

一般社団法人 全国 LVL 協会

技術部会 開発事業

成果発表会

平成 23 年 6 月 13 日 (月)

新木場タワー1 階大ホール

一般社団法人 全国 LVL 協会

目次

プログラム	1
講演者略歴	2
LVLの構造利用拡大	4
LVLの防耐火材料開発	7
LVLの仮囲い開発	19
I-JOISTの過去と未来 - 国産LVLを用いたI-JOISTの開発 -	23

プログラム

【場所】

13:30～18:00 講演会 1階 大ホール
18:15～19:30 意見交換会 18階 レセプションルーム

13:30	開会挨拶	一般社団法人 全国 LVL 協会 会長 松田一郎
13:40	来賓挨拶	国土交通省 大臣官房官庁営繕部 整備課木材利用推進室 室長 仲江 肇 様
13:50		林野庁 木材産業課 課長 淵上和之 様
14:00	基調講演	東京大学大学院農学生命科学研究科 特任教授 安藤直人
15:00	休憩	
15:20	LVL の構造利用拡大	東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授 稲山正弘
16:00	LVL の防対火材料開発	東京大学大学院生産技術研究所 准教授 腰原幹雄
16:40	休憩	
17:00	LVL の仮囲いの開発	森林総合研究所 複合材料研究領域 集成加工担当チーム長 宮武 敦
17:30	Iジョイストの過去と未来 -国産 LVL を用いた I-joist の開発-	北海道立総合研究機構 林産試験場 技術部 研究主任 大橋義徳
18:00	閉会挨拶	
18:15	意見交換会	

安藤直人

東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 木質構造学研究室 特任教授

東京生れ、農学博士

東京大学農学部林産学科卒、同大学院修士課程修了、住宅会社勤務後、東京大学助手、住宅会社研究所取締役、京都大学木質科学研究所客員助教授、木質住宅研究所、東京大学大学院農学生命科学研究科助教授を経て、2004年より同大学院木質材料学講座教授、2011年4月より東京大学大学院木質構造学講座（JKHD）特任教授
現在：日本木材輸出協議会会長、NPO法人「木未来」理事長、等

稲山正弘

東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 木質材料学研究室 准教授

1958	愛知県生まれ
1982	東京大学工学部建築学科卒業
1982～86	ミサワホーム勤務
1992	東京大学大学院博士課程修了、博士（工学）
1990	稲山建築設計事務所設立
2001～02	ものづくり大学建設技能工芸学科助教授
2005～	東京大学大学院農学生命科学研究科准教授

腰原幹雄

東京大学大学院 生産技術研究所 人間・社会系部門 木質構造学 准教授

1992	東京大学工学部建築学科卒業
1994.03	東京大学大学院工学系研究科建築学専攻修士課程修了
1994.04-2000.05	構造設計集団<SDG>
2001.03	東京大学大学院工学系研究科建築学専攻博士課程修了 博士（工学）
2001.04-2001.05	東京大学大学院工学系研究科・研究生
2001.05-2005.03	東京大学大学院工学系研究科・助手
2001.04-2005.03	武蔵野美術大学・非常勤講師
2005.04-2007.03	東京大学生産技術研究所・助教授
2006.04-	横浜国立大学・非常勤講師
2006.04-2009.03	東京工芸大学・非常勤講師
2007.04-	東京大学生産技術研究所・准教授
2009.04-	九州大学・非常勤講師

宮武敦

独立行政法人 森林総合研究所 複合材料研究領域 集成加工担当チーフ長 宮武 敦

1962	愛媛県生まれ、
1986	東京農工大学農学部林産学科修士課程修了
1986	農林水産省林業試験場（現森林総合研究所）入省
2004～	現職：複合材料研究領域チーフ長（集成加工担当）

大橋義徳

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 林産試験場 技術部 研究主任 大橋義徳

1969	愛知県生まれ
1993	北海道大学農学部林産学科卒業
1993～96	住宅メーカー勤務
1996～	北海道立林産試験場勤務
2009	北海道大学より博士（農学）の学位を授与

LVLの構造利用拡大

東京大学大学院 農学生命科学研究科
木質材料学研究室
准教授 稲山正弘

- LVLを用いたストレススキンパネルの四点曲げ試験
- 厚板LVL工法における柱脚接合耐力の検証
- LVL厚板壁2層鉛直構面水平加力試験
その2 柱頭柱脚接合部にかかる引抜力の分析
- LVLを用いたストレススキンパネルの四点曲げ試験
LVL-SSP (LVLを用いたストレススキンパネル)

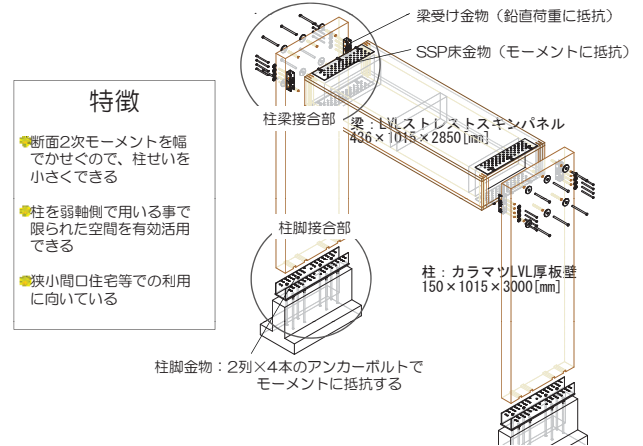
LVLを用いたストレススキンパネル、および厚板壁による木質ラーメン構造の開発



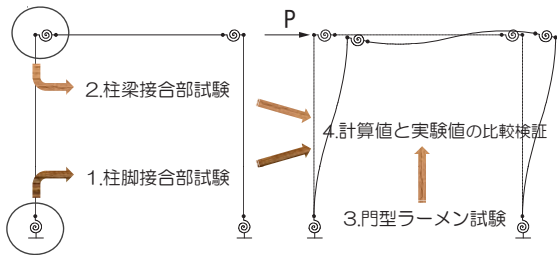
柱材：LVL厚板壁 梁材：LVL-SSP (LVLストレススキンパネル)

目的
本研究はLVLの特性を活かした厚板壁とSSP (ストレススキンパネル) を組み合わせた幅広いラーメン構造を開発し、その力学的特性を明らかにする事を目的とする。

ラーメン架構の設計



流れ



- 両接合部を回転剛性を有する回転バネと考えた。
- 要素実験として1, 2.を行い、回転剛性その他特徴を明らかにする。
- 3.の後4.で接合部試験結果を用いて増分解析を行い、実験値との比較検証を行った。

LVLを用いたストレススキンパネル、および厚板壁による木質ラーメン構造の開発のまとめ

- 柱脚接合部試験**
 - 1/10[rad]まで金物の浮き上がりによる回転の割合が最大大きい。
 - 1/15[rad]以降ヒスのせん断変形による回転の割合が増大し、最大モーメント以降関係が逆転した。
- 柱梁接合部試験**
 - 終始柱の変形による回転の割合が最大大きい。
 - ボルトのめり込みによる回転の割合が荷重と共に増大し、最大モーメントでは柱の変形によるそれと同程度になった。
- 門型ラーメン試験**
 - 門型ラーメン試験で柱梁接合部と違う柱の曲げ破壊が起こったのは、柱梁接合部試験では接合部がT型であるのに対し、門型ラーメンではL型であり、柱が受けるモーメントが倍になるためと思われる。
- 計算値と実験値の比較検証**
 - 実験から求めた1/100[rad]と1/75[rad]における反曲点高比の間に計算値が相当し、試験体がほぼ弾性を維持していた範囲であるため計算値が妥当なものであると考えられる。
 - 増分解析によるP- γ 曲線の予測は実際の結果と近いが危険側にしている。
 - 柱材のせん断破壊、曲げ破壊が起こったのが1つの要因と考えられる。

厚板LVL工法における柱脚接合耐力の検証

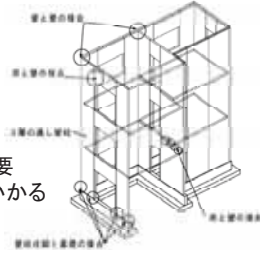
いままでLVLは、軸材料として柱、梁に使われている。

厚板LVLをそのまま壁・床に使う構造方法を開発する

- 接合方法が構造耐力上重要
- 特に柱脚部に大きな力がかかる

研究テーマ

柱脚接合耐力の検証



厚板LVL工法イメージ

木造軸組工法で使われている柱脚接合金物

- スギ製材での試験データで耐力が算出されている。
- LVL側面(積層直交方向)に取付けた場合の接合部耐力が不明

柱脚引張試験で耐力を検証する

厚板LVL工法では、高耐力の柱脚接合金物が必要

複数取付けた場合で実験する

高耐力の柱脚接合金物を考案する

耐力壁としての耐力が不明確

面内せん断試験により耐力壁を評価する

厚板LVL工法における柱脚接合耐力の検証のまとめ

- 柱脚引張試験、面内せん断試験から、各接合形式のスギLVL、カラマツLVLでの基準耐力、せん断耐力を示すことができた。
- スギLVL側面にホールダウン金物を取付けた場合は、スギ製材での試験結果に基づく軸組工法用の耐力より低いことがわかった。
- ホールダウン金物を複数並列、直列に取付けた場合、必ずしも単独の2倍になるとは限らないことがわかった。
- 並列、直列、コ型金物を使った耐力壁は、壁倍率10~14倍の高倍率と評価できた。
- 柱脚接合金物の耐力で、壁のせん断耐力が決まることがわかった。

★今後の課題

1. LVLの層構成の違いや直交層の有無との耐力の関係を明らかにする。
2. ビスの打ち込み方向の違いによるビスせん断耐力の差異を調べる。
3. コ型金物の初期剛性が高くなるように改良する。

LVL厚板壁2層鉛直構面水平加力試験 その2 柱頭柱脚接合部にかかる引抜力の分析

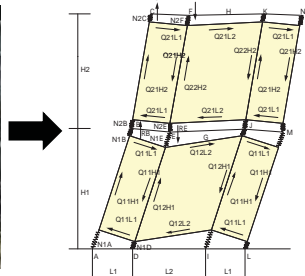
目的

- 本研究ではせん断剛性の高いLVL厚板耐力壁を使用した2層の鉛直構面の水平加力試験において、せん断パネル置換モデルを用いた柱頭柱脚接合部引抜力算定式¹⁾による計算値と柱脚柱頭接合部を先行破壊させた際の実験値との比較を行い、その式の妥当性を検証する。

¹⁾...稲山正弘、村上雅英：日本建築学会構造系論文集、p.75(2010)

接合部引抜力算定式の考え方

- 2層鉛直構面をせん断パネル置換モデルとして考える。



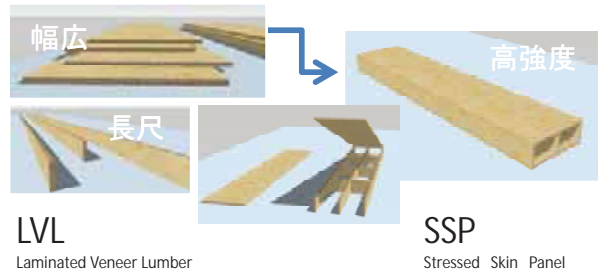
接合部軸力比較・考察

- 計算値と実験値が七割がた一致しているのが確認されたが、その他の箇所では計算値と実験値が一致しなかった。
- 計算値と実験値が一致しなかった箇所では梁せいが210mmのBタイプでは計算値が実験値よりも小さくなった箇所が多く見られ、梁せいが360mmのCタイプでは計算値が実験値よりも大きくなった箇所が多く見られた。

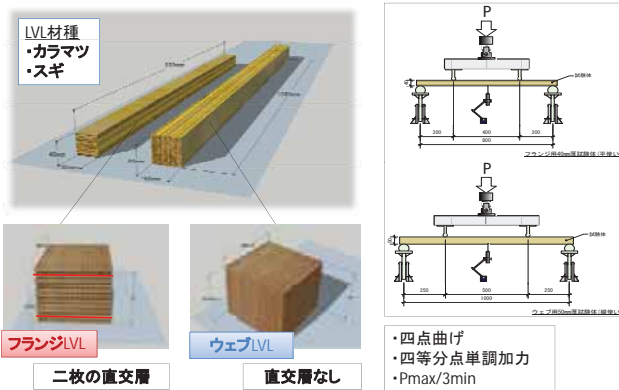
LVL厚板壁2層鉛直構面水平加力試験のまとめ

- 接合部の引抜き力算定式では梁が折損しないことが前提となっている。そのため、最終的に梁が折損したB-3を除くBタイプ試験体は上層の軸力が計算値よりも大きくなることが確認できた。試験の際に試験体全体が剛体回転するように変形し、それにより生じた応力が引抜き力算定式において考慮されていなかったためだと考えられる。
- Cタイプ試験体では圧縮側となる接合部で、ボルトの軸力自体が計算値で評価される値よりも小さくなるが多かった。

LVLを用いたストレートスキンパネルの四点曲げ試験 LVL-SSP (LVLを用いたストレートスキンパネル)



LVL物性試験 曲げ



LVL-SSP四点曲げ試験



LVL-SSP試験体

名称	LVL材種	接合形式	フランジ数	スパン	試験体数	ビス間隔
LI-6000	スギ	×	1	6000	各3株	200
LI-9000			9000	150		
LI-9000			2	9000		100
LB1-6000	カラマツ	○	1	6000	各3株	200
LB1-9000			9000	150		
LB2-9000			2	9000		100
CI-6000	スギ	×	1	6000	各3株	200
CI-9000			9000	150		
CI-9000			2	9000		100
CS1-6000	カラマツ	○	1	6000	各3株	200
CS1-9000			9000	150		
CS2-9000			2	9000		100

形状
 ・上下フランジ
 ・上フランジ

スパン
 ・6m
 ・9m

接合形式
 ・接着ビス接合
 ・ビスのみ接合

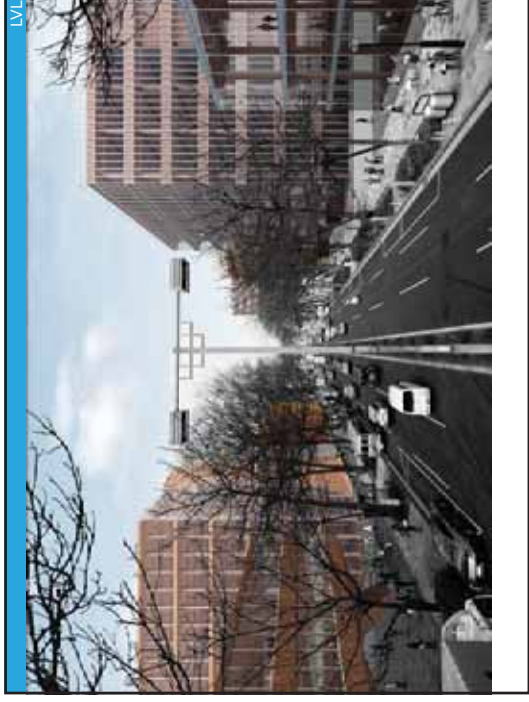
LVL材種
 ・カラマツ
 ・スギ

LVLを用いたストレートスキンパネルの四点曲げ試験 まとめ

- 上下フランジ型SSPは上フランジ型SSPよりも高い耐力・剛性を示した
- 接着ビス接合SSPはビスのみ接合SSPより高い耐力・剛性を示し、最大荷重までほぼ一体断面が保持されることが判明した
- 上下フランジ型接着ビス接合試験体の最大荷重はフランジの引張破壊が起きない範囲ではフランジ端部の直交単板のせん断により決定することが判明した

LVL 防耐火WG

東京大学生産技術研究所
腰原幹雄





木造で建てられなかった建物

階数	4~	3	2	1	階数	3	2	1
防火	防火	防火	防火	防火	防火	防火	防火	防火
100㎡	500㎡	1,500㎡	3,000㎡	5,000㎡	1,000㎡	2,000㎡	3,000㎡	5,000㎡
【防火地域】	【準防火地域】	【法22条区域】	【法22条区域】	【法22条区域】	【法22条区域】	【法22条区域】	【法22条区域】	【法22条区域】

防火地域指定ごとに建物の規模が制限

階数制限
4階建て以上の建物
防火地域では、3階建以上

広さ制限、
防火地域 100㎡
準防火地域でも、1500㎡
法22条地域では、3000㎡

木造で建てられなかった建物

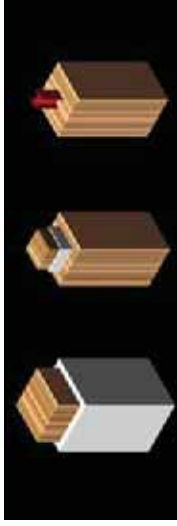
用途	耐火建築とするもの		準耐火建築物とするもの
	左記用途に供する階	左記用途に供する部分の床面積の合計	
劇場、映画館、演芸上観覧場、公会堂・集会場等	3階以上の階	客室面積200m ² 以上(屋外の場合は1000m ² 以上)	左記用途に供する部分の床面積の合計
病院、診療所(患者の収容施設があるものに限る)、ホテル、旅館、共同住宅、寄宿舎、下宿、児童福祉施設等	3階以上の階		2階に病室があるとき2階部分の床面積合計300m ² 以上(病室及び診療所については2階部分に患者の収容施設があるものに限る)
学校、美術館、博物館、図書館、スポーツ練習場等	3階以上の階		2000m ²
百貨店、マーケット、展示場、カフェ、飲食店、物品販売業を営む店舗	3階以上の階	3000m ² 以上	2階部分の床面積の合計500m ² 以上

2階に保育室、遊戯室のある保育園、幼稚園は耐火建築物が要求されていた。
木三共：防火地域、準防火地域以外

耐火部材

2000年の基準法改正により、木質材料を使用して耐火建築を建築可能となった。
木質材料を用いた耐火部材の考え方には、

1. 不燃材で耐火被覆 (Fire Protection)
2. 燃えどまり部材を挿入 (with Fire Stop Elements)
3. 不燃材料とのハイブリッド化 (with Hybrid Elements)
4. 燃え尽き型



2x4 (2005)



特別養護老人ホーム 明治清流苑

用途地域 / 第一種中高層住居専用地域 宅地区域特別区
地

●敷地面積 / 6,931.84㎡ (2,096.88坪)

●建築面積 / 2,039.03㎡

●構造 / 鋼鉄 地階：RC造 6階 67.72m

1階：枠組壁工法 (耐火構造) 2,003.04㎡

2階：枠組壁工法 (耐火構造) 1,798.32㎡

延床面積：4,469.23㎡ (1,351坪)

●使用木材 / 合計666㎡ (分ナラ産)

●所業 / 地階・地階交差スペース、歩行浴槽 (温泉利用) 廊下 (吹抜け用歩道等) 等面積を兼ねる)

1階・2階・3階 / 付随室 (13室)、

特別養護老人ホーム (10室)、

特別養護 (7室) 等計 30室

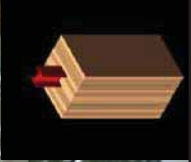
●基本部屋の面積 / 16.32㎡ (1.54mのトレイを含む)



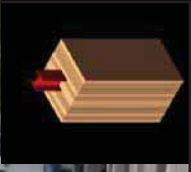
M.Bldg. 2005



M-Bldg 2005



丸美産業本社ビル 2008



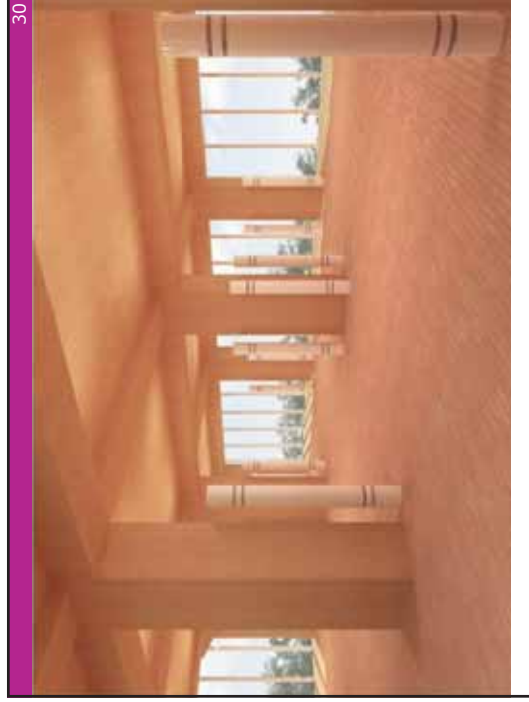
丸美産業本社ビル 2008



K Project 2009

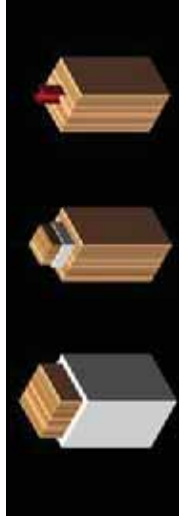


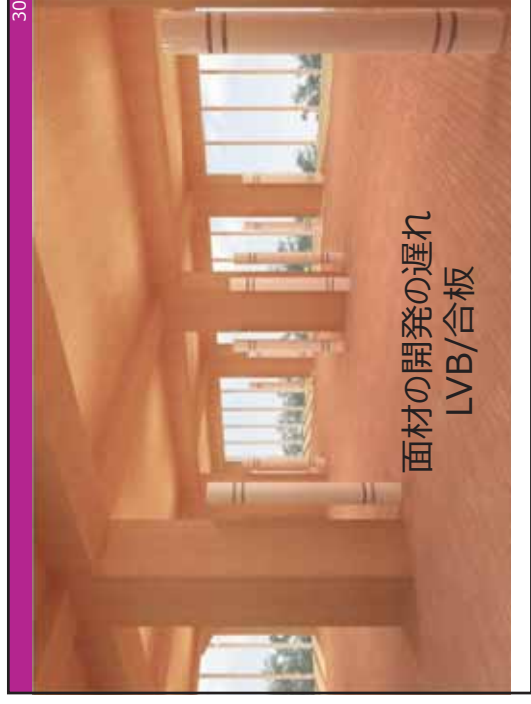
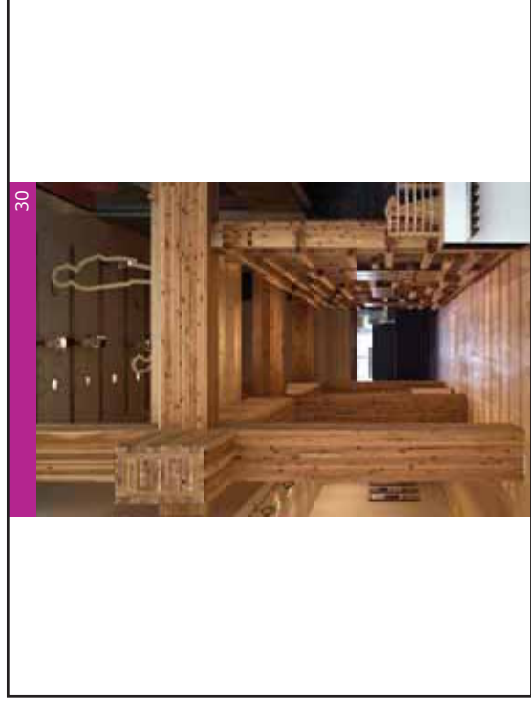
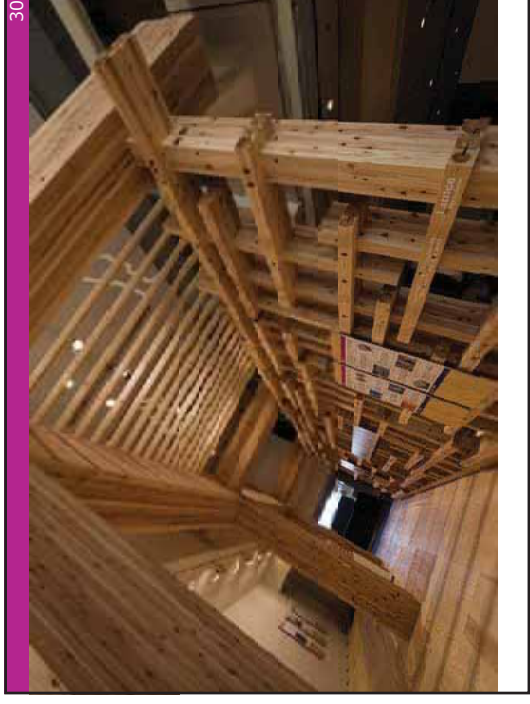
設計：山下設計

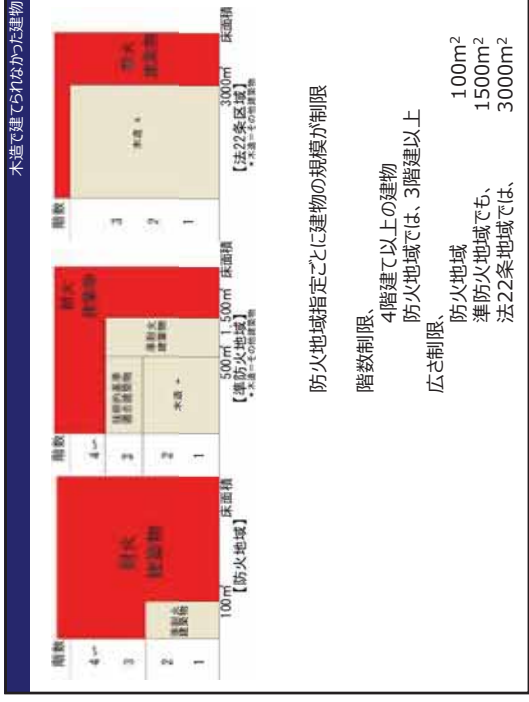


2000年の基準改正により、木質材料を使用して耐火建築を建築可能となった。
木質材料を用いた耐火部材の考え方には、

1. 不燃材で耐火被覆 (Fire Protection)
2. 燃えどまの部材を挿入 (with Fire Stop Elements)
3. 不燃材料とのハイブリッド化 (with Hybrid Elements)
4. 燃え尽き型







木造で建てられなかった建物

用途	耐火建築物とするもの	
	左記用途に供する階	左記用途に供する部分の床面積の合計
劇場、映画館・演芸上観覧場、公会堂・集会場等	3階以上の階	客室面積200㎡以上(屋外の場合は1000㎡以上)
病院、診療所(患者の収容施設があるものに限る)・ホテル・旅館・共同住宅・寄宿舎・下宿・児童福祉施設等	3階以上の階	2階に病室があるとき2階部分の床面積合計300㎡以上(病室及び診療所については2階部分に患者の収容施設があるものに限る)
学校・美術館・博物館・図書館・スポーツ練習場等	3階以上の階	2000㎡
百貨店・マーケット・展示場・カフェ・飲食店・物品販売業を営む店舗	3階以上の階	3000㎡以上

2階に保育室、遊戯室のある保育園、幼稚園は耐火建築物が要求されていた。

木三共：防火地域、準防火地域以外

準耐火構造

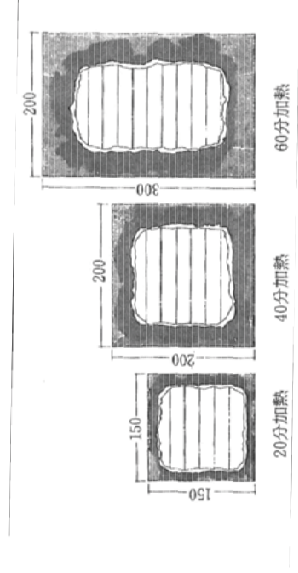
3階部分を共同住宅等、特殊建築物の用途に供する建築物は従来「耐火建築物」とすることが原則。

平成4年の建築基準法改正により、防火上及び避難上の一定の技術基準に適合する**準耐火建築物(1時間)**であれば木造3階建共同住宅の建設が可能。

準耐火構造（60分の火災後にも倒壊しない。）

燃えしろ設計

燃える速度（0.7mm/分）から燃える量を想定



2000年の基準法改正により、
木質材料を使用して耐火建築を建築可能となった。

準耐火構造（60分の火災後にも倒壊しない。）

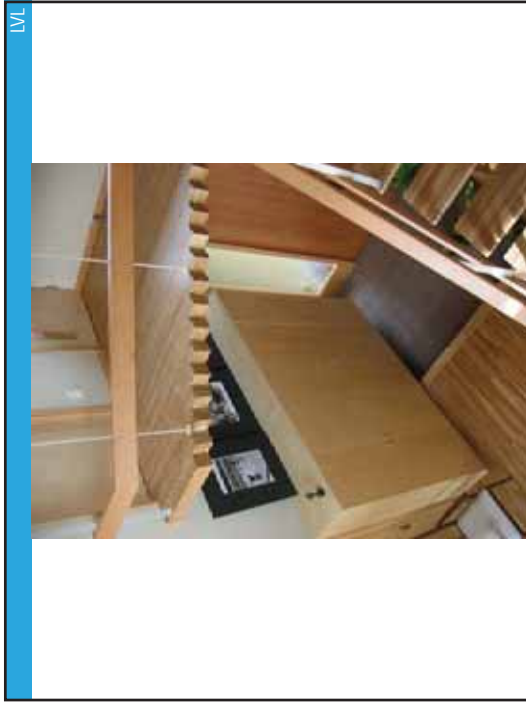
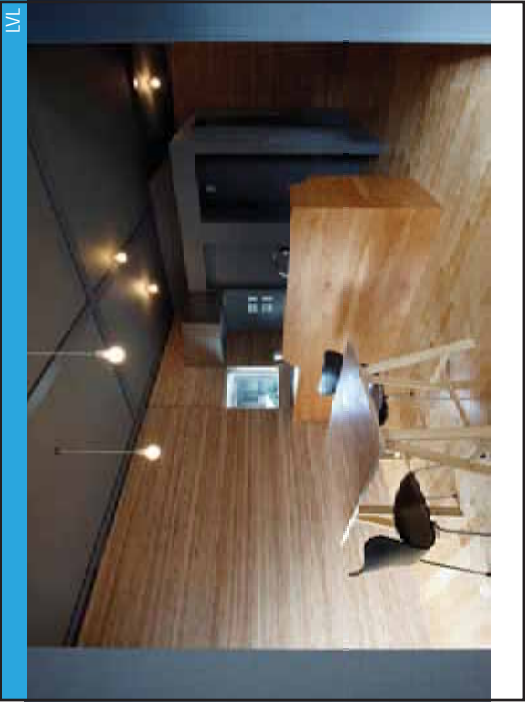
耐火建築物（60分の火災後に倒壊しない。）

+ 火災後に自鎖する。（放置火災対策）

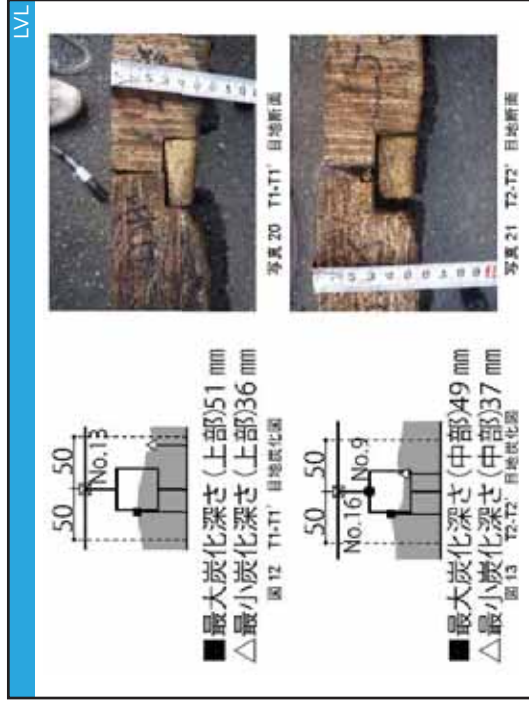
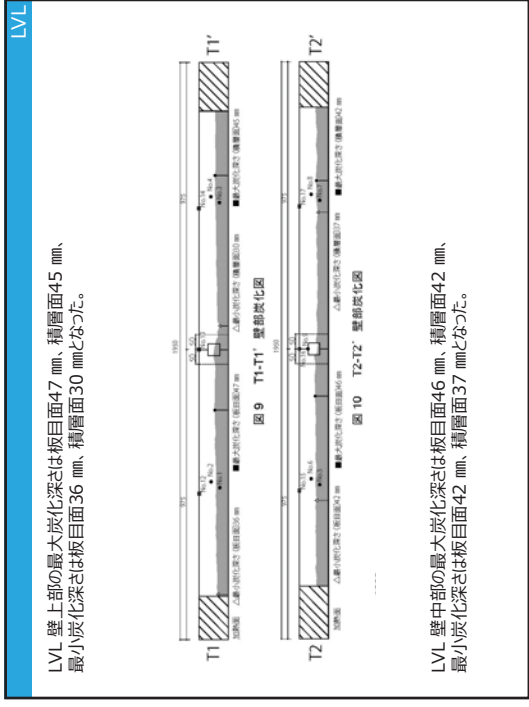
仕様	厚さ	目標
開発A 1時間準耐火構造の外壁 （非耐力壁、耐震壁（木造躯体））	100mm	技術開発 性能評価試験
開発B 1時間準耐火構造の外壁 （耐力壁、耐震壁（木造躯体））	150mm	技術開発 （性能評価試験）
開発C 30分耐火構造の外壁 （非耐力壁）	100mm	技術開発

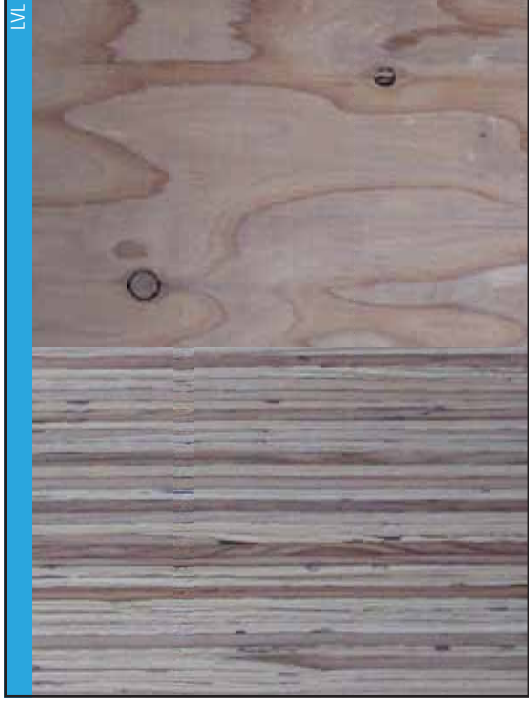
仕様	用途
開発A 1時間準耐火構造の外壁 （非耐力壁、耐震壁（木造躯体））	3階建以下の建物 （木造、鉄骨造、RC造）
開発B 1時間準耐火構造の外壁 （非耐力壁、耐震壁（木造躯体））	3階建以下の木造建物
開発C 30分耐火構造の外壁 （非耐力壁）	階数制限なし 延焼の恐れのある範囲以外









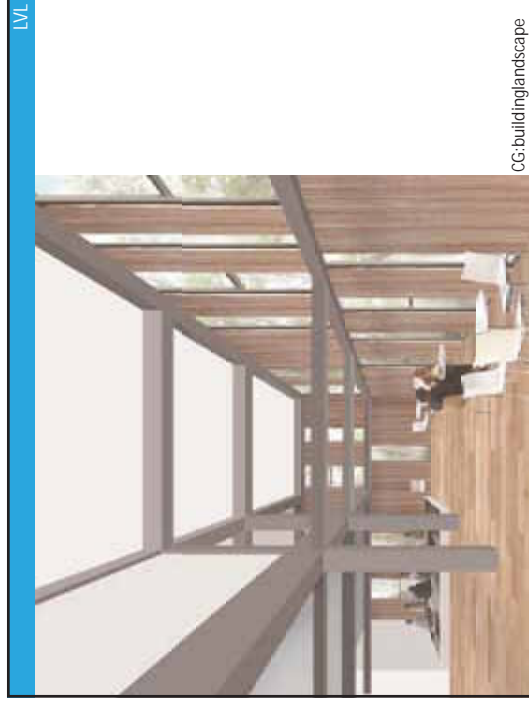


LVL



LVL

CG:buildinglandscape



LVL

CG:buildinglandscape

仕様	厚さ	目標
開発A 1時間準耐火構造の外壁 (非耐力壁、耐震壁(木造躯体))	100mm	技術開発 性能評価試験
開発B 1時間準耐火構造の外壁 (非耐力壁、耐震壁(木造躯体))	150mm	技術開発 (性能評価試験)
開発C 30分耐火構造の外壁 (非耐力壁)	100mm	技術開発

仕様	用途
開発A 1時間準耐火構造の外壁 (非耐力壁、耐震壁(木造躯体))	3階建以下の建物 (木造、鉄骨造、RC造)
開発B 1時間準耐火構造の外壁 (非耐力壁、耐震壁(木造躯体))	3階建以下の木造建物
開発C 30分耐火構造の外壁 (非耐力壁)	階数制限なし 延焼の恐れのある範囲以外

全国LVL協会 技術部会成果発表会
平成23年6月13日

LVLの仮囲い開発



林野庁 平成22年度補助事業
単板積層材を使用した土木資材(仮囲い)の開発
森林総合研究所 宮武敦

「仮囲い」とは

- 工事現場と外部を仕切り、交通の遮断、内外の安全、遮音、遮風、盗難の防止等を目的として設置するもの。



「仮囲い」とは

- 一般には金属製が用いられ、近年では透明な樹脂製のものも用いられる。しかし、木製の仮囲いはほとんど例がない。



LVLで仮囲いを行うことの意義

- ・ 単板積層材は、小径木・曲がり材等のB材の有効利用に最適な材料である。
- ・ 地域材利用による林業と地域経済の活性化、森林の適切な整備、木材の自給率向上に寄与する。
- ・ 建築分野における逆代替を図る。

林野庁補助事業 単板積層材を使用した土木資材(仮囲い)の開発 目的

- 仮囲いに必要とされる物性(強度、耐久性、耐候性)などを実験的に検証
- 検証の結果をもとに製品化とマニュアル化



事業の内容と実施体制

- 仮囲いの要求性能の把握
- 仮囲いの最適製造条件の導出
- 仮囲いの耐久性能検証
- 流通体制等の検討
- 仮囲いの使用マニュアルの作成

清水建設
産業技術総合研究所 中部センター
日建リース、杉孝、タナカ、山菱
オーシカケミテック、東京ボード工業(株)
ドットコーポレーション
北海道立総合研究機構林産試験場
森林総合研究所、林野庁木材産業課

仮囲いに要求される性能

- 寸法安定性
- 強度（耐風圧力）
- 耐候性
- 耐朽性

仮囲いについて関係法規上、性能の規定はない。非木質仮囲いと比べて木質が持つ欠点を明らかにし軽減するための試験、検証とした。

寸法安定性

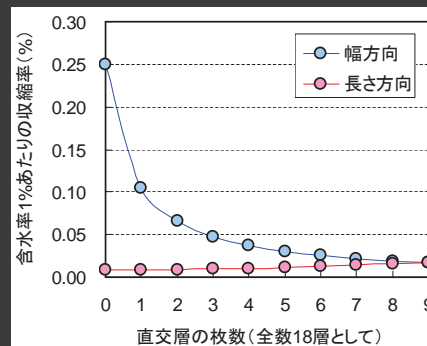


図 直交単板を挿入したLVLの収縮率の試算

寸法安定性

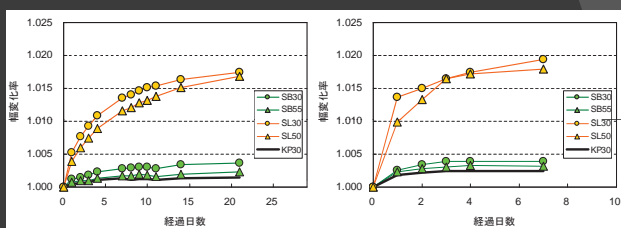
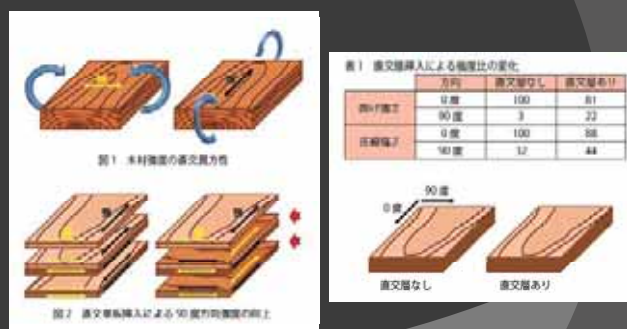


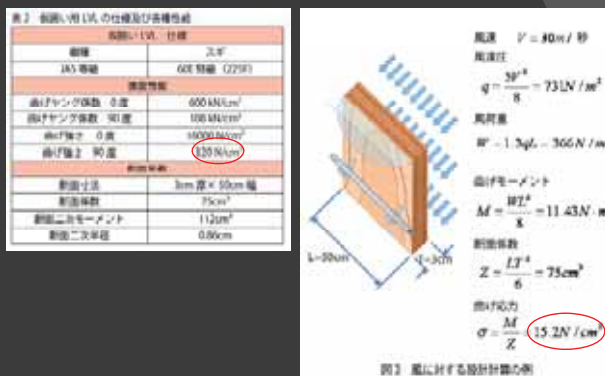
図 吸湿過程における幅変化率

図 吸水過程における幅変化率

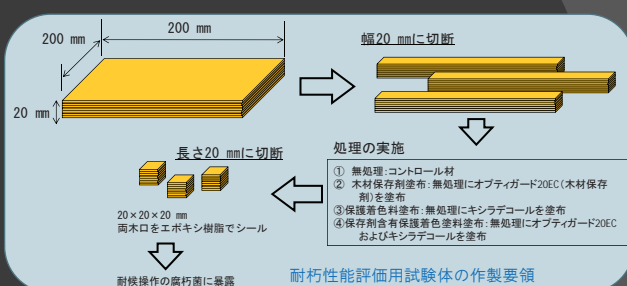
強度（耐風圧力）



強度（耐風圧力）



耐候性



上に示す要領により作製された試験体を、屋外暴露試験に供し、保護着色料、保存材がもたらす耐候性を評価する。

耐朽性

JIS K 1571「木材保存剤の性能試験方法及び性能基準」の防腐性能試験に準じた方法により、カラマツLVLの耐朽性能を評価した。

表 防腐性能試験の結果

	質量減少率 (%) ^{a)}			
	カラマツLVL		コントロール ^{b)}	
ボオウスラタケ	20	(4%)	64	(21)
カワラタケ	8	(1%)	63	(1%)

a) 平均値、()内は変動係数

b) ボオウスラタケはスギ材、カワラタケはブナ材を用いた場合の結果

使用環境によっては、防腐・防蟻処理を行うことが望ましい。保護塗料などを使用した試験片については継続観察中。

耐候性



試験体の屋外暴露（北海道林産試験場）

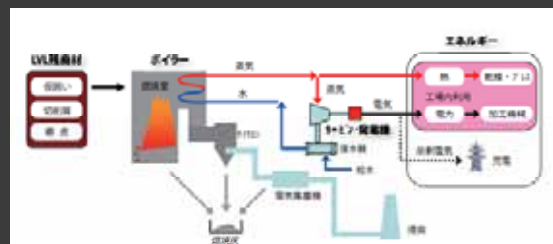
流通体制—リサイクル

再リースできないLVL仮囲いは、チップ化してパーティクルボード（PB）にリサイクルすることができる。PBは建築資材等として使用することが可能。



流通体制—サーマル利用

PBにリサイクルできないものは、LVL工場のボイラの熱源としてサーマル利用することができる。



仮囲いマニュアル

ユーザー（施主、施工業者）、設計者に向けて配布



仮囲いの施工実験 LVLの製造条件

- ◎ 長さ 2m、3m、4m
現行の仮囲い設置条件に合わせて
- ◎ 幅 600mm
製造、加工能力、木取り（歩留）から
- ◎ 厚さ 30mm
強度性能担保のための基準を構造用LVLのJASとして、積層数は10層

仮囲いの施工実験 LVLの製造条件

◎ 樹種 スギ

作業性等を考慮すると、軽々な樹種が適する。
ただし、ユーザーから地域産材の指定要件があればそれに対応。

◎ 単板構成 10層（直交層2層あり）

面材としての強度性能を担保するため、直交層を入れる必要がある。しかし現状構造用のJAS規格を満たすためには直交層を入れる位置が最外層から2層目の位置に限られる。また、必要層数の要件を満たすには、直交層より内側で6層必要。

◎ 強度等級 60E-160F（2級）

スギを使うこと、また単板構成の条件から。
耐風圧力のシミュレーション結果から、構造用LVLのJASにおける最低区分でも十分担保できる。

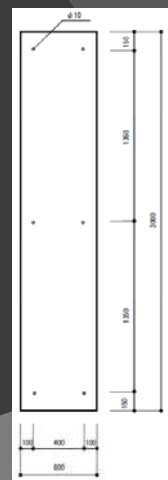
仮囲いの製造条件

◎ 金具（フックボルト）取り付けのための穴開け加工

一般の仮囲いと施工方法は同じ、
フックボルトは市販品、
取り付け位置も同じ

◎ 幅目地処理

隙間を隠すためにアルミ製T字バー
による目地処理方法がある。



施工実験 フック取り付け

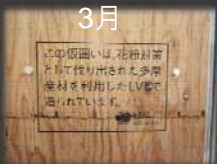


施工実験 仮囲い板の設置

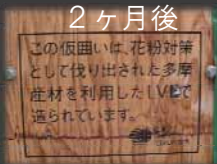


施工実験 設置後の経過

3月



2ヶ月後



今後の課題

- ◎ 金属製と比較したメリットのPR
重量、体積、価格など。
- ◎ 美観の向上
節や割れ、板面のスカーフジョイント、
接着剤の露出、色調など。
- ◎ 耐久性
回収後の劣化診断と修復技術
- ◎ 耐火性など

2011年6月13日
全国 LVL協会
技術部会成果発表会

I-joistの過去と未来

- 国産LVLを用いたI-joistの開発 -



地方独立行政法人
北海道立総合研究機構
林産試験場

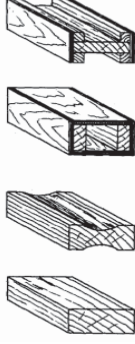
大橋 義徳

I-joistの原点

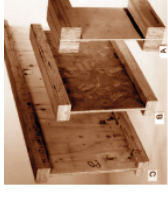
1920年代,米国で航空機用構造材として開発,
強度性能を維持しながら軽量化を目指して考案



Forest Product Laboratory



Airframe Handbook (USDT)



Wood Handbook (USDA)

3

I-joistとは

フランジ(軸材)とウェブ(面材)を
字形に接着組立した木質構造材料
主に木造住宅の床組の根太, 屋根
組のたるきとして利用
軽量で施工性がよい, 孔あけ加工
が容易, 寸法精度が高い, 含水率
が低い, ねじれ少ない,
梁せいの乾燥収縮量が極めて小さ
く, 床組の瑕疵防止に有効



形ジョイスト



床組



屋根組

北米では住宅床組の主流



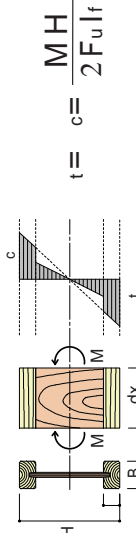
4

I-joist の力学的特徴

ウェブにはせん断性能の高い面材料, フランジには高強度でバラツキの小さなLVLが最適

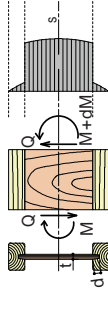
【曲げ応力】

フランジが曲げ応力を負担



【せん断応力】

ウェブがせん断応力を負担



【たわみ量】

せん断たわみの比率が大きいの



北米での市場動向

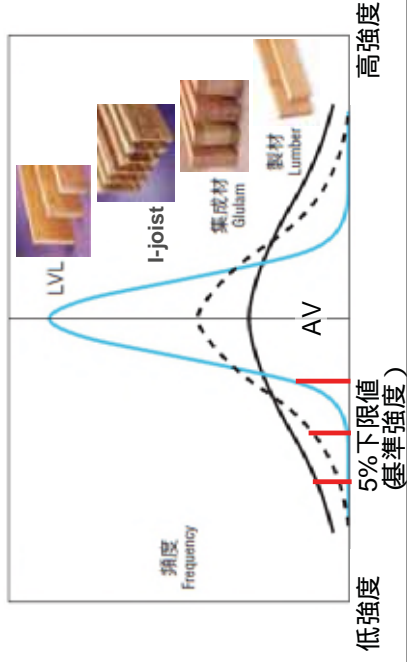
本格的な商業生産は1960年代に開始, 1990年代から生産量が急増, 2004年には年間3.9億m (約100万棟分), 2009年では年間1.2億m
 主な用途は新築住宅の床組に79%, 屋根・壁組に5%, 非住宅向けは5%
 新築住宅の床組シェアはI-joistが45%, 製材が34%, 平行弦トラスが16%
 フランジの材料はLVLと製材が半々 (LVLの年間消費量150万m³の1/3がフランジ利用, LVLの大きな需要先)



出典: JUNECE2009 各社HP

I-joist = Engineered Wood

工学的に強度性能が保証された木質構造材料
 積層効果によりバラツキが減少, 信頼性が向上



日本での市場動向

1980年代に北米製品が導入, 2000年頃から国内企業が生産開始, 現在は4社が商業生産
 1棟あたり使用量を200m, 枠組壁工法住宅 (約10万棟) の1割で採用されていると仮定すれば, 国内消費量は年間約200万m
 住宅業界では, 構造材の国産化への取り組みが増加, 国産製品に対するニーズが高まる



出典: 各社HP

国産LVLを用いたI-joist

梁せい 235・241・286・302mm
幅 53mm



スギLVL カラマツLVL

記号	フランジ	ウェブ
K-OSB	カラマツ LVL	OSB 開発済
K-PB	カラマツ LVL	パーテイクル ボード
K-PLY	カラマツ LVL	カラマツ合板
S-PLY	スギ LVL	カラマツ合板

H22年度開発

H22年度林野庁補助事業
国産材を用いた高性能な純国産I-joistの開発」
キータック, 全国LVL協会, 建研, 北林産試, 東北ポリテク
TASS設計室, 三菱地所ホーム, 三井ホーム

木質複合軸材料に要求される特性

使用材料の品質	各構成要素の力学特性 使用する接着剤の品質
1	寸法
2	曲がり
3	含水率
4	曲げ耐力・曲げ剛性
5	せん断耐力・せん断剛性
6	めり込み耐力
7	クリープの調整係数 (変形増大)
8	荷重継続時間の調整係数 (耐力低減)
9	11 事故的水掛かりによる調整係数 (吸水)
10	12 含水率の調整係数 (高湿度)
11	13 防腐処理による低下率
12	14 接着耐久性に関する強さの残存率
13	
14	

製品特性

製品化には37条認定

建築基準法第37条では 主要構造部等に使用する指定建築材料は, JISまたはJASに適合するもの, または技術的基準 (H12年建告第1446号) に適合することを大臣より認定されたもの」 **37条認定が必要**

現在, 木質系の指定建築材料は4種類のみ
木質接着成形軸材料 (第10号 : LVL, OSL...)

木質複合軸材料 (第11号 : I-beam, Box-beam...)
木質断熱複合パネル (第12号 : 発泡系断熱板 + 接着剤 + 面材)
木質接着複合パネル (第13号 : 木質フレーム + 接着剤 + 面材)

曲げ・せん断めり込み特性



Type	曲げ耐力 (kN・m)	曲げ剛性 (kN・m ²)	せん断耐力 (kN)	せん断剛性 (kN)	めり込み強さ (N/mm ²)
K-OSB	14.0	870	18.0	3100	5.4
K-PB	10.5	820	15.5	3300	6.5
K-PLY	14.5	910	14.5	1800	7.4
S-PLY	13.0	640	12.5	1600	5.5

使用環境に応じた低減係数

13

1階床下

防腐処理しない

吸水履歴？

高湿度状態？

処理	耐力	剛性
吸水処理	0.84	0.82
高湿度処理	0.85	0.78

吸水処理 (2h散水+乾燥)

高湿度処理 (90%RHで吸湿)

クリープの調整係数

15

クリープ試験

変形量

クリープ破綻

クリープ変形

荷重継続時間 t

50年後の変形増大係数

Type	50年後の変形増大係数
K-OSB	1.4
K-PB	1.5
K-PLY	1.4
S-PLY	継続中

現行設計法では2.0 (H12建告第1459号)

クリープ係数 $\epsilon_{min} / \epsilon_{1min}$

経過日数

K-OSB

実測値

予測値

接着耐久性 (耐力の残存率)

14

【煮沸処理】 煮沸4h 水中1h 乾燥)×2

【耐圧処理】 耐圧5min 加圧1h 乾燥)×2

LVL引張試験

I-joint せん断試験

Web Joint

Flange-Web Joint

せん断耐力の残存率

試験種別	残存率 (%)
耐圧処理	~95
煮沸処理	~90
基準	50

耐力の残存率が告示基準 60%以上をクリア

S-PLY K-PLY K-PB K-OSB

荷重継続時間の調整係数

16

長期荷重試験

荷重レベル=70~90%

log₁₀t

Load Level (%)

K-OSB

$y = -3.700 \times \log_{10} t + 93.582$

$R^2 = 0.594$

荷重継続時間 (60年)の調整係数

Type	荷重継続時間 (60年)の調整係数
K-OSB	0.66
K-PB	0.66
K-PLY	継続中
S-PLY	継続中

現行設計法では0.55

製品化に不可欠な37条認定

17



S-PLY K-PLY K-PB K-OSB

K-OSBタイプ
H23年2月に認定取得済み
(MWCMM-0016 ~ 17)
純国産3タイプ
長期試験データが揃い1次第、
申請予定

様々な性能評価,膨大な試験データの蓄積,37条
認定の労力は少なくない

様々な使用条件でも適切な設計が可能,構造体と
しての信頼性の向上,利用範囲との拡大に貢献

データに基づく実用スパン計算

19

力学特性の基準値 (53 x 302mm)

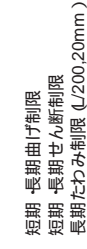
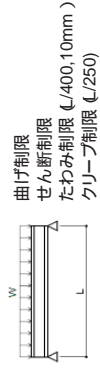
Type	曲げ耐力 (kN・m)	曲げ剛性 (kN・m ²)	せん断 耐力(kN)	せん断 剛性(kN)
K-OSB	14.0	870	18.0	3100
K-PLY	14.5	910	14.5	1800
S-PLY	13.0	640	12.5	1600

床根太スパン表

Type	@303mm	@455mm
K-OSB	5310mm	4790mm
K-PLY	5280mm	4750mm
S-PLY	4850mm	4360mm

たるきスパン表 (多雪1.4m)

Type	@303mm	@455mm
K-OSB	5780mm	5180mm
K-PLY	5760mm	5170mm
S-PLY	5280mm	4750mm



I-joistの設計・施工技術

18



在来床組



ウェーブ孔あけ施工

20



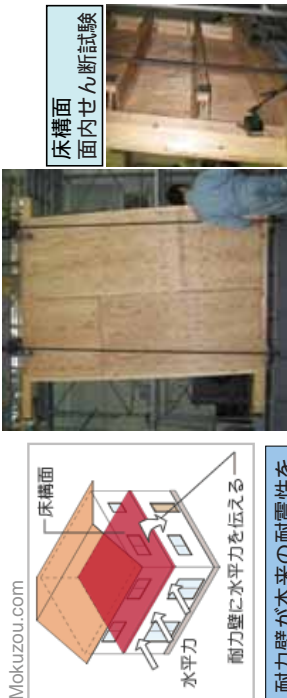
配管用孔あけ：
換気ダクトで最大
直径220mm

残存せん断耐力
による適切な設計



せん断耐力の低下

水平構面の構造性能



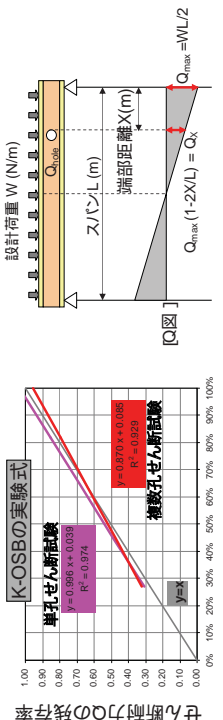
耐力壁が本来の耐震性を発揮するためには、床構面の剛性と耐力が重要。品確法や許容応力度設計などで検討が必要。

耐久性・施工性を考慮した低減係数の設定が必要

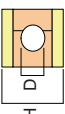
合板厚	接合員@ピッチ	短期基準せん断耐力 P_0
15mm	N50@150mm	3.5 kN/m
15mm	ビス49@150mm	5.4 kN/m

K-OSB, 根太間隔455mm, n=3

ウェーブ孔あけ設計法



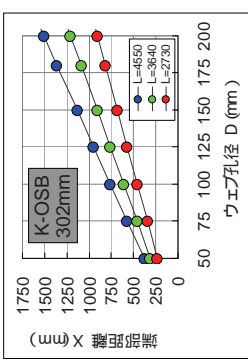
I-jointの梁せい残存率 = $(H-D)/H$



実用設計式 (APA式)

$Q_{hole} = Q_{no} \times (H-D)/H$ より $\frac{L}{2} \times \frac{D}{H}$

端部距離 X



根太受け金物の接合耐力



床梁と床根木の接合部では専用金物が必要、軸組構法床組では多用。I-jointが負担する設計荷重を支持できる接合耐力。

耐久性・施工性を考慮した低減係数の設定が必要

I-joint	補剛材	短期基準耐力 P_0
302mm x 1	無し	7.9kN
302mm x 2	有り	18.9kN

K-OSB, n=6

2x4工法での利用



棟上げ

桝組壁工法でのメリット

- 幅広で施工しやすい
- 長尺で継ぎ手施工を軽減
- 孔あけ加工が容易
- 床組の寸法精度・剛性が高い
- 乾燥収縮による瑕疵防止

軸組構法での利用

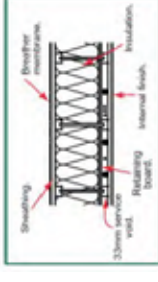
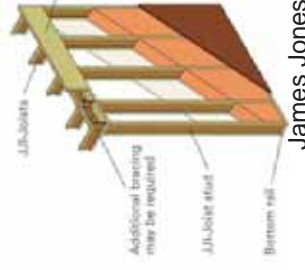
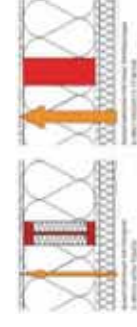


軸組構法でのメリット

- 軽量
- 剛床にしやすい
- 大引や母屋等の省略可
- 大きな小屋裏空間が確保
- 屋根断熱では熱橋が少ない

25

新たな利用分野の開拓 (Wall stud)

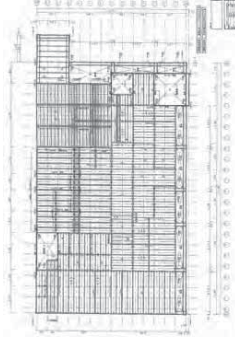


Finnforest

Boise Cascade

27

非住宅分野での利用拡大へ



26

今後の課題

- I-joistを用いた床組の振動・遮音性能に関する研究・技術開発
- 屋根構面の構造性能データの充実
- I-joistの新たな用途拡大, 壁組のスタット利用など
- 国産製品のバリエーションの拡充
- I-joistに適した試験評価方法の確立, 他の試験法との比較調査, 基礎データの充実



28

一般社団法人 全国 LVL 協会

LVL Association

〒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

<http://www.lvl.ne.jp>