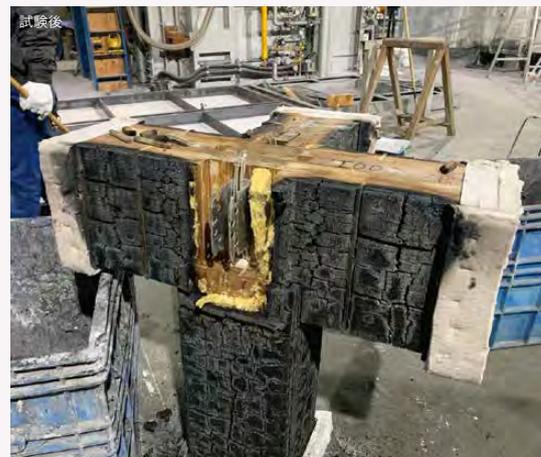
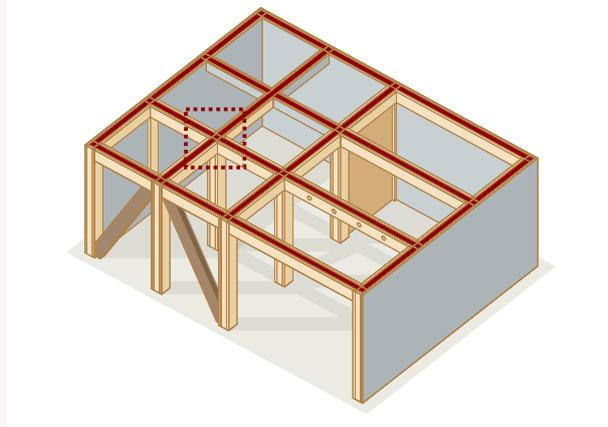
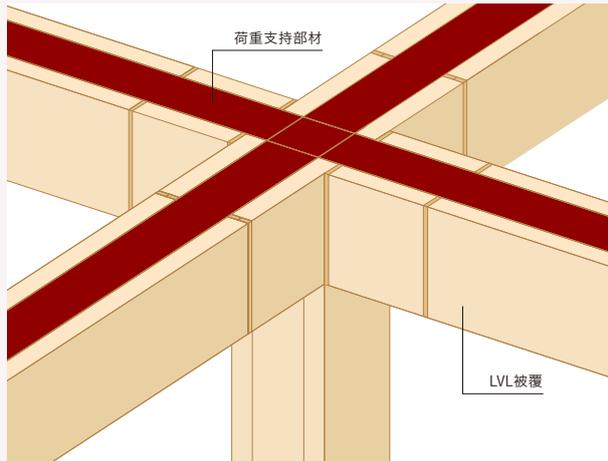


1時間耐火の性能確認試験を行って
性能を確認した仕様を掲載しています。

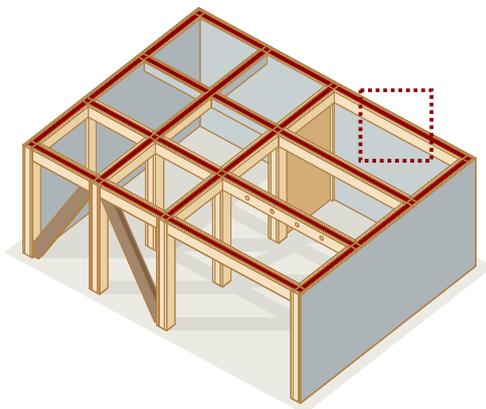
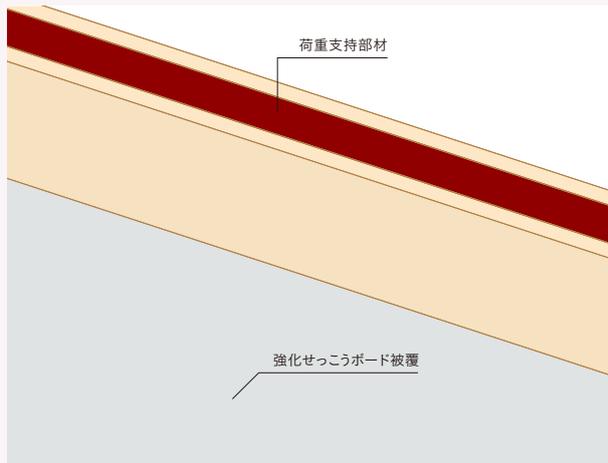
		耐火性能	× 検証していません	◎ (認定仕様)	○	○	
LVL被覆 同士	目地形状						
	材1	LVL被覆t60	LVL被覆t60	LVL被覆t60	LVL被覆t60	LVL被覆t60	
	材2	LVL被覆t60	LVL被覆t60	LVL被覆t60	LVL被覆t60	LVL被覆t60	
	クリアランス	0mm	5mm	15mm以下	15mm以下	15mm以下	
	充填材	—	アルミテープ+AES6.0mm厚	ロックウール+ 難燃薬剤処理LVL	ロックウール+ 耐火シーリング材※1・2		
平部		耐火性能	○	○※3	○	○※3	
LVL被覆- せっこう ボード	目地形状						
	材1	LVL被覆t60	LVL被覆t60	LVL被覆t60	LVL被覆t60	LVL被覆t60	
	材2	強化せっこうボードt25+ 強化せっこうボードt21	強化せっこうボードt25+ 強化せっこうボードt21+ 構造用合板t12	強化せっこうボードt25+ 強化せっこうボードt21	強化せっこうボードt25+ 強化せっこうボードt21+ 構造用合板t12		
	クリアランス	0mm	0mm	8mm	8mm		
	充填材	—	—	ロックウール+ 耐火シーリング材※2	ロックウール+ 耐火シーリング材※2		
		耐火性能	◎ (認定仕様)	○	○	△※4	△※4
出隅	目地形状						
	材1	LVL被覆t60	LVL被覆t60	LVL被覆t60	LVL被覆t60	LVL被覆t60	
	材2	LVL被覆t60	強化せっこうボードt25+ 強化せっこうボードt21	強化せっこうボードt25+ 強化せっこうボードt21	LVL被覆t60	LVL被覆t60	
	クリアランス	0mm	0mm	0mm	1mm	2mm	
	充填材	—	—	—	—	目地表面に5mm角の クリアランスを設け 耐火シーリング材※1充填	

※1 耐火シール120(セメダイン製) ※2 タイガー耐火シーラント(吉野石膏製) ※3 試験で確認していないが耐火性能上有利と考えられます。
※4 認定仕様とは異なります。施工後の経年で「万が一」空いてきた場合、この処理方法を施せば1時間耐火性能があることを確認しています。

柱から四方に4本梁が接合された接合部を再現し耐火試験を行った。
荷重支持柱・梁ともに炭化は無かった。接合部を被覆する際の被覆材の材料および目地は「目地の処理方法」のいずれかとする。
柱と梁の断面幅が違う場合に生じるクリアランスには、難燃薬剤処理LVLかロックウール220kg/m³を充填すること。



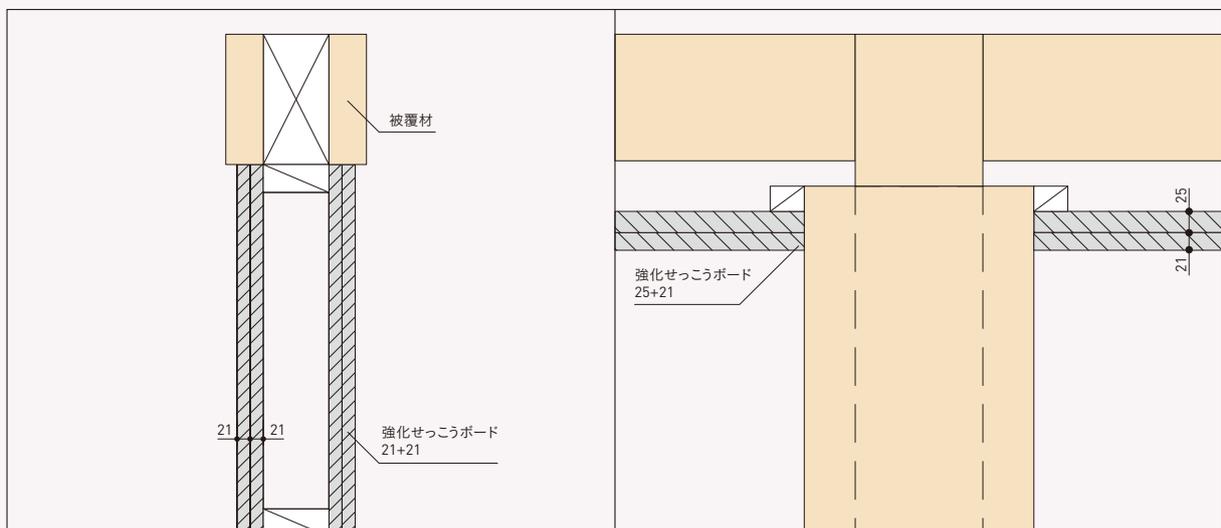
LVL被覆梁の直下にせっこうボード被覆耐火壁がきた場合、
LVL被覆柱の横にせっこうボード被覆耐火天井(床)が来た場合を再現し耐火試験を行った。
荷重支持柱・梁・下地材に炭化は無かった。



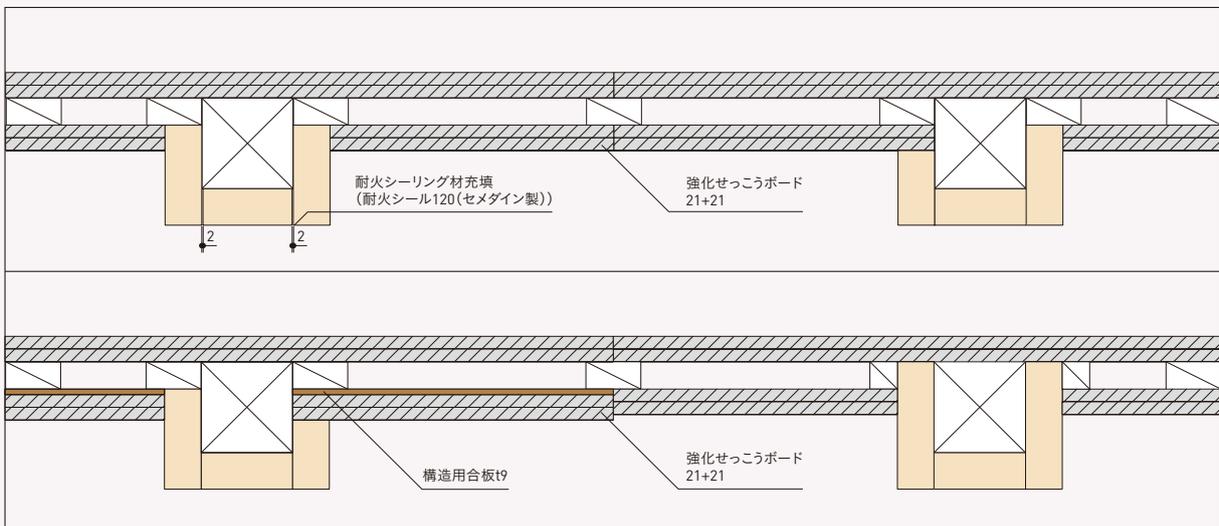
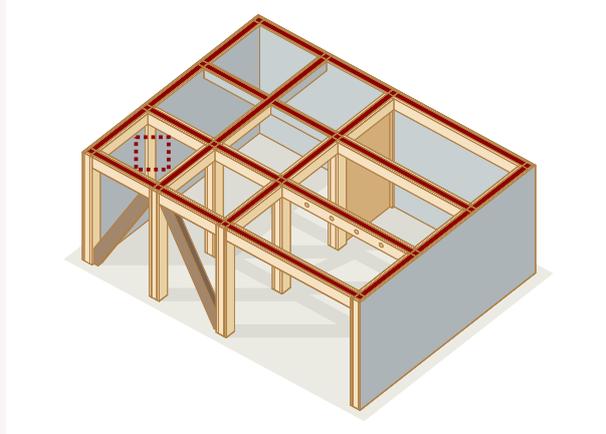
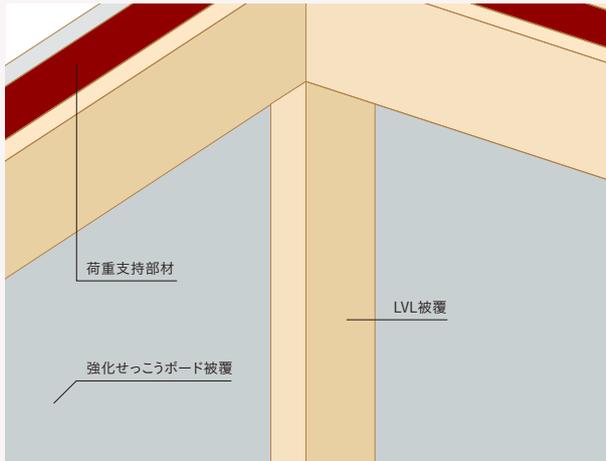
LVL梁-ボード壁



LVL柱-ボード天井(床)



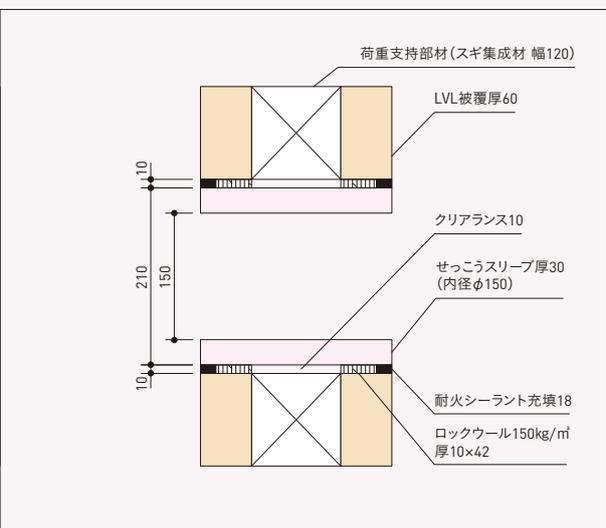
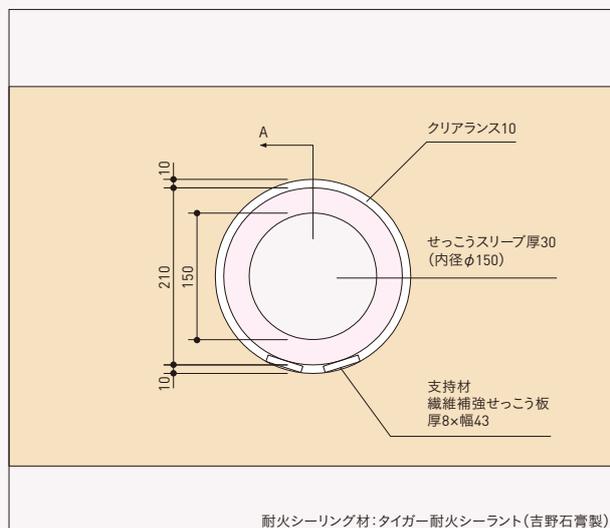
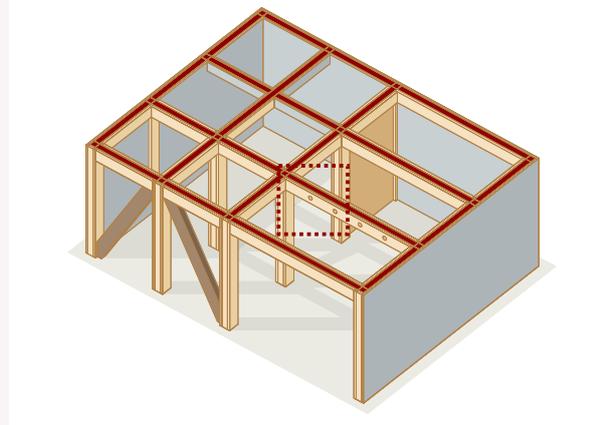
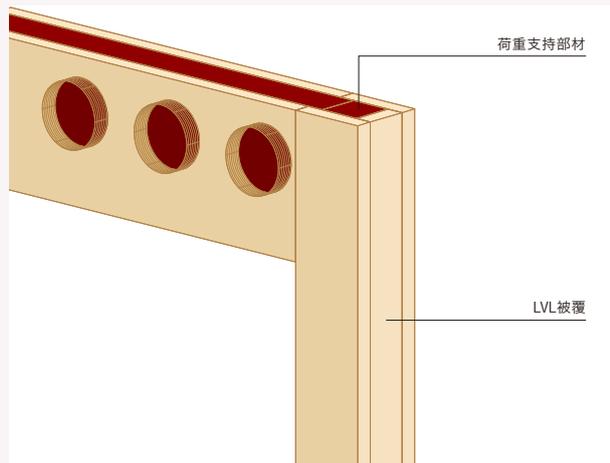
LVL被覆柱の横にせっこうボード被覆耐火壁がきた場合を再現し耐火試験を行った。
 LVL被覆勝ちとしても、せっこうボード被覆勝ちとしても荷重支持柱・下地材に炭化は無かった。
 せっこうボード被覆壁が合板耐力壁であった場合でも炭化は無かった。



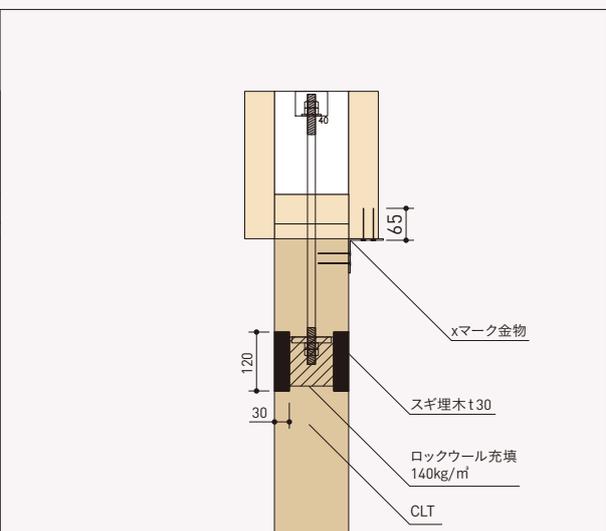
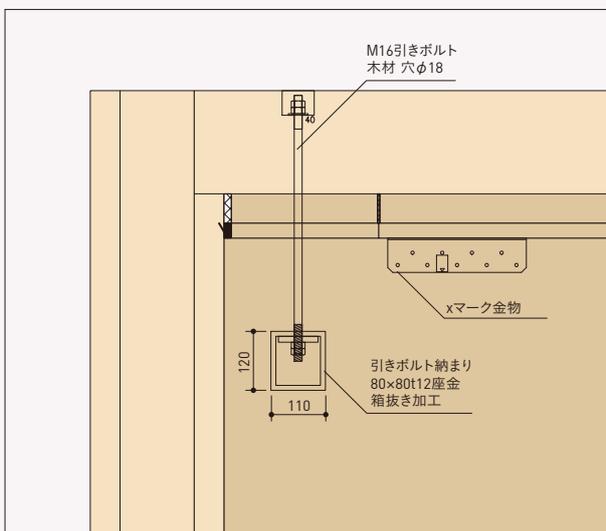
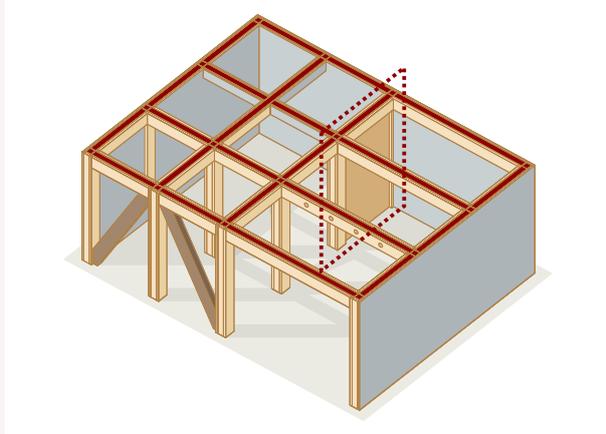
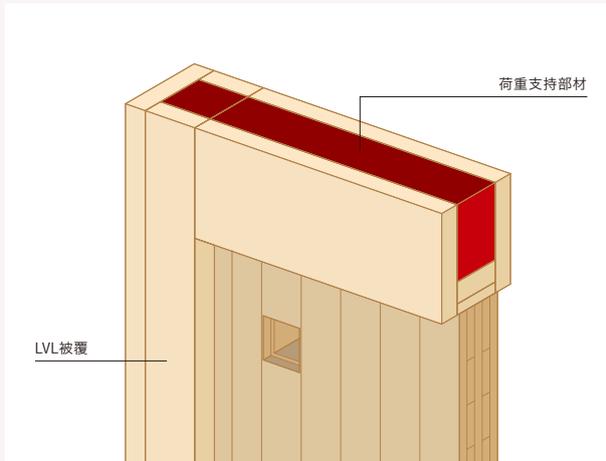
LVL被覆梁に配管用の貫通穴を開けた場合を再現し耐火試験を行った。

せっこうスリーブは厚30×外径210(内径150)とした。

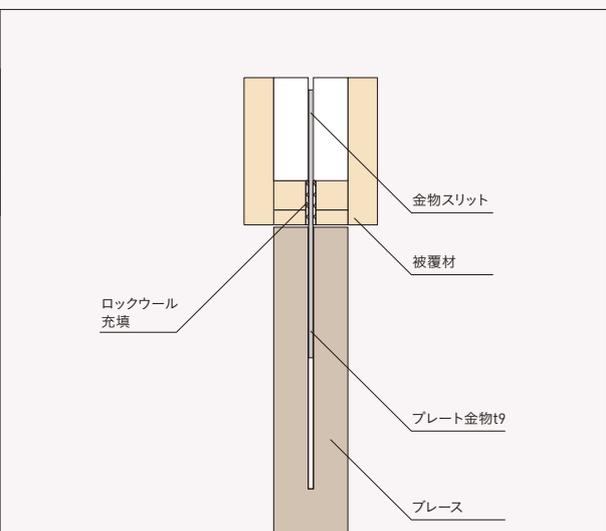
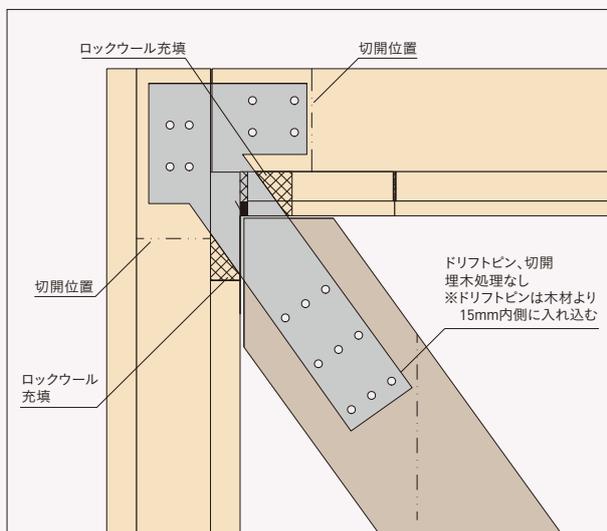
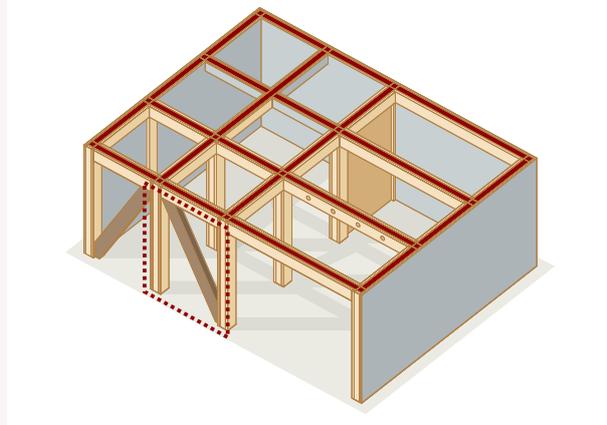
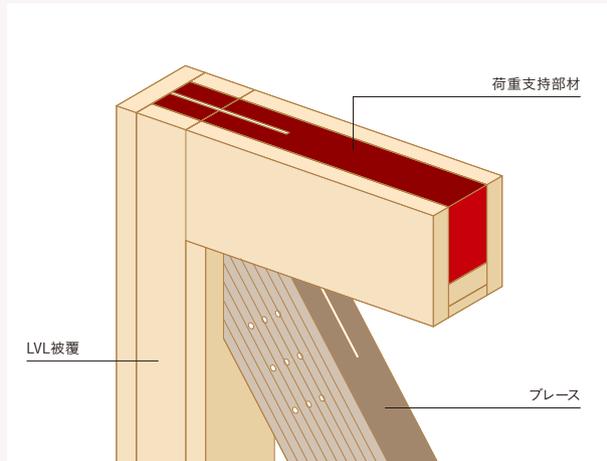
せっこうスリーブをガラス繊維板t8で支持した空間にロックウールを敷き詰め、耐火シーリング材を充填した。荷重支持梁に炭化は無かった。なお、貫通穴による梁の曲げ性能の低下については別途検討が必要である。



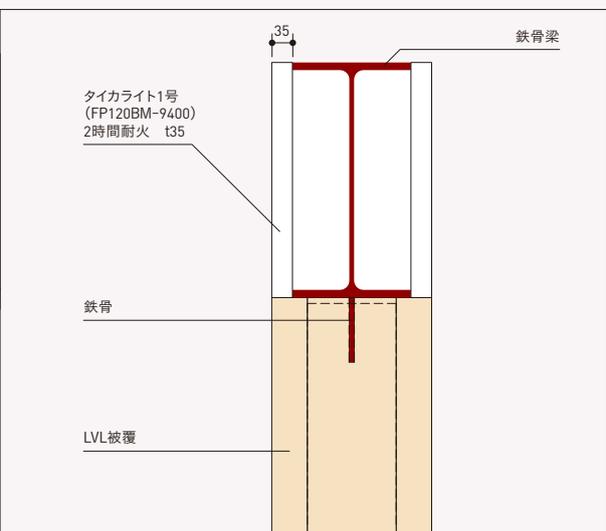
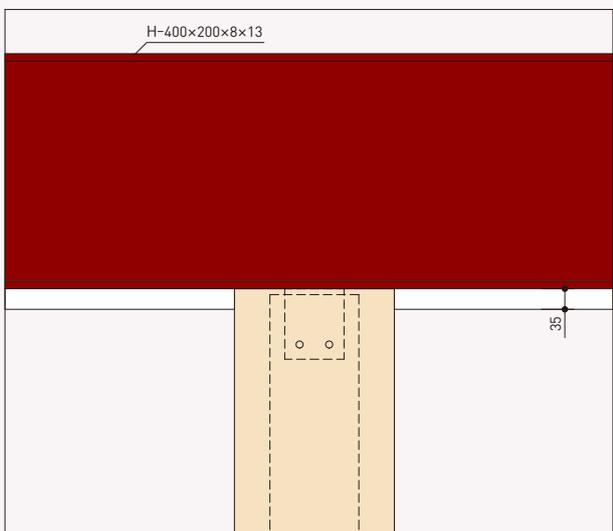
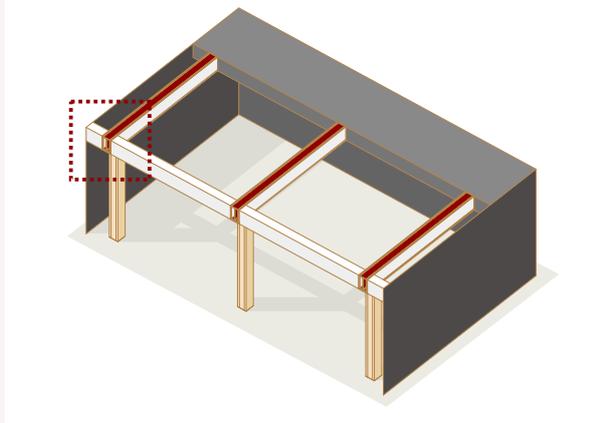
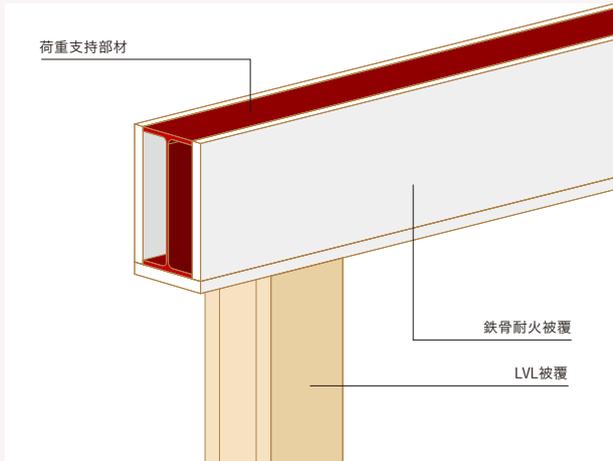
LVL被覆柱・梁接合部に木あらかしの短期部材 (CLT耐震壁) を取付けた場合を再現し耐火試験を行った。柱と梁はスギ集成 (使用環境A)、150角および150×210とした。CLTは90mm厚と150mm厚のスギ (使用環境A) とした。接合方法と金物は図の通りである。90mm厚は加熱中の57分で燃え落ち、150mm厚は300分程度まで燃えたが、最終的に内部温度は低下し、荷重支持柱・梁ともに炭化は無かった。



LVL被覆柱-梁接合部に木あらかわしの短期部材(ブレース)を取付けた場合を再現し耐火試験を行った。ブレースはカラムツ集成材(使用環境A)とした。プレート金物はt9、ドリフトピン16とした。LVL被覆内の金物間空洞にはロックウール150kg/m³を充填、LVL被覆は後施工できるように20mm幅目地を設け、内部にロックウール充填、表面に耐火シーリング材を充填した。加熱が終了し、ブレースは燃えつきたのち内部温度はすべて低下した。荷重支持柱に金物が挿入されている部位で、柱にわずかに炭化が見られた。この仕様は本耐火構造の仕様として推奨できない。しかし、ブレースと柱梁間で熱を吸収させる何らかの処置をすれば1時間耐火性能を実現できる可能性がある。



混構造で本耐火構造を設計することを想定し、耐火被覆した鉄骨梁にLVL被覆柱を取付けた場合を再現し耐火試験を行った。鉄骨梁の温度が上がらないよう、鉄骨部分は2時間耐火構造とした。鉄骨の内部温度は、最大200度まで上昇したが、最終的にすべての内部温度が低下し、荷重支持柱の炭化は無かった。



(参考) 耐火被覆した荷重支持梁の構造性能検証

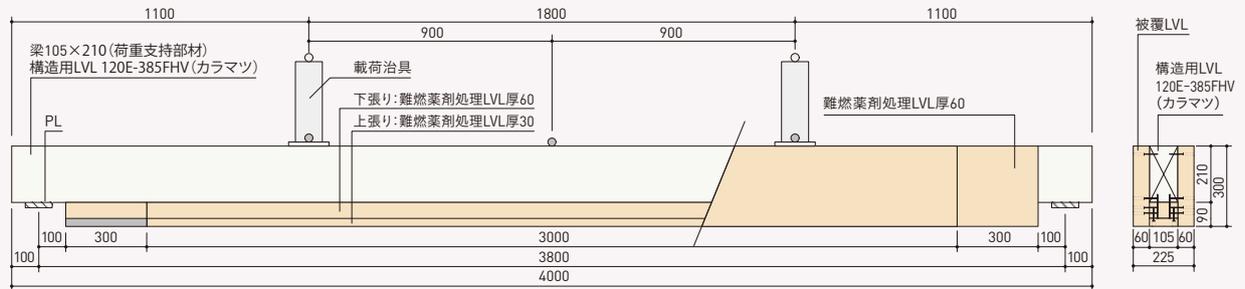
耐火被覆材である難燃薬剤処理LVLは主要構造躯体として構造計算に含めることはできない。しかし、含浸前は構造用LVLと同等の性能を持ち、含浸後もほぼ同一の強度性能を持つことを確認している。被覆材を梁や柱の補強要素として考慮できるのではないかと考え、梁の曲げ試験を行った。

試験体

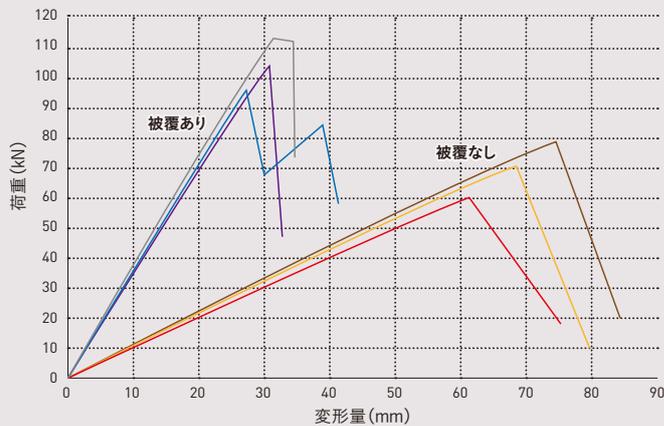
- 梁3体: 120EカラマツLVL 幅105mm×せい210mm×4M
(設定上最小断面寸法)
- 被覆した梁3体: 幅225mm×せい300mm×4M



曲げ試験



荷重変形グラフ



被覆した梁は被覆しない梁に比べて、曲げ剛性EIで3.4倍、曲げ強度は1.5倍となった。

EI計算値では小断面梁(120 E)で2.5倍、大断面梁(E105 集成材 210×900)の場合、EI計算値で1.5倍となる。
(前提条件: 被覆材LVLの曲げヤング係数を60E相当(1)とし、各部材のEIを合計してEI計算値を算出)

引用(1): 平成27年度林野庁補助事業報告書、LVL協会HP

LVLをはじめとする 耐火木造建築の 取り組みと課題

目的・背景

中大規模木造建築の実例が増えてきた中で、さらなる普及を図るためには、建築の企画、設計、施工、維持管理などの様々な局面での課題を整理し、改善していく必要があります。2000年の建築基準法の改正以降、2010年の公共建築物等への木材の利用の促進に関する法律の施行などを背景に、構造設計や防耐火設計などは急速に進歩してきましたが、製造上の効率性や施工性の向上にはまだまだ課題が残っています。いくつかの事例をご紹介します。今後の課題について考えていきます。

事例 1

準耐火構造 3階建ての動物病院



設計当時、大臣認定を取得するためにLVLの耐火実験が進められていて、このプロジェクトは採用第一号として最適な規模と条件で、LVL木層ウォールと在来軸組構法を併用して実現しました。LVL木層ウォールの施工時における苦労は主に3つありました。1つ目は建て方時の精度、基礎との取合いは1mm精度を要求され、LVLパネルを基礎へ取付ける際のアンカーボルトはコンクリートに予め打込まず、ケミカルアンカーを後打ちすることになりました。2つ目は設備配置、構造用LVLに孔をあけて通すといったことや設備を埋め込むことが困難であるため、配線スペースの天井を下げて確保したり、金属の配線ラックを別で取付けたりする等の対処を行いました。3つ目はLVLの塗装で、南面のLVL木層ウォールや仕上げ用LVL(キーラムインテリア)にはラミナの積層面が表面に見えるものを使用しましたが、塗装前の表面がささくれて手に刺さってしまう点に苦労しました。在来軸組部分の被覆については、耐火被覆は厚さ12.5mmの強化せっこうボードを使い、待合室に面する斜め壁ではそのせっこうボードの上に仕上げ用LVLを貼っています。

事例 2

一時間耐火構造 2階建ての保育ルーム



このプロジェクトは補助金事業であったので、申請書類、設計等を非常に短期間で計画をまとめる必要がありました。その中で、様々な条件を1時間耐火構造でどう解くかということを短期間で考えなければなりません。1時間耐火構造とするために厚さ21mmの強化せっこうボードを2枚ずつ貼らなければなりません、12.5mmのせっこうボードと比較すると重いため、1枚あたりの規格寸法が小さいこともあり、多くの枚数を貼る必要がありました。この建物では建て方期間が約3週間程であったのに対し、せっこうボードの貼付け期間には約2ヶ月を要することになりました。この建物ではLVL被覆の独立柱を2階の1部に使用することができました。LVL被覆は工場で行われるので、建方後に職人さんが現場で被覆作業を行う必要がなく、現場工期の短縮に繋がると思います。ただし被覆の部分が損傷してしまうと本来の性能を発揮しない恐れがあるため、建方後には雨や外部からの衝撃からは守る養生計画を十分行う必要を感じました。

これから

今後のさらなる中大規模木造建築の普及促進に関して、特に防耐火設計の観点から、いくつかの課題があります。

その課題を解決するにあたっての

難燃処理LVL耐火被覆の可能性について考えてみましょう。

工事中の雨濡れによる耐火被覆の劣化対策

建築規模が大きくなるにしたがい、建て方工事の日数は伸びる傾向にあり、工事中の雨濡れによるせっこうボード系の耐火被覆材の劣化への対策が重要になります。現場作業を短縮するためにあらかじめ工場でせっこうボード被覆を事前に施工してくるなどの対策もありますが、中高層化するなかで工事が長期化すると、かえって雨濡れを起こす可能性もあります。また構造の接合部分などが複雑化する中で、事前にせっこうボードを被覆できないケースもあります。ある程度雨濡れをしても劣化しない耐火被覆を開発する必要があります。LVL被覆については、材料そのものは多少の雨濡れには耐えられると考えられますが、どの程度の雨濡れでどの程度の性能低下が起きるかといった研究を進めたり、製造上の工夫や処置を進めていく必要があると思います。材料保護としての透湿防水シートなどを被覆の層構成に取り込むなどの工夫も考えられるかもしれません。

耐火被覆越しのカーテンウォールなどの二次部材の取り付け

建築を構成するためには主要な構造を成り立たせるだけでなく、カーテンウォールや各種金物など、多数の二次部材を主要な構造に止付ける必要があります。その際に二次部材を耐火被覆部材を貫通して柱や梁のような主要構造部まで止付ける必要がありますが、せっこうボードなどの荷重を支持できない厚い層を貫通して固定する必要があります。そのためにはより太いビスなどの使用が考えられますが、その際には火災時にビス越しに熱が伝わり、主要構造を損なってしまう恐れがあります。現在はそれぞれのメーカーなどで個別に実験を行い、ビスの太さなどを検証していますが、太さに限りがあるために制約も生じると考えられます。

LVL被覆材は、被覆材料にもネジが効くなどの利点があると考えられるが、実際にどのような耐力が取れるかなどのデータは不十分です。また先述の熱橋対策については、せっこうボード系の耐火被覆材はそこを貫通するビスなどの熱を吸収してくれるなどの利点があるが、LVLにそのような効果がどの程度あるか分かっていない部分もあります。構造的な負担ができ、同時に熱を吸収できるような工夫はないかなど、さらなる開発が期待されます。



ビルディングランドスケープ 一級建築士事務所
山代 悟 SATORU YAMASHIRO

1969年鳥根県生まれ。1993年東京大学工学部建築学科卒業、1995年同大学大学院修士課程修了。1995年～2002年横総合計画事務所勤務を経て、2002年ビルディングランドスケープ設立共同主宰。2002年～2009年東京大学大学院工学系研究科建築学専攻助手、助教。現在は芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授。

LVL被覆耐火構造 材料・施工関連企業リスト(五十音順)

社名	LVL耐火に関して提供できるサービス	問い合わせ先
株式会社 ウッドワン	荷重支持部材、設計へのアドバイス	構造システム営業部 構造設計課 050-9000-3353 https://www.woodone.co.jp
株式会社 オノツカ	荷重支持部材(集成材)、加工、組立	営業部 024-945-1393 http://onotsuka.co.jp/
株式会社 キーテック	荷重支持部材、難燃薬剤処理LVL、加工、設計へのアドバイス	営業本部 営業開発部 03-5534-3745 www.key-tec.co.jp
齋藤木材工業 株式会社	荷重支持部材(集成材)、加工、組立	建築部 0268-68-3811 https://saito-mokuzai.co.jp/
株式会社 シェルター	加工、施工、木造耐火設計、構造設計、木造耐火コンサルティング	営業部 03-5418-8800 https://shelter.inc/
シネジック 株式会社	被覆材の接合ビス	R&D推進室 022-351-7330 https://www.synegic.co.jp/
株式会社 篠原商店	加工・組立・施工	営業部 03-3995-7288 https://www.shinoharashoten.com/
ジャパン建材株式会社	設計、加工、施工、中大規模木造建築相談窓口	木構造建築室 03-5534-3719 https://www.jkenzai.co.jp/
株式会社 スクリムテックジャパン	木材接合金物(ホームコネクター・タフネスコネクター)	092-919-8006 http://www.scrimtec.co.jp
セメダイン 株式会社	各種接着剤、耐火シーリング材など	建築営業部第一グループ 03-6421-7275 https://www.cemedine.co.jp
藤寿産業 株式会社	荷重支持部材(集成材)、加工、組立	営業部 024-944-7550 https://toju.co.jp
若井産業 株式会社	木質構造用ねじ、各種造作ねじなど	情報管理室 06-6783-2081 www.wakaisangyo.co.jp
SMB建材 株式会社	設計、材料(部材・加工)販売、施工	木構造建築部 03-5573-5300 https://summit-hr.com/

※大臣認定に従った適切な設計、施工のため具体的な内容については各社、またはLVL協会にお問い合わせください。

一般社団法人 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
mail:info@lvl.ne.jp

本パンフレットは「令和2年度 木材製品の消費拡大対策のうち
CLT 建築実証支援事業のうちCLT 等木質建築部材開発・普及事業」の一環で製作いたしました。