

(仮称) 鉄骨造の床に CLT を用いる設計ガイドブック

令和 6 年 2 月

一般社団法人 日本 CLT 協会

(仮称) 鉄骨造の床に CLT を用いる設計ガイドブック 目次

第1章 システムの概要	1
1.1 CLT とは	1
1.2 鉄骨造の床に CLT を用いる考え方	3
1.3 既往事例概要	6
1.4 本ガイドブックで取り扱うシステム	12
1.4.1 耐火性能	12
1.4.2 (仮称) 天井現しシステム	13
1.5 床に CLT を用いるメリット	14
第2章 CLT 床パネルの特性	15
2.1 CLT の種類	15
2.2 CLT の基準強度・弾性係数	16
2.3 CLT の接合部について	16
2.4 耐火性能	17
第3章 (仮称) 天井現しシステムの CLT 床パネルの設計	18
3.1 CLT 床パネルの割り付け	18
3.2 CLT 床パネルの加工及び接合	20
3.3 CLT 床パネルの梁上の取り付け	21
3.4 CLT 床の設計方法	23
3.4.1 鉛直荷重に対する設計方法	23
3.4.2 水平力に対する設計方法	25
第4章 (仮称) 天井現しシステムの CLT 床パネルの施工	26
4.1 輸送・搬入計画	26
4.2 受け入れ検査	28
4.3 床の建方	29
4.3.1 荷下ろし、仮置き、養生	29
4.3.2 揚重作業	29
4.3.3 床パネルの設置計画	31
4.3.4 床パネルの接合作業	32

第1章 システムの概要

1.1 CLT とは

【CLT とは】

CLT は、Cross Laminated Timber (クロス・ラミネイティッド・ティンバー) の略称で、日本農林規格 (JAS) では直交集成板という。

CLT は、製材のひき板 (ラミナ) を互いに直交するように積層接着した木質系材料で、厚みのある大きな板であり、建築の構造材の他、土木用材、家具等にも使用される。

CLT は、1995 年頃からオーストリアを中心として発展し、現在では、イギリスやスイス、イタリア等ヨーロッパ各国でも様々な建築物に採用されている。また、カナダやアメリカ、オーストラリアでも CLT を使った高層建築が建てられる等、CLT の利用は近年になり各国で急速な伸びを見せている。



図 1.1 CLT パネル



図 1.2 CLT パネルの建方

【CLT 関連の法令】

CLT の製造規格となる JAS 「直交集成板の日本農林規格」 (平成 25 年農林水産省告示第 3079 号) が、2013 年 12 月に制定され、関連の告示が平成 28 年 4 月に公布・施工された。

また、CLT (直交集成板) は、建築基準法第 37 条 (建築材料の品質) に規定する「指定建築材料」に指定されており、平成 13 年国土交通省告示第 1024 号「特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件」では、直交集成板の許容応力度、材料強度、基準強度が定められている。

また、平成 28 年国土交通省告示第 611 号「CLT パネル工法を用いた建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全上の技術的基準を定める等の件」では、CLT パネル工法の仕様規定を含む技術的基準が定められている。

平成 13 年国土交通省告示第 1024 号は令和 5 年までに幾度かの改正があり、また平成 28 年国土交通省工事告示第 611 号は令和 4 年 11 月に改正されている。

【CLTの特徴】

CLTは構造躯体として建物を支えるとともに、断熱性や遮炎性、遮熱性、遮音性等の複合的な効果も期待できる。また、建方に必要な加工を行ったパネルとして現場に搬入するので工期短縮が期待できる。RC造等と比べた場合には、軽量性も大きな魅力である。

表 1.1 CLTの特徴

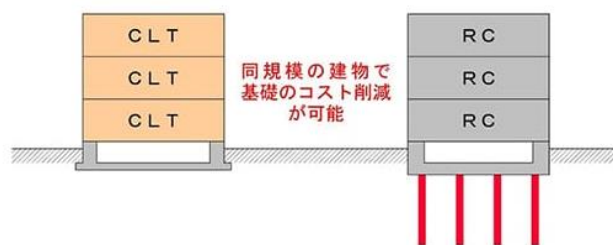
○施工が早い

パネルを工場であらかじめ加工して現場に搬入。
乾式工法なので養生期間が不要。



○軽い

鉄筋コンクリートに比べて重量は5分の1以下
(CLT: 0.5 t/m³ 鉄筋コンクリート: 2.4 t/m³)。
基礎コスト、材料輸送費が軽減。



○地震に強い

実大振動台実験では、試験建物に対して阪神・淡路大震災の観測波よりも大きな波で加振しても倒壊しないことを確認。



○火にも耐える

木材は毎分約1mmの速度でゆっくり燃え進む。
厚さ90mmのCLTが1時間燃えても、壁は燃え抜けない。また、加熱側の裏面温度の上昇も少ない。



【参照】

- ・(一社) 日本 CLT 協会ホームページ「CLTとは」(<https://clta.jp/clt/> 令和6年2月参照)

1.2 鉄骨造の床に CLT を用いる考え方

【CLT を用いる背景】

国内の森林面積は約 25 万 8 千 km² で、国土面積の 3 分の 2 に達する。森林の蓄積量は約 86.2 億 m³ と推計され、人工林、天然林ともに増加傾向にあり、特に人工林の増加が著しい。

地球温暖化に対する二酸化炭素の固定、また森林環境の健全性を鑑みれば、人工林を更新して持続していくこと（SDGs）が必要であり、そのためには木材を消費し、かつ、森林の更新をしていかなければならない。

建築の分野においても、「公共建築物等木材利用促進法」（公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律、2010 年）、「都市（まち）の木材化推進法」（脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律、2021 年）が施行され、木材利用の拡大が国策として推進されている。これらの施策より新たな雇用の創出と地域経済の活性化が期待されている。

また、国産のスギやヒノキで製造する木の塊である CLT は、木材の消費拡大に貢献することが期待できる材料であり、CLT を普及させることで、環境の改善を図ることができると想定される。

【市場性の検討】

鉄骨造の建物は、床の仕様として、デッキプレート敷設の上に鉄筋コンクリートを打設した合成スラブが大部分を占めている。デッキプレートの市場があるため、その一部が CLT パネルに置き換えられれば、CLT の市場は大幅に拡大される。

現状では、性能面、コスト面で、デッキプレートによる合成スラブに圧倒的な競争力があり、この市場を CLT パネルで代替することは容易ではないが、CLT が有利である特定の仕様においては、鉄骨造の床に CLT を用いるメリットが想定できる。

木材を大量消費することによる炭素蓄積や持続可能性におけるメリットを前提とした上で、耐火要件がなく、内装制限がかからない条件で CLT 床を用いれば、天井を現しとすることができ意匠的な特徴を持たせ、かつ、天井仕上げ工事費を削減できるため、デザイン面、コスト面でのメリットを訴求することもできる。また、環境に対する優位性として炭素蓄積（LCCO₂）について試算、検証して訴求をすれば、市場の獲得と拡大に対して現実的な展開を行えると想定される。

【鉄骨造の床に CLT を用いるシステム】

鉄骨造の柱梁構造の床に CLT を用いる場合、さまざまな使い方、システムが考えられる。

床面に作用する鉛直荷重や水平荷重の取り扱い、耐火仕様の違い等によって分類整理し、典型的と考えられるシステムを表 1.2 に示す。表 1.2 では、A、B、C、D の 4 つのシステムを取り上げている。

システム A は、鉄骨梁の上に CLT パネルを敷設し、スタッドにより鉄骨躯体および鉄筋コンクリートスラブとの緊結を行うシステムである。

システム B は、CLT を型枠として用いた鉄筋コンクリートをスラブとし、鉄筋コンクリートスラブのみで荷重を負担するシステムである。

システム C は、鉄骨梁の上に CLT パネルを敷設し、CLT パネル自体で水平構面を構築するシステムである。

システム D は、鋼材の水平ブレース等を用いて、鉄骨造のみで水平力を負担するシステムである。CLT パネルは鉛直力のみ負担し、水平力の伝達は行わない。

なお、システム A～D の他にも、多様な組み合わせが考えられる。

本ガイドブックでは、鉄骨造の床に CLT を用いるシステムを市場展開していく上で、設計者が容易に理解し採用できるシステム D をベースとしたシステムについて整理する。

表 1.2(1) 鉄骨造の床に CLT を用いるシステム

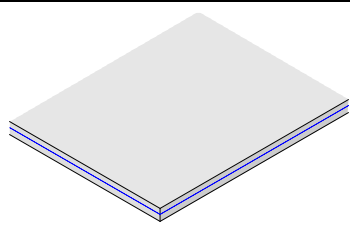
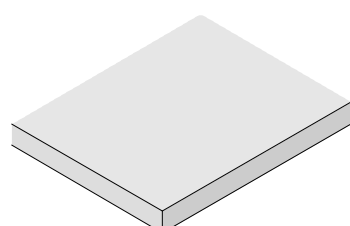
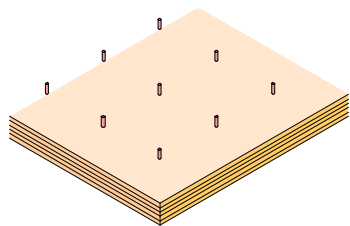
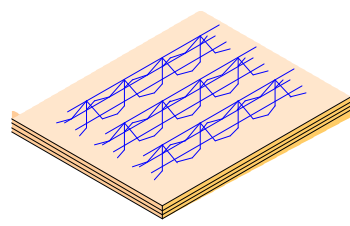
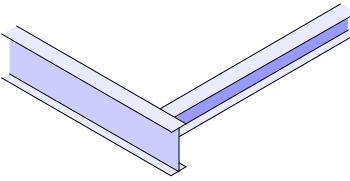
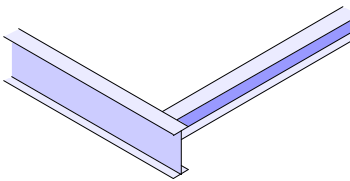
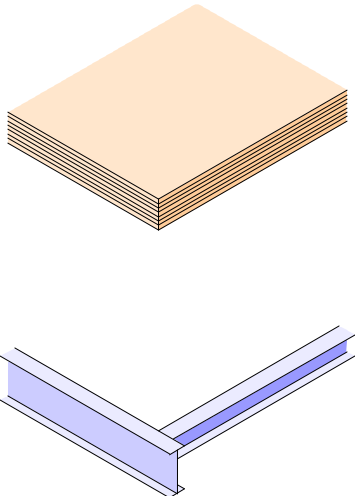
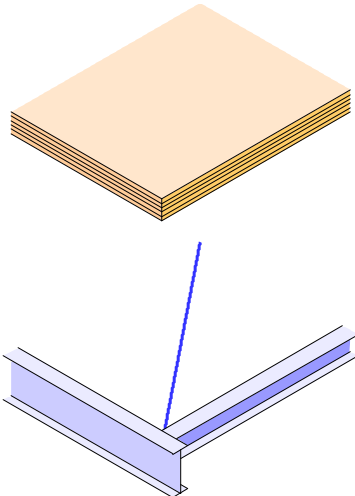
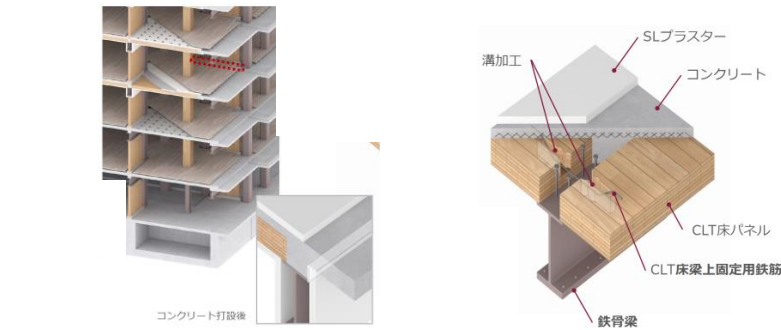

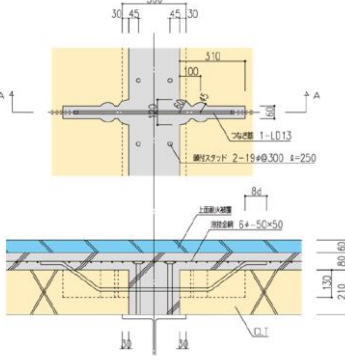
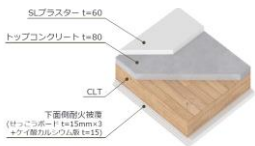
システム名		システム A CLT+コンクリート 合成床版	システム B 型枠 CLT+鉄筋コンクリート床版
イメージ図	コンクリート		
	CLT パネル		
	鉄骨梁		
鉛直荷重		CLT+コンクリート合成床版 (変形増大件数の検討が必要)	鉄筋コンクリート床版
水平荷重 (床せん断力)		コンクリートのみ または、合成床版として検討	鉄筋コンクリート床版 (剛床)
CLT パネルと鉄骨梁の緊結		せん断力伝達機構が必要	
施工		湿式 (コンクリート打設)	
耐火種別	耐火構造 1 時間 2 時間	【仕様 A1】 耐火被覆箇所：CLT 裏面・鉄骨梁 想定建物：5 階建オフィス	【仕様 B1】 耐火被覆箇所：CLT 裏面・鉄骨梁 想定建物：
	準耐火構造 45 分 60 分	【仕様 A2】 耐火被覆箇所：CLT 裏面・鉄骨梁 想定建物：準防火地域 3 階建オフィス	【仕様 B2】 耐火被覆箇所：CLT 裏面・鉄骨梁 想定建物：準防火地域 3 階建オフィス
	その他	【仕様 A3】 耐火被覆箇所：なし 想定建物：なし	【仕様 B3】 耐火被覆箇所：なし 想定建物：なし
遮音性の検討			
CLT パネルの規格寸法の提案			

表 1.2(2) 鉄骨造の床に CLT を用いるシステム (つづき)

システム名		システム C CLT 床版	システム D 鉄骨造ブレース+CLT 床
イメージ図	コンクリート		
	CLT パネル		
	鉄骨梁		
鉛直荷重		CLT パネル	CLT パネル
水平荷重 (床せん断力)		CLT パネルによる水平構面	鉄骨造水平ブレース
CLT パネルと鉄骨梁の緊結		浮き上がり防止程度	
施工		乾式	
耐火種別	耐火構造 1 時間 2 時間	【仕様 C1】 耐火被覆箇所：CLT 表面・裏面・鉄骨梁 想定建物：	【仕様 D1】 耐火被覆箇所：CLT 表面・裏面・鉄骨梁 想定建物：
	準耐火構造 45 分 60 分	【仕様 C2】 耐火被覆箇所：CLT 表面・裏面・鉄骨梁 (燃え代設計可) 想定建物：準防火地域 3 階建オフィス	【仕様 D2】 耐火被覆箇所：CLT 表面・裏面・鉄骨梁 (燃え代設計可) 想定建物：準防火地域 3 階建オフィス
	その他	【仕様 C3】 耐火被覆：なし (床現し・天井現し) 想定建物：防火・準防火地域外 口準耐 1 号 (外壁耐火構造)	【仕様 D3】 耐火被覆：なし (床現し・天井現し) 想定建物：防火・準防火地域外 口準耐 1 号 (外壁耐火構造)
遮音性の検討			
CLT パネルの規格寸法の提案			

1.3 既往事例概要

国内事例 1. PARK WOOD 高森		
竣工日 (工期)	2019年2月 (12か月)	
建物用途	賃貸住宅	
建設地	住所	仙台市泉区高森 2-1-50
	用途地域・防火規定	第二種中高層住居専用地域、その他の区域
規模	階数	地上 10 階
	建築面積	約 520 m ²
	延べ面積	約 3,600 m ²
	各階床面積	約 360 m ²
	最高高さ	約 33.7m
階高	3.25m	
構造形式	ラーメン+CLT 耐震壁	
床版・屋根版の概要	納まり概要	H 鋼大梁上の接合部では、CLT に拡幅を有する溝加工を施し、その中に鉄筋を配筋。H 梁には頭付きスタッドを打設し、コンクリートを充填することで一体化する構法とした。
	納まり構成	
CLT パネル	構成等級	床版：Mx60-5-7、210mm、スギラミナ 30mm
	最大パネルスパン	床版：2,000～3,600mm
	最大パネル幅	床版：1,500～2,000mm
	使用材積	223.0m ³
	供給・加工者	山佐木材
床版・屋根版の構造詳細	構造上の扱い	鉛直：CLT で支持 水平：RC スラブによる水平構面
	鉄骨梁と CLT パネルの接合	
	CLT パネル相互の接合	
耐火仕様	耐火仕様	耐火構造 (2 時間)
	耐火被覆の仕様	CLT パネル上面：SL プラスター CLT パネル下面：強化せっこうボード+ケイカル板
		

国内事例 2. PARK WOOD office iwamotochou (現 : VORT 秋葉原 V)

竣工日 (工期)	2020年3月 (12か月)	
建物用途	事務所	
建設地	住所	東京都千代田区岩本町 3-8-11
	用途地域・防火規定	商業地域、防火地域
規模	階数	地上 8 階
	建築面積	90.51 m ²
	延べ面積	645.05 m ²
	各階床面積	約 80 m ²
	最高高さ	約 26m
階高	基準階 3.15m	
構造形式	ラーメン	

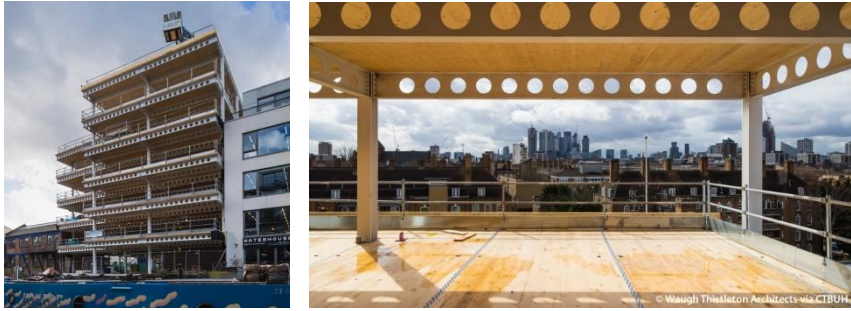
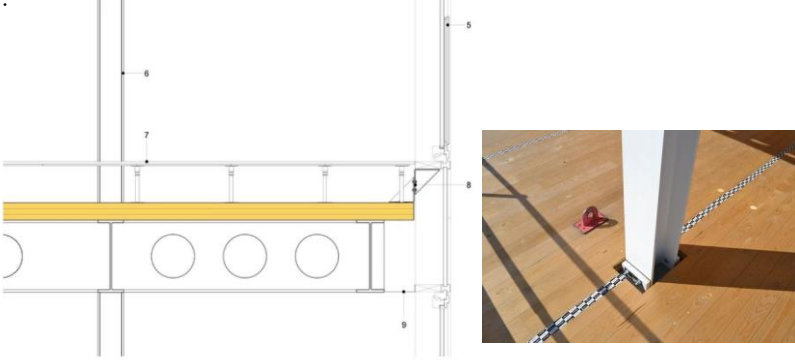
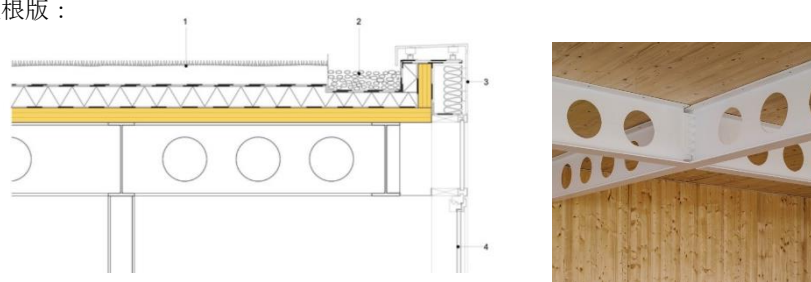
床版・屋根版の概要	納まり概要	CLT は鉄骨梁に載せるだけのディテールとし、CLT への加工が極力少なくなるようにし、コスト削減を図った。CLT はトップコンにより拘束し、地震時のせん断力移行は CLT 上面のラグスクリューにて伝達。
	納まり構成	<p>()内寸法: 1時間耐火の場合を示す 図3 CLT床断面詳細図(2時間耐火)</p>

CLT パネル	構成等級	床版: 5層5プライ、190mm、スギラミナ 38mm
	最大パネルスパン	床版: 2,000~2,300mm
	最大パネル幅	床版: 1,000~2,000mm
	使用材積	約 57m ³
	供給・加工者	山佐木材

床版・屋根版の構造詳細	構造上の扱い	鉛直: CLT で支持 水平: RC スラブによる水平構面
	鉄骨梁と CLT パネルの接合	<p>※ B ≤ 200の場合、付フランジを配置して CLT かり代を確保すること。</p>
	CLT パネル相互の接合	接合なし (トップコンクリートが鉄骨梁のスタッドを介して鉄骨梁と一体化し、CLT を拘束。)



耐火仕様	耐火仕様	耐火構造 (2 時間、1 時間) CLT パネル上面: SL プラスター CLT パネル下面: 強化せっこうボード+ケイカル板
	耐火被覆の仕様	




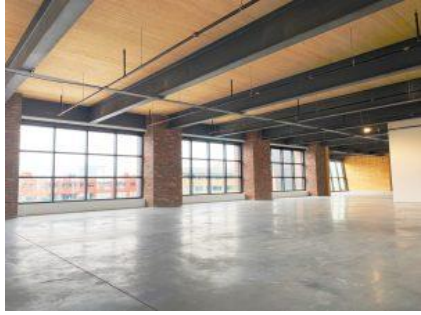
海外事例 1. 6 Orsman Road

竣工日 (工期)		2020年6月 (31か月)
建物用途		オフィス
建設地	住所	6 Orsman Road, London N1 5RA, United Kingdom
	用途地域・防火規定	
規模	階数	地上6階
	建築面積	
	延べ面積	3,839m ²
	各階床面積	
	最高高さ	20.6m
構造形式	階高	1階：3.45m 2～6階：3m
	構造形式	X方向：ラーメン+ブレース Y方向：ラーメン
床版・屋根版の概要	納まり概要	構造躯体は再利用・リサイクル可能な部材（鉄骨とCLT）のみで構成した。鉄骨フレームはボルト接合、CLTパネルはビス接合により構成され、解体が容易なように配慮されている。構造のコアはCLTを壁にも用いている。
	納まり構成	
CLTパネル	構成等級	
	最大パネルスパン	
	最大パネル幅	
	使用材積	900m ³
	供給・加工者	Binderholz
床版・屋根版の構造詳細	構造上の扱い	鉛直：CLTで支持する 水平：CLTによる水平構面
	鉄骨梁とCLTパネルの接合	<p>床版：</p>  <p>屋根版：</p> 
耐火仕様	CLTパネル相互の接合	
	耐火仕様	
	耐火被覆の仕様	

海外事例 2. 843 N Spring Street		
竣工日 (工期)	2023 年 (調査時点で工事中)	
建物用途	複合施設 (オフィス・商業施設)	
建設地	住所	843 N Spring Street, Los Angeles, CA90012, USA
	用途地域・防火規定	
規模	階数	地上 4 階 地下 2 階
	建築面積	
	延べ面積	13,470m ²
	各階床面積	
	最高高さ	22.6m
階高		
構造形式	ラーメン	
床版・屋根版の概要	納まり概要	<p>構造躯体は、既存の商業施設に由来する RC と組積の構造とそれに追加して敷設した RC 構造 (地階と 1 階) と複合させる形で、2 階以上に鉄骨フレームに CLT と RC の複合スラブによる水平構面を載せることにより構成した。CLT は部位よって 3 層のものと 5 層のものを使い分けた。スラブの下端の CLT を現しにすることにより自然で高い意匠性を実現できた。</p>
	納まり構成	
CLT パネル	構成等級	
	最大パネルスパン	
	最大パネル幅	
	使用材積	約 7,600m ²
	供給・加工者	
床版・屋根版の構造詳細	構造上の扱い	鉛直 : CLT、RC の合成スラブで支持する 水平 : CLT。RC の合成スラブによる水平構面
	鉄骨梁と CLT パネルの接合	
	CLT パネル相互の接合	
耐火仕様	耐火仕様	
	耐火被覆の仕様	

海外事例 3. RISD North Hall

竣工日 (工期)		2019年8月 (12か月)
建物用途		学生寮、制作スタジオ
建設地	住所	60 Waterman Street, Providence, Rhode Island USA
	用途地域・防火規定	
規模	階数	地上5階 地下1階
	建築面積	
	延べ面積	3,882m ²
	各階床面積	
	最高高さ	
階高	2.74m	
構造形式		ラーメン
床版・屋根版の概要	納まり概要	鉄骨ラーメンフレームに CLT スラブが直接載せられ、鉄骨のフランジの先穴を通してビスを下から鉛直に打つことで接合をするシステムとなっている。CLT パネルは鉄骨フレームの短辺方向 (鉄骨3スパン分) を1枚のパネルでカバーする。スラブの CLT パネルは E1 グレードの5層5プライのものが用いられた。CLT パネルが天井の仕上げになる部分については下部最外層は現し品質が採用されている。床システムに防音性能と防振性能を与えるために CLT スラブ上には防音マットとセルフレベリングモルタルが施工されている。
	納まり構成	 
CLT パネル	構成等級	床版、屋根版 : Grade E1
	最大パネルスパン	床版、屋根版 : 15,000 mm
	最大パネル幅	床版、屋根版 : 2,440 mm
	使用材種	
供給・加工者		Nordic Structures
床版・屋根版の構造詳細	構造上の扱い	鉛直 : CLT で支持する 水平 : CLT による水平構面
	鉄骨梁と CLT パネルの接合	
CLT パネル相互の接合	CLT パネル相互の接合	
	耐火仕様	耐火仕様 耐火被覆の仕様

海外事例 4. Stamford Media Village		
竣工日 (工期)	2021 年 (28 か月)	
建物用途	複合施設 (オフィス・商業)	
建設地	住所	4 Star Point Suite 101, Stamford, CT 06902, United States
	用途地域・防火規定	
規模	階数	地上 4 階 地下 2 階
	建築面積	
	延べ面積	12,360m ²
	各階床面積	
	最高高さ	
階高		
構造形式	ラーメン	
床版・屋根版の概要	納まり概要	1920 年代に施工された工場建築の RC 躯体の上に、鉄骨フレームと CLT の床による 3 層分の増築が行われた。柱のスパンは最大 12m で、集成材梁の場合梁成が大きくなりすぎるため、鉄骨梁と CLT スラブの組み合わせが採用された。
	納まり構成	   
CLT パネル	構成等級	
	最大パネルスパン	
	最大パネル幅	
	使用材積	
	供給・加工者	
床版・屋根版の構造詳細	構造上の扱い	鉛直：CLT で支持する 水平：CLT による水平構面
	鉄骨梁と CLT パネルの接合	
	CLT パネル相互の接合	
耐火仕様	耐火仕様	
	耐火被覆の仕様	

1.4 本ガイドブックで取り扱うシステム

1.4.1 耐火性能

本ガイドブックでは、表 1.2 におけるシステム D の考え方をベースとし、耐火要件としてロ準耐 1 号に
適応できる床のシステムを取り扱う。

「ロ準耐 1 号」とは、準耐火建築物の一種であり、その位置付けを整理したものを表 1.3 に示す。

建築基準法第 2 条（用語の定義）第九号の 3（準耐火建築物）ロに定義される準耐火建築物のうち、建
築基準法施行令第 109 条の 3（主要構造部を準耐火構造とした建築物と同等の耐火性能を有する建築物の
技術的基準）第一号に規定されるものであることから、「ロ準耐 1 号」と略称されている。

具体的には、「外壁耐火構造」であり外壁以外に屋根に規定があるが、柱梁や床には耐火要件がない
（図 1.3 中央の図）。

表 1.3 は、ロ準耐 1 号で建設できる建築物の規模（法第 21 条）、地域（法第 61 条）、用途（法第 27
条、代表的なもののみ掲載）を耐火建築物やその他建築物と横並びで整理したもので、ロ準耐 1 号に該当
するものを黄色で網掛けしている。また、本システムは低層での利用を想定しているため、表 1.3 では高
さ 16m を超える建物については省略している。

表 1.3 耐火要件の整理（高さ 16m 以下）

		耐火建築物		準耐火建築物			その他建築物		
		耐火構造	政令で定める 技術的基準に 適合	準耐火構造	政令で定める技術的基準に 適合				
			耐火性能 検証法		外壁耐火構造	不燃構造			
規定条文	建築基準法	法第 2 条第九号 の 2 イ(1)	法第 2 条第九号 の 2 イ(2)	法第 2 条第九号 の 3 イ	法第 2 条第九号の 3 ロ		—		
	施行令、告示	令第 107 条 H12 建告 1399	令第 108 条の 3	令第 107 条の 2 H12 建告 135	令第 109 条の 3 第一号	令第 109 条の 3 第二号	—		
通称		ルート A	ルート B ルート C	イ準耐	ロ準耐 1 号	ロ準耐 2 号	その他建築物		
地域による 制限 (法 61 条)	防火地域内	制限なし (一部のルート C を除く)			2 階建て以下、100 m ² 以下		建設不可		
	準防火地域内				3 階建て以下、1,500 m ² 以下		2 階建て以下 500 m ² 以下		
用途による 制限 (法 27 条)	特殊建築物 以外 (事務所等)				4 階建て	75 準耐火 3,000 m ² 以下		建設不可	
					3 階建て 以下	3,000 m ² 以下			
	店舗				3 階建て	200 m ² 未満			
					2 階建て	3,000 m ² 以下		3,000 m ² 以下、 2 階・同用途 500 m ² 未満	
					平屋	3,000 m ² 以下			
	共同住宅				3 階建て	木三共仕様 3,000 m ² 以下		建設不可	
					2 階建て	3,000 m ² 以下		3,000 m ² 以下、 2 階・同用途 300 m ² 未満	
					平屋	3,000 m ² 以下			

※ 高さ 16m を超える建築物、延焼防止建築物については記載を省略している。

※ 鉄骨造であっても、床（令 109 条の 4 対象）に CLT（可燃材料）を用いる場合は、法第 21 条の対象となる。規模による制限（法 21 条）は「特殊建築物以外」欄と同じ内容となる。

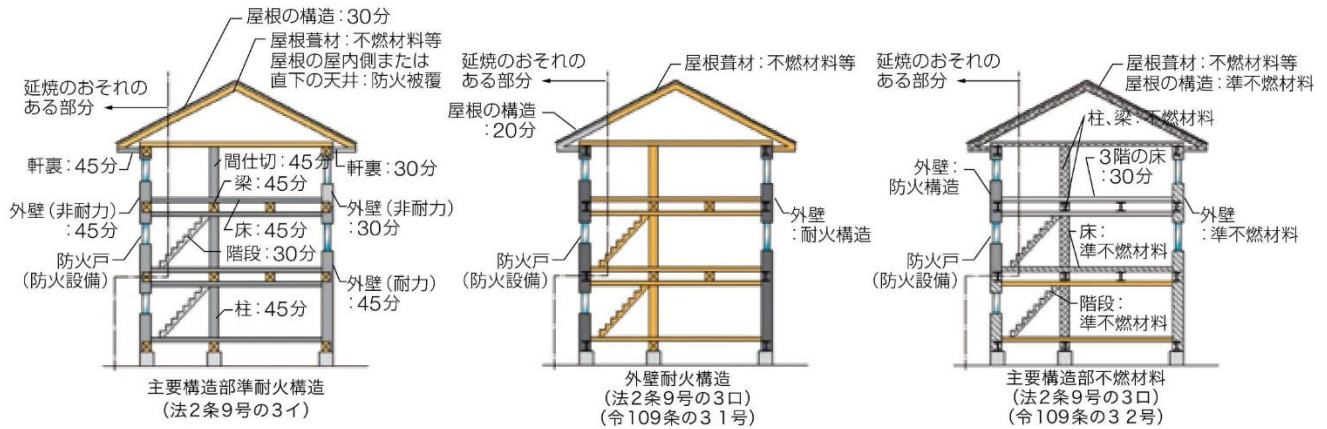


図 1.3 準耐火建築物

出典：「木造建築のすすめ」（2021年3月、一般社団法人木を活かす建築推進協議会）

1.4.2 (仮称) 天井現しシステム

本ガイドブックで取り扱う、表 1.2 のシステム D をベースとし、ロ準耐 1 号に適用できる床のシステムを、以下、「(仮称) 天井現しシステム」と称す。

(仮称) 天井現しシステムは、鉄骨造の梁の上に CLT パネルを敷設するが、CLT パネル床面には水平力を負担させないため、水平ブレースを用いて水平力を負担させる構成としている。

(仮称) 天井現しシステムは、ロ準耐 1 号（外壁耐火構造）に適用できるほか、耐火要件のない鉄骨造（その他鉄骨造）にも全く同じ仕様で適用できる。

また (仮称) 天井現しシステムは、名称の通り天井面を表しにできるほか、CLT 床面も現しとする設計も可能である。

(仮称) 天井現しシステムの各部の納まりは、「3.2 CLT 床パネルの加工及び接合」、「3.3 CLT 床パネルの梁上の取り付け」にて記載する。

1.5 床に CLT を用いるメリット

(仮称) 天井現しシステムを、デッキプレートを用いた合成スラブによる床と比較した場合、1.2 で述べたように、木材を多用することによる、持続可能な森林環境に寄与するメリットや、木材を現しにできる意匠面のメリット等が挙げられる。

また、ロ準耐 1 号に適用可能な (仮称) 天井現しシステムを、CLT パネルを用いた耐火構造のシステムと比較すると、表 1.4 に示すようなメリット、デメリットを示すことができる。

表 1.4 耐火構造とロ準耐 1 号との比較

	耐火構造	準耐火構造 イ準耐	外壁耐火構造 ロ準耐 1 号
想定する仕様の概要	<ul style="list-style-type: none"> 柱梁：鉄骨造 床：CLT パネルまたは CLT パネルとコンクリートの複合 鉄骨柱梁耐火被覆（耐火性能） 柱梁と CLT パネル緊結 CLT パネル同士緊結 CLT パネル耐火被覆（耐火性能）またはコンクリート打設（床面） 	<ul style="list-style-type: none"> 柱梁：鉄骨造 床：CLT パネル 水平力は鉄骨造で負担 鉄骨柱梁耐火被覆（準耐火性能） CLT パネル耐火被覆（準耐火性能）または燃えしる 	<ul style="list-style-type: none"> 柱梁：鉄骨造 床：CLT パネル 水平力は床ブレースで負担 鉄骨柱梁の耐火被覆不要 外壁は耐火構造 CLT パネルは現し（耐火措置不要）
主なターゲット	<ul style="list-style-type: none"> 5 階建て程度の商業施設 5 階建て程度の共同住宅 		<ul style="list-style-type: none"> 2～3 階建ての事務所建築 2 階建ての店舗建築
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> コストが高い。 施工に高度な技術、工数を要する。 デッキプレートによる合成スラブに対する競争力について、現時点では十分な想定ができない。 システム開発に多大な労力を要し、また、先端技術ゆえの早期陳腐化のおそれがある。 		<ul style="list-style-type: none"> 規模、用途、地域の制約がある。 防火区画、防火壁、界壁、内装制限等の法令上の細かい制限が多く適用される。
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 規模、用途、地域の制限がほぼない。 防火区画、防火壁、界壁、内装制限等の法令上の細かい制限の多くが適用除外できる。 デッキプレートによる合成スラブの市場が非常に大きく、代替できれば大きなパイが得られる。 木材の大量使用による、大量の炭素蓄積及び高い持続可能性。 		<ul style="list-style-type: none"> コストが低い。 施工が容易で、既存の工事主体の多くで対応が可能。 耐火被覆が不要でかつ内装制限のかからない条件となる建物用途で展開することにより、木材の現し表現が可能になる。 軽量化が期待でき、地震力の低減、基礎構造の簡易化が図られる。 木材の大量使用による、大量の炭素蓄積及び高い持続可能性がある。 規模、用途、地域の制約を受けることがあっても、大きな市場可能性がある。 床システムを開発すれば、そのまま「その他建築物」にも適用できる。 システム開発が比較的容易と考えられ、短期間の事業に適している パネル規格等の考察のモデルとなりうる。

第2章 CLT 床パネルの特性

2.1 CLT の規格と種類

直交集成板の材料規格は、「直交集成板の日本農林規格」（平成 25 年農林水産省告示第 3079 号）である。同規格では対象とする木質材料として、「ひき板又は小角材（これらをその繊維方向を互いにほぼ平行にして長さ方向に接合接着して調整したものを含む。）をその繊維方向を互いにほぼ平行にして幅方向に並べ又は接着したものを、主としてその繊維方向を互いにほぼ直角にして積層接着し 3 層以上の構造を持たせた木材」と定めており、規格自体にクロス・ラミネーテッド・ティンバー（CLT）の表記はないが、直交集成板は CLT のひとつであると考えてよい。

同規格を理解するうえで重要なキーワードとして、「ラミナ」、「プライ数」、「層数」がある。図 2.1 に示すように、「ラミナ」は直交集成板を構成するひき板、「プライ数」は厚さ方向に重ねているラミナの数、「層数」は繊維方向が異なる厚さ方向の層の数である。したがって、図 2.1 に示す直交集成板は、5 層 7 プライとなる。また、「層」には「外層」と「内層」があり、外層と内層に同じ強度等級のラミナを用いる「同一等級構成」のものと、外層と内層に強度等級が異なるラミナを用いる「異等級構成」のものがある。前者は”Same”の頭文字”S”によって表され、後者は”Mix”の文字”Mx”を用いて表される。

JAS 規格では、同一等級構成による直交集成板には S120、S90、S60、S30 の 4 種類、異等級構成による直交集成板には Mx120、Mx90、Mx60 の 3 種類の強度等級がある。各強度等級に対して 3 層 3 プライ、3 層 4 プライ、5 層 5 プライ、5 層 7 プライ、7 層 7 プライ、9 層 9 プライの 6 種類の構成の区分が設けられており、合計 42 種類の区分がある。

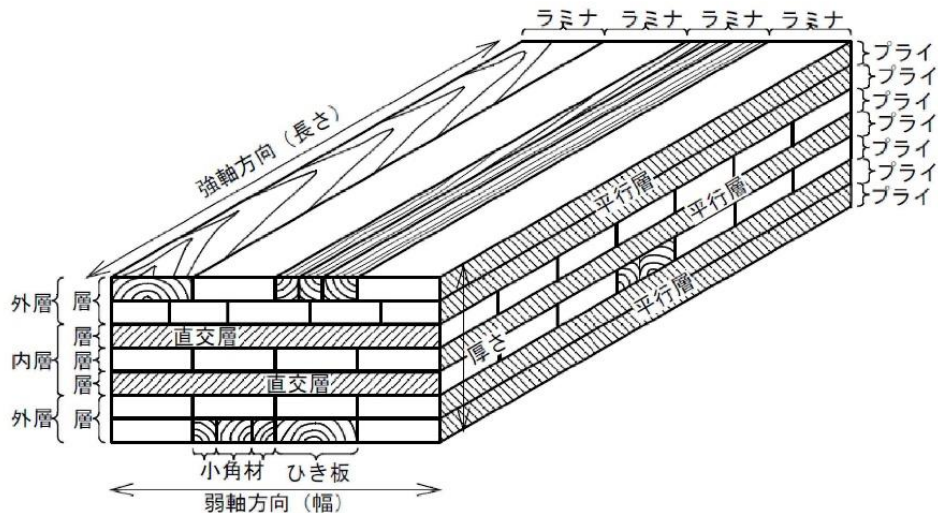


図 2.1 直交集成板の各部の名称（直交集成板の日本農林規格より）

CLT パネルは、集成材と異なりラミナを繊維方向が互いに直交するように接着しているため、パネルには強軸方向（表層ラミナの繊維方向に対して平行方向）と弱軸方向（表層ラミナの繊維方向に対して直交方向）があり、方向によって圧縮や曲げ、せん断に対する強度及び弾性係数が異なる点に注意が必要である。

積層方向に長期面外曲げを受ける、屋根版・床版に使用する CLT パネルは、平成 13 年国土交通省告示第 1024 号「特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件」に基準強度と長期許容応力度が定められているものに限られる。同告示は平成 13 年に公布されたが、平成 30 年及び令和 4 年の改正により使用できる CLT パネルの構成が増え、現在は図 2.2 に示す構成の CLT パネルが使用可能となっている。

強軸方向 3 層 3 プライ、3 層 4 プライ、5 層 5 プライ、5 層 7 プライ、7 層 7 プライ

弱軸方向 3 層 3 プライ、3 層 4 プライ、5 層 5 プライ、5 層 7 プライ、7 層 7 プライ、9 層 9 プライ

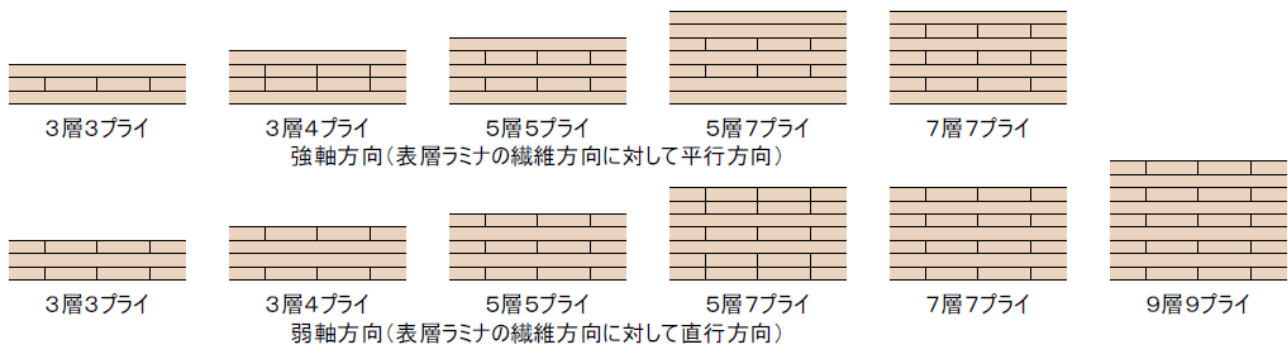


図 2.2 面外の基準強度が規定されている CLT パネル

【参照文献】

- ・(公財) 日本住宅・木材技術センター「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル 2021 年構造・材料増補版」(令和 3 年 11 月)
- ・(一社) 日本 CLT 協会「実務者のための CLT 建築物設計の手引き」(令和 6 年改訂予定稿)

2.2 CLT の基準強度・弾性係数

直交集成板の許容応力度、材料強度、基準強度は、平成 13 年国土交通省告示第 1024 号（最終改正：令和 4 年国土交通省告示第 413 号）「特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件」で定められている。

直交集成板の基準強度は、告示で定められた式によって計算した数値とする。また材料強度及び許容応力度は、基準強度をもとに計算する。基準強度の計算に際してはラミナの強度及び曲げヤング係数を用いるが、告示では強度のみ規定されていて、曲げヤング係数の規定はない。

(公財) 日本住宅・木材技術センターが発行している「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」(以下、設計施工マニュアル) では、告示の詳細な解説とともに代表的な構成の直交集成板について、基準強度を予め計算した結果の一覧を掲載している。また、直交集成板の弾性係数も、予め計算した計算結果の一覧を掲載している。

詳細は、「設計施工マニュアル」を参照とする。

2.3 CLT の接合部について

鉛直構面、水平構面に CLT パネルを用いる場合は、基礎と CLT パネルの接合、パネル相互の接合及びパネルと周辺部材の接合を行う必要がある。基礎と耐力壁パネル、上下の耐力壁パネル相互の接合部では、引張力に抵抗する接合部として、鋼板添え板ビス接合、鋼板挿入型ドリフトピン接合、引きボルト接合、長ビス接合、GIR（グールド・イン・ロッド）接合、LSB（ラグスクリーューボルト）接合等、多様な引張接合部が採用されている。

また、基礎と耐力壁パネル、耐力壁パネルと床構面、垂れ壁パネル、腰壁パネルと耐力壁パネル及び床構面、床パネル相互の接合では、せん断力に抵抗する接合部として、鋼板添え板ビス接合、構造用合板を用いたビス打ち合板スプライン（雇い実、やといぎね）接合等が用いられている。

接合金物等についてのデータは、(公財) 日本住宅・木材技術センター発行の「設計施工マニュアル」、及び同センターの公式ホームページに掲載された「CLT を活用した建築物等実証事業に係る CLT 接合部強度データ集」(<https://www.howtec.or.jp/files/libs/3620/202104011904444523.pdf>) を参考されたい。

2.4 耐火性能

鉄骨造の口準耐1号で（仮称）天井現しシステムを適用する場合は、建築基準法施行令第109条の3（主要構造部を準耐火構造とした建築物と同等の耐火性能を有する建築物の技術的基準）第一号の規定に適合する必要がある。外壁は耐力壁、非耐力壁にかかわらず耐火構造とする必要がある。

鉄骨の軸組は耐火措置が不要であるが、外壁を構成する柱梁は耐火構造としなければならない。耐火構造の技術基準は、平成12年建設省告示第1399号（耐火構造の構造方法を定める件）に規定されている。（仮称）天井現しシステムは、低層の鉄骨造での運用を想定しているため、耐火時間は1時間である。具体的に必要な措置の概要を表2.1に示す。

表 2.1 外壁耐火構造で、外壁及び外壁を構成する柱梁に必要な措置の概要

部位	被覆対象		防火被覆	屋外側の措置	
外壁	耐力壁・非耐力壁	鉄骨軸組〔両面〕	鉄網モルタル塗り（塗厚さ3cm以上） コンクリートブロック、れんが、石（4cm以上）	— —	
		—	鉄材または木材の間柱・下地〔両面〕	強化せっこうボード（2枚以上、総厚さ42mm以上）	防火被覆の上に金属板、ALCパネル、窯業サイディング、モルタル、しっくいのはずれか
				強化せっこうボード（2枚以上、総厚さ36mm以上）＋けい酸カルシウム板（8mm以上）	
	—	強化せっこうボード（15mm以上）＋ALCパネル（50mm以上）	—		
非耐力壁	—	気泡コンクリートまたはけい酸カルシウム板〔両面〕	せんい強化セメント板（スレート波板・スレートボード）（3mm以上）または繊維混入けい酸カルシウム板（6mm以上）〔総厚さ〕3.5cm以上	—	
外壁を構成する柱・梁	柱・梁	鉄骨	鉄網モルタル4cm以上、コンクリートブロック5cm以上、れんがまたは石5cm以上	—	
			鉄網パーライトモルタル4cm以上	—	
			吹付けロックウール35mm以上	—	
	柱	鉄骨（断面積/加熱周長に制限あり）	けい酸カルシウム板（かさ比重0.35以上）20mm以上	—	
			けい酸カルシウム板（かさ比重0.15以上）27mm以上	—	
			ALCパネル35mm以上	—	
			けい酸カルシウム板（かさ比重0.15以上）25mm以上	—	
梁	—	けい酸カルシウム板（かさ比重0.15以上）25mm以上	—		

また、屋根の構造は、建築基準法第22条に定める不燃材料で葺き、かつ、延焼のおそれのある部分の構造が、平成12年建設省告示第1367号（準耐火建築物同等の性能を有する建築物等の屋根の構造を定める件）に適合しなければならない。同号には、準耐火構造が含まれる。

以上により、（仮称）天井現しシステムのCLT床パネルには、一切の耐火要件がかからなくなる。

耐火設計の詳細については、「設計施工マニュアル」の「第V部 防耐火設計」を参照していただきたい。

第3章 (仮称) 天井現しシステムの CLT 床パネルの設計

3.1 CLT 床パネルの割り付け

【規格パネルの寸法】

CLT 床パネルの規格寸法は、1.0m×6.0m、2.0m×6.0m の 2 種類とする。

【CLT 床パネルの配置ルール】

建築物の構造モジュールは、1.0m とする。

CLT 床パネルの割り付けは、規格パネルの寸法を考慮した上、極力パネル枚数が少なくなるよう合理的に割り付ける。

モジュール崩れに対しても、パネル枚数が極力少なくなるように加工して割り付け、半端サイズのパネルの使用は極力避ける。

CLT 床パネルの幅及び長さは、360mm 以上であること（平成 13 年国土交通省告示第 1024 号）。

図 3.1 に 2 階平面図、図 3.2 に CLT 床パネルの配置例を示す。

【CLT パネルの厚さ】

CLT パネルの厚さは 90mm 以上とし、3 層 3 プライ以上の構成とする。

建築物の構造スパンに応じ、十分な強度を確保するほか、過剰な振動やたわみを生じない、十分な剛性を有する厚さのものとする。その検定については、変形増大係数 2 における長期たわみ $1/250\text{rad}$ 以下とし、「3.4 CLT 床の設計方法」に詳細を示す。

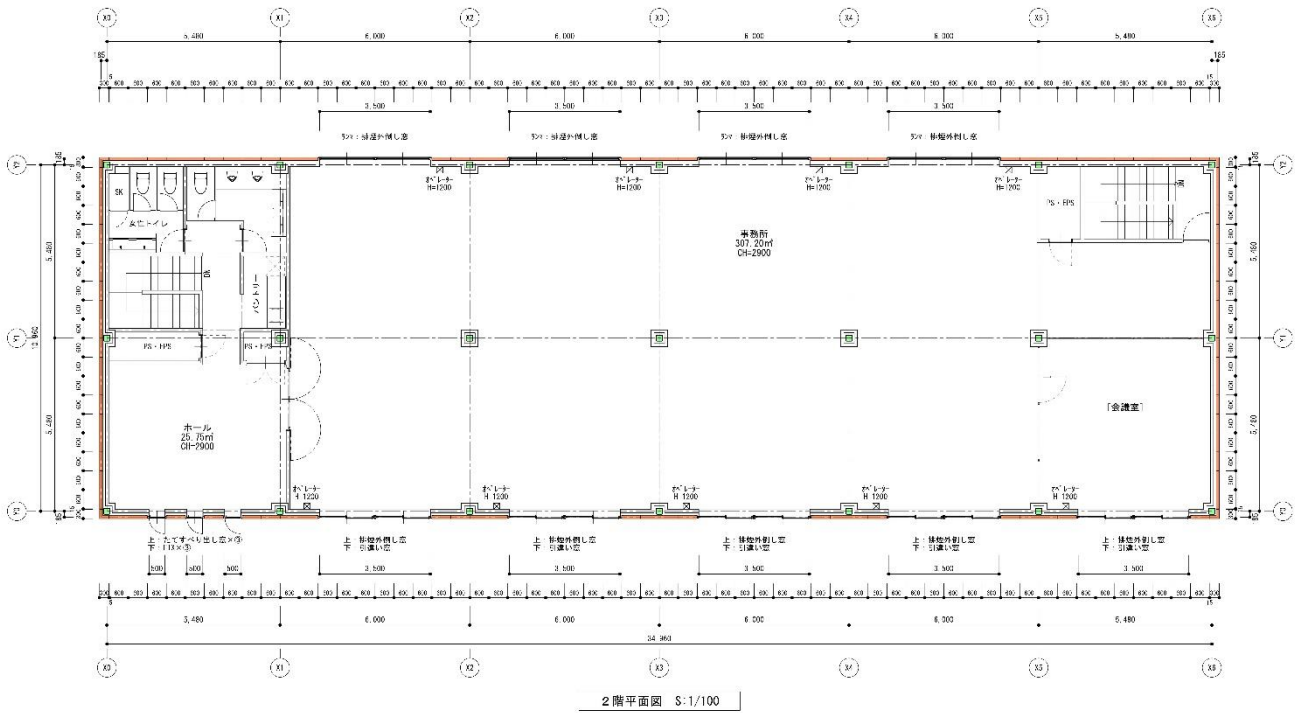


図 3.1 CLT 床パネルの配置例 (1) 2階平面図

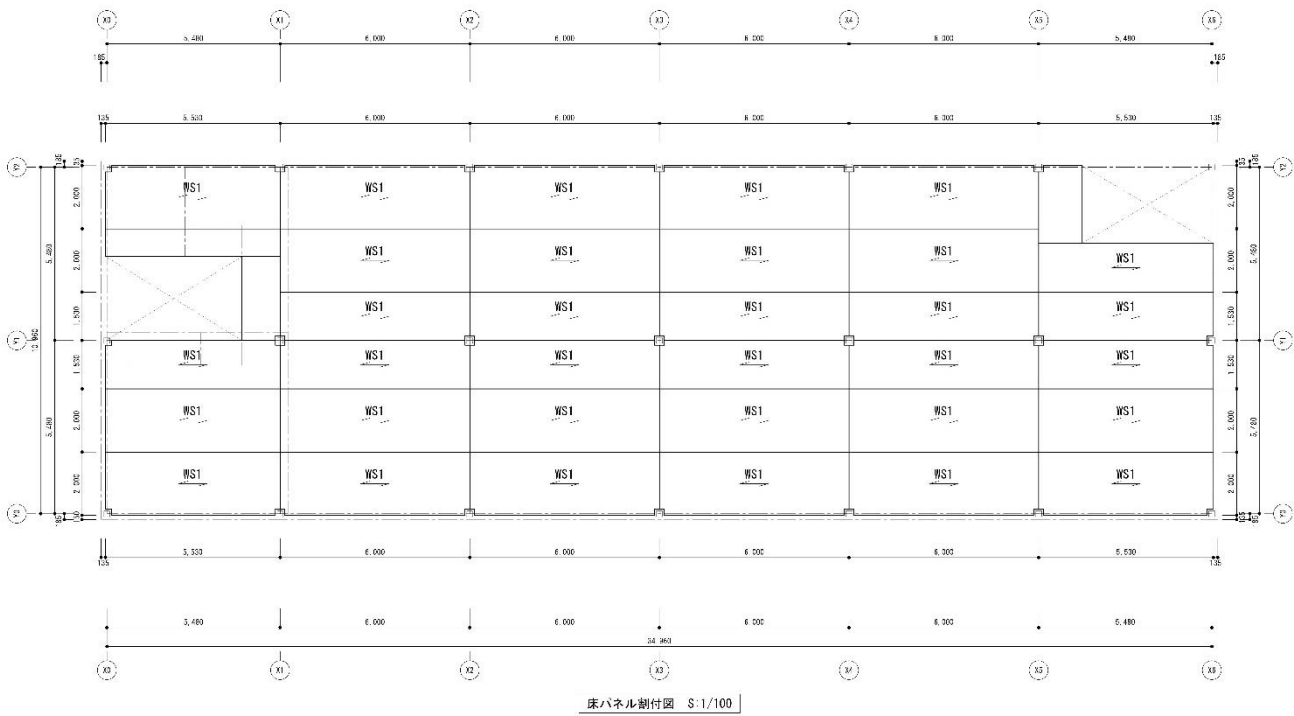


図 3.2 CLT 床パネルの配置例 (2) 割付図

3.2 CLT 床パネルの加工及び接合

(仮称) 天井現しシステムにおいては、「3.1 CLT 床パネルの割り付け」で示した割り付けに対応した床パネルの「切り出し」のほか、鉄骨造の柱に干渉しないための「柱欠き」及び床パネル同士を接合する「スプライン欠き」の加工がある。

CLT 床パネル同士の接合は、水平力を伝達しない考え方に基づくため、金物等は用いず、合板スプライン接合とする。

スプライン接合とは、図 3.3 に示すように、切り欠きした母材 (CLT) に、合板や LVL 等の長尺の板材 (スプライン) を「雇い」にして、ビスやくぎで留め付ける接合である。

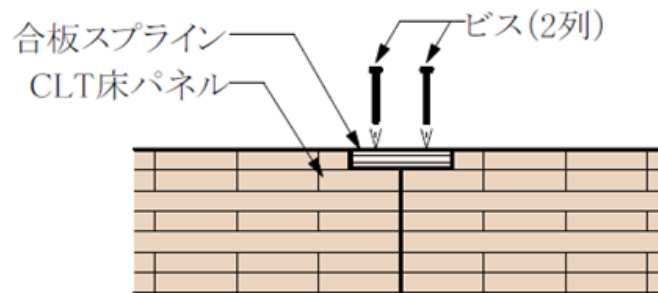


図 3.3 スプライン接合

3.3 CLT 床パネルの梁上の取り付け

(仮称) 天井現しシステムでは、鉄骨梁と CLT 床パネルの間で水平力せん断力の伝達はしない。浮き上がり防止程度の接合とする。

図 3.4 に示すように、鉄骨梁フランジ上に、ボルト避けの床パネル受け金物（リップ溝形鋼、C チャンネル）を溶接し、床パネル受け金物に床パネル留付金物（山形鋼、アングル）を溶接しておく。床パネル留付金物と、CLT 床パネルを、下面からビス留めする。

なお、この取り付け方法は、鉄骨造に ALC 板を留め付ける方法に準拠したものである。

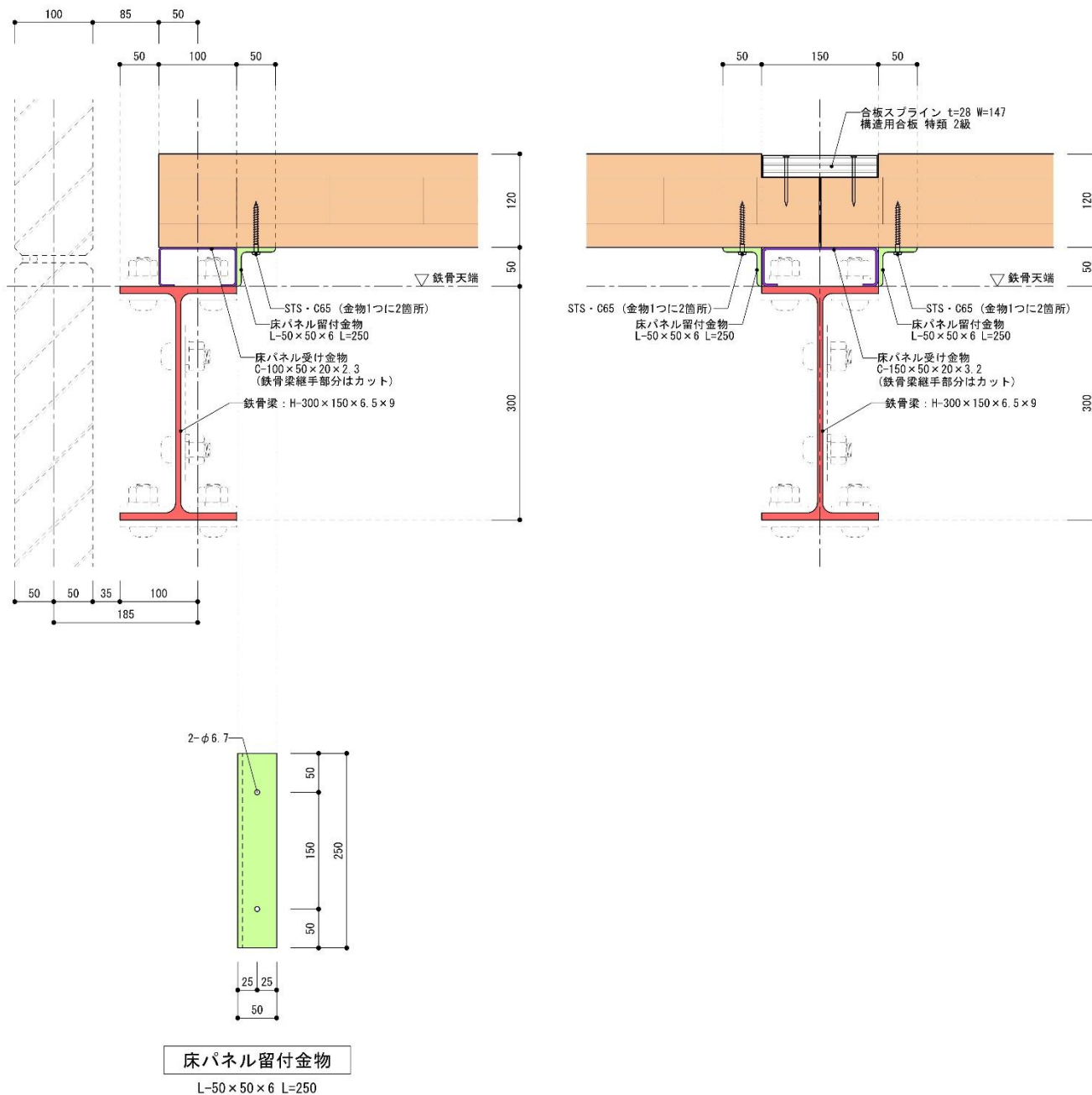


図 3.4 CLT 床パネルの梁上取り付け詳細図

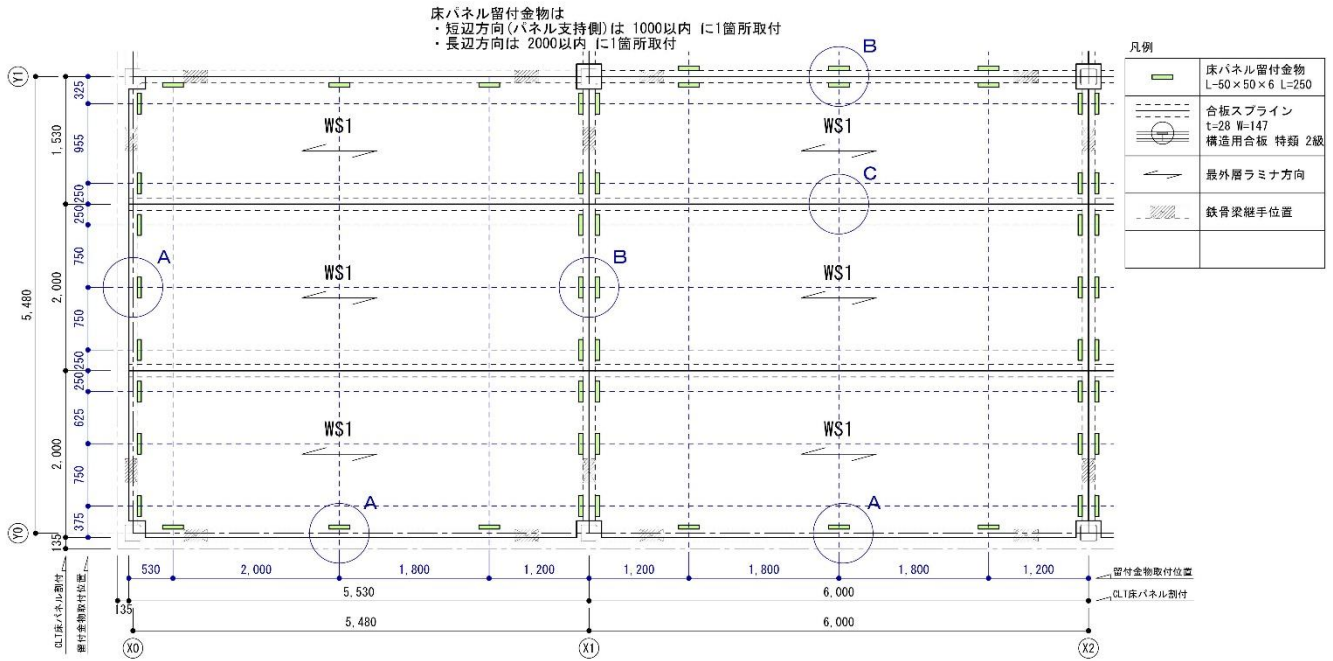


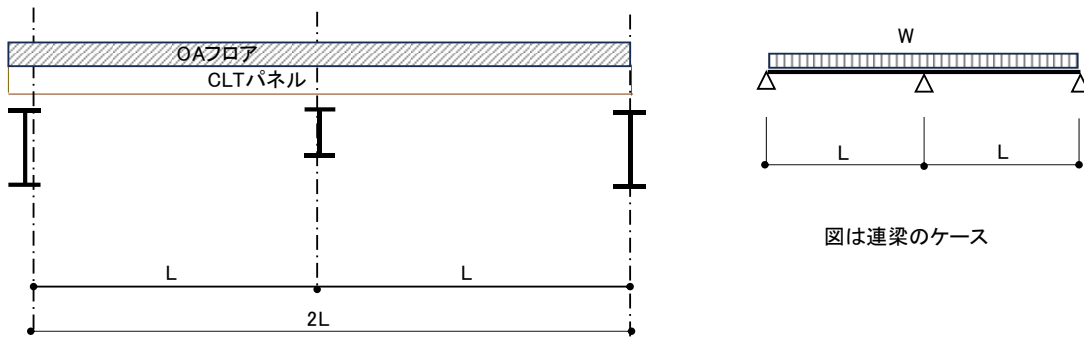
図 3.5 CLT 床パネルの梁上取り付けの割り付け図

3.4 CLT 床の設計方法

3.4.1 鉛直荷重に対する設計方法

(仮称) 天井現しシステムでは、図 3.5 の構造モデルに示すように、床パネルを 2 スパンにわたる連梁と考え、鉛直荷重（固定荷重＋積載荷重）に対し、面外曲げ、面外せん断、面外たわみについて検定する。

たわみの検定に際しては、応力検定に用いた床用積載荷重と同じ積載荷重を用いた弾性たわみの検定に加えて、地震力計算用の積載荷重を用いたクリープを考慮した長期たわみについても検定する。



図は連梁のケース

図 3.5 (仮称) 天井現しシステムの構造モデル

[面外曲げの検定]

$$\sigma_b = \frac{M_{\#}}{Z} < f_b = \frac{1.1}{3} F_b$$

[面外せん断の検定]

$$\tau = \frac{\beta Q}{A} < f_s = \frac{1.1}{3} F_s$$

[たわみの検定]

①弾性たわみ算定用荷重 $w_{\text{弾}}$ によるたわみの算定

$$\frac{\delta_{\text{弾}}}{L} < \text{たわみ制限値 (例えば } \frac{1}{250}, \frac{1}{400} \text{ 等)}$$

$$\text{連梁とした場合} \quad \delta_{\text{弾}} = \frac{w_{\text{弾}} L^4}{185EI} + \beta \cdot \frac{w_{\text{弾}} L^2}{8GA}$$

$w_{\text{弾}}$: 固定荷重＋床用積載荷重 (令 85 条の「床の構造計算をする場合」の値)

②クリープを考慮したたわみ算定用荷重 $w_{\text{クリープ}}$ によるたわみの算定

$$\frac{\delta_{\text{クリープ}}}{L} < \text{たわみ制限値 (例えば } \frac{1}{250}, \frac{1}{400} \text{ 等)}$$

$$\text{連梁とした場合} \quad \delta_{\text{クリープ}} = 2 \times \left(\frac{w_{\text{クリープ}} L^4}{185EI} + \beta \cdot \frac{w_{\text{クリープ}} L^2}{8GA} \right)$$

$$\text{単純梁として算定した参考値} \quad \delta_{\text{クリープ}} = 2 \times \left(\frac{5w_{\text{クリープ}} L^4}{384EI} + \beta \cdot \frac{w_{\text{クリープ}} L^2}{8GA} \right)$$

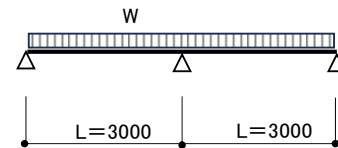
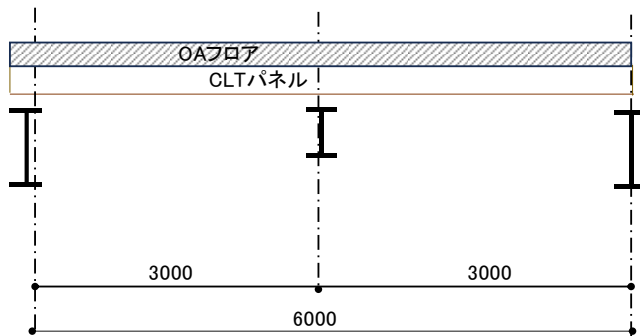
$w_{\text{クリープ}}$: 固定荷重＋長期たわみ算定用積載荷重 (令 85 条の「地震力を計算する場合」の値)

[記号]

板厚さ	t	(mm)
曲げ基準強度	F_b	(N/mm ²)
せん断基準強度	F_s	(N/mm ²)
曲げ許容応力度	$f_b = \frac{1.1}{3} F_b$	(N/mm ²)
せん断許容応力度	$f_s = \frac{1.1}{3} F_s$	(N/mm ²)
曲げヤング係数	E	(N/mm ²)
せん断弾性係数	G	(N/mm ²)
せん断応力度分布係数 (最大値)	β	—

床パネル有効幅	b	(mm)
床パネルスパン	L	(mm)
応力算定用荷重	w	(N/mm)
弾性たわみ算定用荷重	$w_{弾}$	(N/mm)
クリープを考慮したたわみ算定用荷重	$w_{クリープ}$	(N/mm)
曲げモーメント (単純梁のスパン中央)	$M_0 = \frac{1}{8} wL^2$	(N・mm)
固定端モーメント	$C = \frac{1}{12} wL^2$	(N・mm)
曲げモーメント (連梁の中間支持点)	$M_{中} = M_0 - \frac{1}{2} C$	(N・mm)
せん断力	$Q = \frac{1}{2} wL$	(N)
断面係数	$Z = \frac{bt^2}{6}$	(mm ³)
断面積	$A = bt$	(mm ²)
断面二次モーメント	$I = \frac{bt^3}{12}$	(mm ⁴)
最大曲げ応力度	$\sigma_b = \frac{M_{中}}{Z}$	(N/mm ²)
最大せん断応力度	$\tau = \frac{\beta Q}{A}$	(N/mm ²)

【設計例】



図は連梁のケース

〔荷重算定〕

積載荷重	床用積載荷重	2,900 N/m ²	長期たわみ算定用積載荷重	800 N/m ²
	仕上げ含む OA フロア 33kg/m ²	330 N/m ²		330 N/m ²
固定荷重	CLT Mx60-3-4 λ=4.5	540 N/m ²	同左	540 N/m ²
	照明器具その他機器重量	50 N/m ²		50 N/m ²
合計	応力算定用荷重	3,820 N/m ²	クリープを考慮した	
	弾性たわみ算定用荷重		たわみ算定用荷重	1,720 N/m ²

〔CLT Mx60-3-4 の特性値〕

板厚さ	$t =$	120 mm
曲げ基準強度	$F_b =$	11.51 N/mm ²
せん断基準強度	$F_s =$	0.9 N/mm ²
曲げヤング係数	$E =$	5,250 N/mm ²
せん断弾性係数	$G =$	20.5 N/mm ²
せん断応力度分布係数 (最大値)	$\beta =$	1.28
変形増大係数		2.0

[構造モデル]

床パネル有効幅	$b =$	1,000 mm
床パネルスパン	$L =$	3,000 mm
応力算定用荷重	$w = 3,820 \times 1.0 / 1,000 =$	3.82 N/mm
曲げモーメント (単純梁のスパン中央)	$M_0 = \frac{1}{8} wL^2 =$	4,297,500 N・mm
固定端モーメント	$C = \frac{1}{12} wL^2 =$	2,865,000 N・mm
曲げモーメント (連梁の中間支持点)	$M_{\#} = M_0 - \frac{1}{2} C =$	2,865,000 N・mm
せん断力	$Q = \frac{1}{2} wL =$	5,730 N
断面係数	$Z = \frac{bt^2}{6} = \frac{1,000 \times 120^2}{6} =$	2,400,000 mm ³
断面積	$A = bt = 1,000 \times 120 =$	120,000 mm ²
断面二次モーメント	$I = \frac{bt^3}{12} = \frac{1,000 \times 120^3}{12} =$	144,000,000 mm ⁴

[面外曲げの検定]

$$\text{最大曲げ応力度 } \sigma_b = \frac{M_{\#}}{Z} = 1.194 \text{ N/mm}^2 < f_b = \frac{1.1}{3} F_b = 4.220 \text{ N/mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

[面外せん断の検定]

$$\text{最大せん断応力度 } \tau = \frac{\beta Q}{A} = 0.061 \text{ N/mm}^2 < f_s = \frac{1.1}{3} F_s = 0.33 \text{ N/mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

[たわみの検定]

①弾性たわみ算定用荷重 $w_{\text{弾}}$ によるたわみの算定

$$w_{\text{弾}} = 3,820 \text{ N/m}^2 \times b (1.0 \text{ m}) = 3,820 \text{ N/m} = 3.82 \text{ N/mm}$$

連梁とした場合

$$\delta_{\text{弾}} = \frac{w_{\text{弾}} L^4}{185EI} + \beta \cdot \frac{w_{\text{弾}} L^2}{8GA} = 4.45 \text{ mm} \quad \text{スパン } 3,000\text{mm} \text{ に対し } \frac{1}{674}$$

②クリープを考慮したたわみ算定用荷重 $w_{\text{クリープ}}$ によるたわみの算定

$$w_{\text{クリープ}} = 1,720 \text{ N/m}^2 \times b (1.0 \text{ m}) = 1,720 \text{ N/m} = 1.72 \text{ N/mm}$$

連梁とした場合

$$\delta_{\text{クリープ}} = 2 \times \left(\frac{w_{\text{クリープ}} L^4}{185EI} + \beta \cdot \frac{w_{\text{クリープ}} L^2}{8GA} \right) = 6.00 \text{ mm} \quad \text{スパン } 3,000\text{mm} \text{ に対し } \frac{1}{500}$$

単純梁として算定した参考値

$$\delta_{\text{クリープ}} = 2 \times \left(\frac{5w_{\text{クリープ}} L^4}{384EI} + \beta \cdot \frac{w_{\text{クリープ}} L^2}{8GA} \right) = 6.81 \text{ mm} \quad \text{スパン } 3,000\text{mm} \text{ に対し } \frac{1}{440}$$

3.4.2 水平力に対する設計方法

(仮称) 天井現しシステムは、鉄骨造の躯体に床パネルを載せるのみの工法であり、水平構面としての水平力の伝達は考慮しない。

第4章 （仮称）天井現しシステムの CLT 床パネルの施工

4.1 輸送・搬入計画

輸送・搬入計画で重要なことは、工場で製作・加工が完了した CLT パネルや、CLT パネルの組み合わせユニット部材を、決められた日時に現場に搬入することである。そのためには、CLT 製造・加工工場と輸送業者との間で、通過道路の輸送時間帯による輸送制限、道路事情、待機場所の確保、そして使用車種と台数など総合的な検討が必要となる。

現場の立地条件や、近隣道路事情により搬入車両の制限があるため、十分な事前調査及び検討を行い、輸送車両の計画を作成する必要がある。

（1）道路条件・搬入車両

CLT 製造・加工工場から搬入現場までの道路の条件（搬入車両の制限や時間帯）を確認し、輸送計画を作成する。

（2）搬入順序・積み込み方向・パネル積み込み手順

現場での荷下ろしにおいて、施工順の早い CLT パネルが仮置きの上部になるよう、又、現場の立地状況を踏まえた積み込み方向を検討の上、積み込み手順を決める必要がある（図 4.1）。

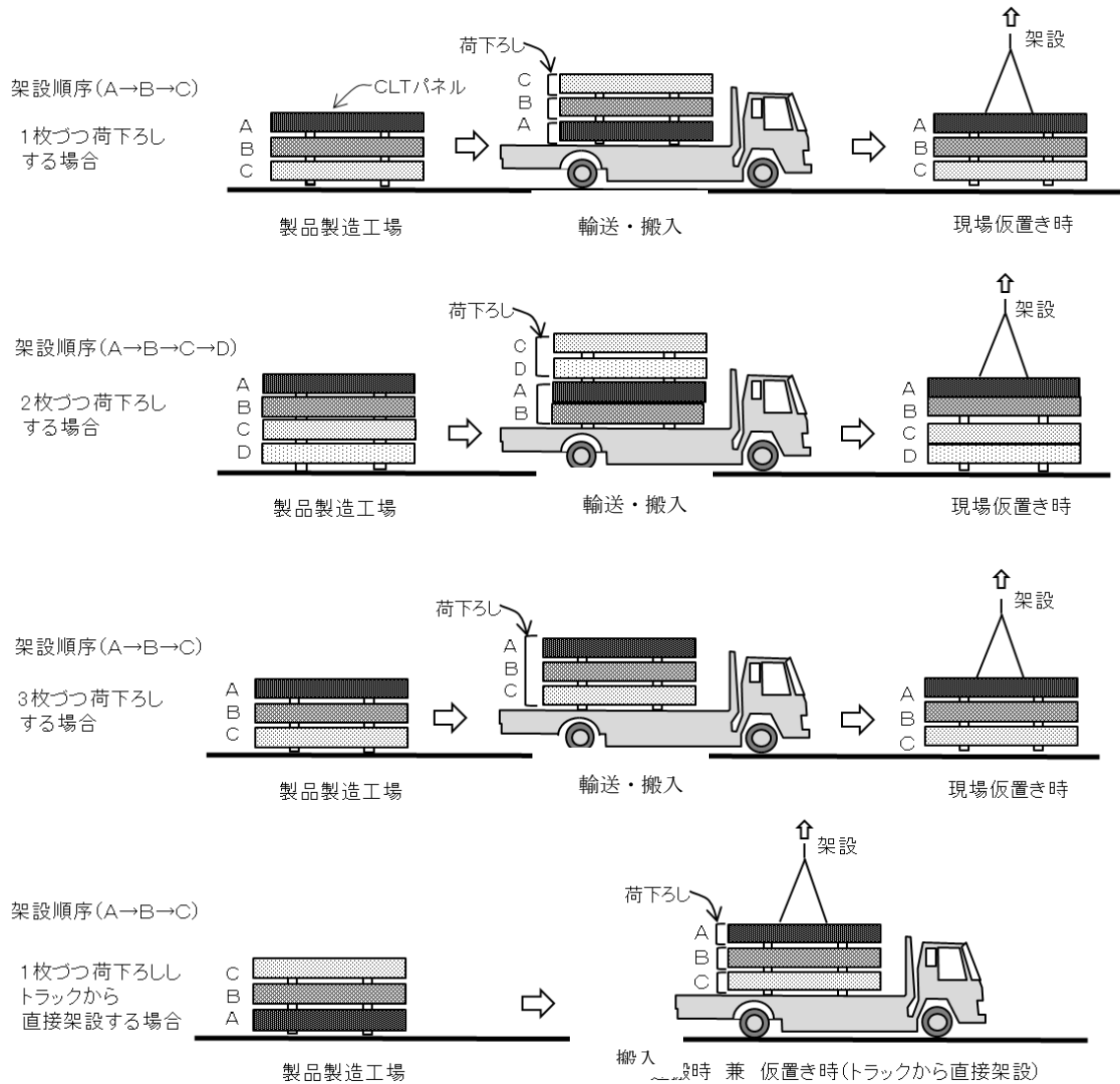
（3）荷姿・積み込み材料の確認

積荷は、荷崩れのないようバランスを確認の上、しっかりと固定する。パネルに記載する番号は、見やすい位置に設定する。

見え掛かり部分の確認を行い、傷汚れを付けることの無いよう CLT パネルの養生を適切に行う。

（4）搬入日程・搬入台数

施工工程に合わせて、搬入・台数・日時を決定する。



例えば、床パネルA→B→Cの順序で建方を行う場合、現場で積み上げている状態を考慮すると、上からA→B→Cの順番で積み上げることとなる。その順番になるように荷下ろしを考えると、トラックに荷が載った状態（工場で積み込み作業を完了した後の状態）は、仮に1枚ずつ積み下ろしを行うとすると、逆の状態で積んでいる状態となる。

一度に2枚あるいは3枚積み下ろしを行う場合は状況が異なってくることに注意が必要である。

図 4.1 CLT パネルの積み込み例

4.2 受け入れ検査

CLT パネルの受け入れ検査及び判定基準は、構造特記仕様書等設計図書、品質管理計画書、施工計画書を基に行う。以下に受け入れ検査内容の例を示す。

【受け入れ検査内容例】

特殊な形状や特に注意する CLT パネルについては、専用の架台等に仮置きして検査を行う。検査は CLT パネル受け入れ担当者が行い、以下の項目について目視により全数行う。

- ① 工事名
- ② CLT パネル記号
- ③ 製品出荷日
- ④ 製造・加工工場の検査済みの表示と検査書類
- ⑤ CLT パネルの各部の寸法確認
- ⑥ CLT パネルの破損、変形等の状況
- ⑦ 工場先付金物等の状況

受け入れ検査の方法・検査数及び判定基準は構造特記仕様書、品質管理計画書等によるが、表示なき場合は、表 4.1 等を推奨する。

表 4.1 受け入れ検査の方法及び判定基準（推奨）

項目		検査方法	回数	判定基準
寸法 (施工図承認済パ ネル加工図寸法)	幅・長さ	鋼製巻尺（JIS1級）による実測	全数	±2.0mm 以内
	厚さ	同上	全数	表示寸法の±2.0%以内（JAS 基準）
				±1.5mm 以内（JAS 基準）
破損		目視	全数	有害な破損のないこと
変形		目視	全数	有害な変形のないこと
先付金物等の取り付け状況		目視	全数	状態に異常がないこと

検査で不合格となった CLT パネルの内、有害な破損や現場で再加工修正が可能なものの判断基準は、現状では様々な条件が考えられる。したがって、工事監理者及び設計監理者と協議し、必要な処置で対応が可能と判断された場合には、現場において再加工を行った上で施工計画書において許容される寸法への手直しを行い、再検査を実施し施工に供与する。受け入れ不可と判定された CLT パネルは、不合格品として明確に識別出来るようにして所定の場所に保管する。その上で返却処分とする。

4.3 床パネルの建方

4.3.1 仮下ろし、仮置き、養生

CLT パネルは CLT を構成しているラミナが水平・垂直方向に連続して配置されているため、水分の吸湿乾燥により寸法が変化する材料特性がある。雨天等により CLT パネルが濡れてしまうと、施工精度や調整手間、全体工期に影響を及ぼす恐れがあるので、現場搬入後十分な養生を行う等の配慮が重要となる。季節や現場状況等によって条件が異なるため、現場に合わせた養生方法にて雨濡れ防止処置を行う。建方が完了しボルト・ビスで固定した後は、CLT パネルの収縮は抑制されるので、その前段階の搬入→仮置き→建方時への配慮が重要である。

CLT パネルの玉掛けに当たっては、ベルトスリングを使用する場合は、CLT パネルとベルトスリングの接する部分には角当てや毛布などの緩衝材を使用して、CLT パネルを損傷させないようにすることが望ましい。荷降ろしの際は、建方の順序を考え、平坦な場所に置き、栈木を下に敷いて、地面から離し直置きを避け、荷崩れしないように積む。また、積み重ねる場合には、反りの発生を防ぐため、第 2 段目以降にも栈木を配置し、CLT パネルの厚さが薄い場合には、3 点支持で積み重ね、反りを防止する。CLT パネルは水平に保つように留意する。

接合金物は地面に直接置かず、平坦な場所にパレットや汚れ防止用のシート等を敷き、その上に保管する。搬入した材料は工事に使用するまで変質しないように保管する。工場出荷時の梱包は使用するまで極力外さない。CLT パネルを長期間屋外に置くことは望ましいことではないが、建方作業の関係で、荷降ろし後、長期にわたり現場で保管する際は、地面からの湿気、雨水、雨水からはね返りなどの影響を少なくするよう、通風を良くするとともに、防水シートなどで十分養生をする。



図 4.2 ベルトスリングでの荷下ろし



図 4.3 金物・ボルト類の保管

4.3.2 揚重作業

玉掛け作業は玉掛技能者等の有資格者が行う。玉掛け用ワイヤロープ、シャックル、クランプ、ベルトスリング等の選定は、吊り荷重や荷姿に合った適切な組み合わせとし、安全な作業を行う。

シャックルを相互に繋ぐ場合は必ず本体 R 部で繋ぐ。吊りワイヤーの対面する角度は 60 度以下を基本とし、まごワイヤー治具での部材の吊り上げ作業は禁止する。



玉掛け用ワイヤロープ



ベルトスリング



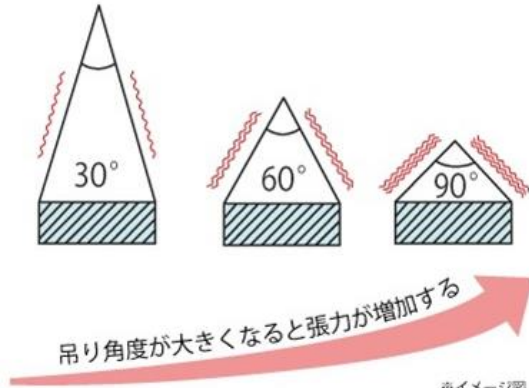
クランプ



シャックル



図 4.4 吊り具例



吊り角度	張力増加係数
0°	1
30°	1.04
60°	1.16
90°	1.42
120°	2

揚重時、ワイヤー・ベルトスリングの吊り角度は60度以下を基本とする。

図 4.6 吊り角度

重機を使用する建方の場合には、使用材料の大きさ・重量の確認を行う。CLT パネル 1 枚を建方する場合、地組して一度に建方する場合、複数の材料を一度に移動する場合においても、重量を確認し揚重作業を行う。



パネルの移動にはベルトスリング等により傷、破損が生じないように留意する。
 仮置きや保管時には、ベルトスリングを通しやすい高さのりん木等を使用する。
 CLT パネルの厚さが薄い場合や幅・長さが大きい場合には、3点支持に配置し反り防止に配慮する。

図 4.7 パネルの移動状況



アイボルトを使用しシャックルとワイヤーでの揚重を行っている。
アイボルト等の位置は、両長辺・短辺とも 1/4 ずつの位置（推奨）での 4 点吊りとする。

図 4.8 床パネルの揚重状況

4.3.3 床パネルの設置計画

建方を円滑に進めるため、材料置場、地組のスペース、建方機械の据え付け位置の配置と規模を考える。

(1) 重機（移動式クレーン）

① 重機の作業特性を考慮する

- ・ 運動性や使用形態を考慮して、安全が確保できるよう、最適な配置、据え付け位置の地盤の確認、敷鉄板等での養生対策を行う。

② 周辺への安全を考慮する

- ・ 重機の作業場所の必要な照度の確保による危険防止対策
- ・ 重機の作業範囲に近接する高圧線等架空線の線側の防護対策、離隔距離の確認と対策
- ・ 旋回範囲への立入禁止等の対策

(2) 材料

建方順序を十分考慮して作業計画を立て、必要に応じて荷物を仕分けし、作業が安全に、かつ、円滑に進行するよう配慮し、配置及び段積みする。

(3) 地組

地組を必要とする場合には、架台等を設置できる仮置き場を確保する。建方順序に従い、CLT パネルの仮置き場所、重機等、現場スペースに合わせて配置する。

現場で手戻りなく CLT パネルの建方を行うためには、事前に躯体施工会社及び製作・加工工場と打ち合わせを行い、適切な施工順番の検討や、使用する必要器具や機械の選定を行う。必要な場合は、トラック荷姿図を作成し検討する。検討する必要事項を、以下に記載する。

- ① 建方順序
- ② 搬入数量
- ③ 工区、階数による仕分け・台数
- ④ 荷下ろしする時の一度に揚重するパネル枚数

例えば、図 4.1 CLT パネルの積み込み例において、壁パネル A→B→C の順序で建方を行う場合、現場で積み上げている状態を考慮すると、上から A→B→C の順番で積み上げることとなる。その順番になるように荷下ろしを考えると、トラックに荷が載った状態（工場で積み込み作業を完了した後の状態）は、仮に 1 枚ずつ積み下ろしを行うとすると、逆の状態に積んでいる状態となる。ここで一度に 2 枚あるいは 3 枚積み下ろしを行う場合は状況が異なってくる事に注意が必要である。架設順序は、事前に現場建方を行う業者、出荷先の工場双方に伝達し情報の共有化を図る必要がある。



CLT パネルは大きくかつ重量もあるため、その移動には時間を要する。そのため揚重、吊り込みの順序に応じた現場での仮置きが、施工時間短縮の大きな要因となる。

この順序については、図 4.1 を参考に、加工→工場保管→積込→荷下ろしの工程までを検討して計画する。

揚重前に建方順に仮置きがされているかの事前確認を行うことも工期短縮につながる作業となる。

図 4.9 仮置き順番確認状況

4.3.4 床パネルの接合作業

床パネルの敷き込みに問題点がなかったら、合板スプラインをはめ込み、ビス、くぎ位置を示す墨出しを行い、ビス@150-2 列もしくは CN75@100-2 列等で床パネル相互を留め付ける。ビスまたはくぎピッチは設計図書で確認する。



図 4.10 床パネル間に合板スプラインの設置



図 4.11 合板スプラインのビス留め

全ての CLT パネルが取り付け、建て入れ精度と CLT パネルの位置を確認し問題が無ければ、接合部の本締め作業を行う。引きボルト接合部はナットの本締めと共に緩み止め措置が効いていることを確認する。ビス接合部については仮留め時に打っていなかったビスを留め付ける。目視にてビスの施工忘れがないことを確認する。

【第 4 章の参照文献】

- ・(一社) 日本 CLT 協会 「CLT パネル工法低層建築物施工マニュアル」(令和 3 年 4 月)
- ・(一社) 日本 CLT 協会 「実務者のための CLT 建築物設計の手引き」(令和 6 年改訂予定稿)