

2.1 (株)加藤工務店(一級建築士事務所4D-WORKS)

1. 建築物の仕様一覧

事業名		株式会社加藤工務店新社屋新築工事の建築実証		
実施者(担当者)		株式会社加藤工務店(担当者:東海精機株式会社一級建築士事務所4D-WORKS)		
建築物の概要	用途	事務所		
	建設地	静岡県沼津市		
	構造・工法	CLT+木造軸組工法		
	階数	2		
	高さ(m)	7.58m		
	軒高(m)	5.73m		
	敷地面積(m ²)	980.30m ²		
	建築面積(m ²)	469.42m ²		
	延べ面積(m ²)	703.72m ²		
	階別面積	1階	424.82m ²	
2階		278.90m ²		
CLTの仕様	CLT採用部位		壁・床	
	CLT使用量(m ³)		加工前製品量89.46m ³ 、加工後建築物使用量76.93m ³	
	壁パネル	寸法	90mm厚、150mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ、5層5プライ	
		強度区分	S60A相当、Mx60A相当	
		樹種	スギ	
	床パネル	寸法	210mm厚	
		ラミナ構成	5層7プライ	
		強度区分	Mx60A相当	
		樹種	スギ	
	屋根パネル	寸法		
		ラミナ構成		
		強度区分		
樹種				
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム折板	
		外壁	窯業系サイディングの上外装吹付材	
		開口部	アルミ既製品サッシ(ペアガラス)	
	主な内部仕上	界壁	CLT現し、石膏ボードの上塗装	
		間仕切り壁	CLT現し、石膏ボードの上塗装	
		床	磁器質タイル、フローリング、タイルカーペット	
		天井	CLT現し、スギ羽目板	
構造	構造計算ルート		ルート1	
	接合方法		小幅パネル工法による告示金物	
	最大スパン		木造軸組部分:1.82m×10.56m CLT造部分:1.82m×5.00m	
	問題点・課題とその解決策		基礎-壁接合部のアンカーボルトがパネル1枚に対して4~6本と多く、施工精度の確保に想定以上の手間とコストを要した。	
耐火	防火上の地域区分		その他地域	
	耐火建築物等の要件		無	
	本建築物の耐火仕様		その他の建築物	
	問題点・課題とその解決策			
施工	遮音性確保に関する課題と解決策			
	建て方における課題と解決策		建屋内でのCLT建て方となるため、小型の電気式クレーンにて施工	
	劣化対策		建屋内に入れ子状にCLT床組を計画	
工程	設計期間		H28.4月~9月(6ヶ月)	
	施工期間		H28.10月~H29.5月(7.5ヶ月)	
	CLT躯体施工期間		H29.1月下旬(1週間)	
	竣工(予定)年月日		平成29年5月15日	
体制	発注者		(株)加藤工務店	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		東海精機(株)一級建築士事務所4D-WORKS	
	構造設計者		(株)木質環境建築 ※上屋構造 岡本構造研究室・SAM ※基礎構造	
	施工者		(株)加藤工務店、銘建工業(株)	
	CLT供給者		銘建工業(株)	
	ラミナ供給者		(株)フジイチ(静岡県産材)	

2. 実証事業の概要

2-1 実証した建築物の概要

用途	事務所		
建設地	静岡県沼津市		
構造・工法	CLT+木造軸組工法		
階数	2		
高さ (m)	7.58	軒高 (m)	5.73
敷地面積 (m ²)	980.30	建築面積 (m ²)	469.42
階別面積	1階	424.82	延べ面積 (m ²)
	2階	278.90	
CLT採用部位	壁・床		
CLT使用量 (m ³)	加工前製品量 89.46 m ³ 、加工後建築物使用量 76.93 m ³		
CLTの仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)	
	壁	90 mm厚/3層3プライ/S60A相当/スギ 150 mm厚/5層5プライ/Mx60A相当/スギ	
	床	210 mm厚/5層7プライ/Mx60A相当/スギ	
設計期間	H28.4月～9月 (6ヶ月)		
施工期間	H28.10月～H29.5月 (7.5ヶ月)		
CLT躯体施工期間	H29.1月下旬 (1週間)		
竣工 (予定) 年月日	平成29年5月15日		

2-2 当該建築物における実証内容

プレファブ工法が大きなメリットであるCLTの特徴を活かし、木造軸組フレームによる大空間の中にCLT床組を入れ子状に配した建物を建設。吹抜け等を介して二重構造のプランをもつ建物でのCLT採用や既存建物内でのCLT床組の構築などを念頭に置いた、新たなCLT利用の可能性を探る。

- ・独立して成立する入れ子状CLT造の特徴
- ・建屋内という制限のある環境下でのCLT組立て
- ・告示ルート1でのCLT造の実態

2-3 実施体制

事業実施者である(株)加藤工務店の自社社屋。CLT建築に関するノウハウを獲得するとともに、モデルハウスとして実験的な試みが可能という状況の元で事業を実施。

【実施者】

(施主、企画、施工)

(株)加藤工務店：加藤修一、富田哲也、山本圭一郎

【協力者】

(意匠設計、現場監理、進行管理)

東海精機(株)一級建築士事務所 4D-WORKS：大古田健一

(構造設計)

(株)木質環境建築：川原重明 ※上屋構造

岡本構造研究室・SAM：岡本憲尚 ※基礎構造

(CLT等部材供給、CLT施工)

銘建工業(株)：宮竹靖、原田貴透

2-4 実証方法と実施工程

木造軸組フレームとCLT床組をそれぞれ別棟として構造計算した上で応力を合算し、基礎検討を行った。施行後間もない告示の実証としてルート1、小幅パネル工法にて設計。

現場では、既存建物内でのCLT組立てをシミュレートするため、あえて木造軸組フレームを先行して建設した後に、屋内でCLT床組を施工。

【設計】

4～6月：CLT告示施行、基本プラン決定、スパンおよび仮定断面決定

7～8月：詳細設計、金物検討、構造計算

【確認申請】

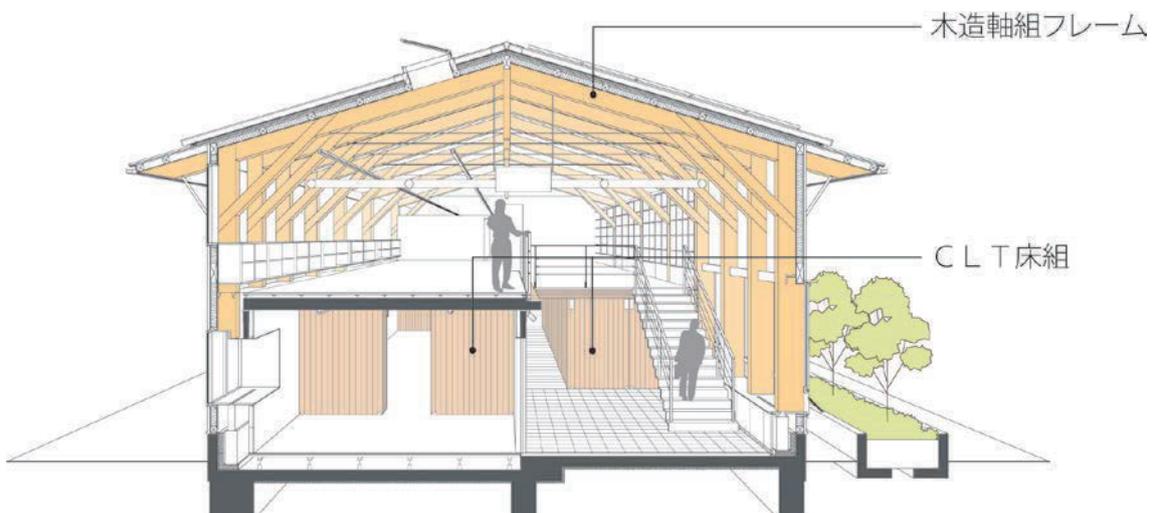
9月：事前審査を含めて構造審査は4週間

【施工】

10～11月：着工～基礎工事、CLT用の県産材ラミナ集材

12月：木造軸組フレーム上棟（1週間）、CLTパネル加工

1月：CLT床組構築（1週間）



2-5 得られた実証データ等の詳細

【独立して成立する入れ子状CLT造の特徴】

- ・基礎は共有するが、包含する外周建物と入れ子状CLT造は構造的に別棟。
→外周建物の構造形式によらず混構造とならない。棟毎に要件を満たせば適判不要。
ただし建築基準法上の棟数は1棟のため、耐火性能や内装制限は建物全体での判断。
- ・実状に即し、積雪および風圧に対する検討は省略可。
- ・断熱や防水が不要のため、意匠上CLT現しの自由度が高い。また風雨に晒されず保存状態が良く、接合部のメンテナンスも可能。耐震シェルターとしても機能する。
- ・棟毎の層間変位を考慮したクリアランススペースや内装の縁切りが必要。本件ではクリアランススペースを設備スペースとして活用。
- ・重複する外壁が不経済。本件のプランではCLT材積換算で14.7%を占める。

【建屋内という制限のある環境下でのCLT組立て】※写真1

- ・木造軸組フレームの妻面に工事用の開口を確保し、奥から建て逃げで施工。
- ・建屋内でのパネルの搬送は移動式ローラーにより人力で容易に可能。
- ・屋内での限られた作業半径、アンカーボルトを避けつつ小回りがきく移動性、排気ガスを出さないクリーンな作業環境確保の観点から、電気式の2.9tカニクレーンを選定。
(本件では1820×5365×210(重量1.2t程度)の床パネルが最大。)
- ・片側からのボルト留付けを考慮し、ダブルベースによる基礎-壁接合金物で設計。
- ・アンカーの施工精度さえ確保できれば、建屋内でも非常にスムーズな建方が可能。

【告示ルート1でのCLT造の実態】※写真2・3

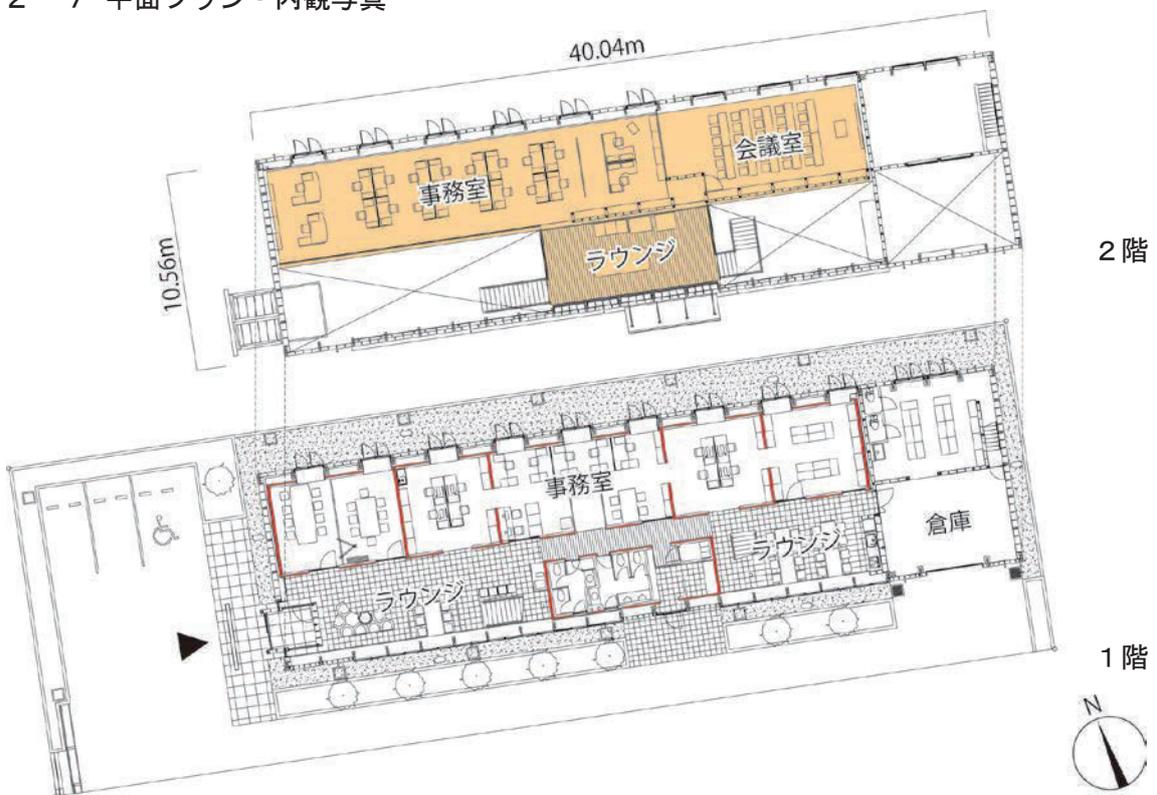
- ・設計段階では、垂壁パネルと内装制限の関係が課題となった。告示により垂壁パネルは50cm以上の高さを必要とするが、50㎡を超える居室は天井から80cm以内の範囲に1/50の有効開口がなければ内装制限が適用される。天井をCLT現しとする場合、プラン上非常に大きな制約であり、本件の事務室面積もこれにより制限されている。
- ・基礎-壁接合部のアンカーがパネル1枚に対して4～6本と多く、現場で求められる誤差2mm以内の施工精度確保が大きな問題となった。アンカーセット時のガイドプレートや建方前のアンカー位置の微調整、ナットによる水平精度の調整、隙間へのグラウト充填等、想定以上の手間とコストを要した。



2-6 本事業の成果

- ・中2階や吹抜け内に入れ子状のフロアをもつ建物は多い。そのようなケースで法的・物理的にCLT造が現実的で新たな選択肢になり得ることを示した。
- ・新築のみならず、既存建物内での増改築やリノベーションに対するCLT後施工の対応可能性を示した。
- ・CLT構造体として非常に単純な形態で告示を適用したことはモデルケースとして有効である。また設計・建設の実務レベルでの課題の一端を明らかにした。
- ・入れ子状のプランにより完成後もCLT床組が金物を含めて内からも外からも視認でき、CLTを学び魅力を発信するモデルハウスとしての役割が期待できる。

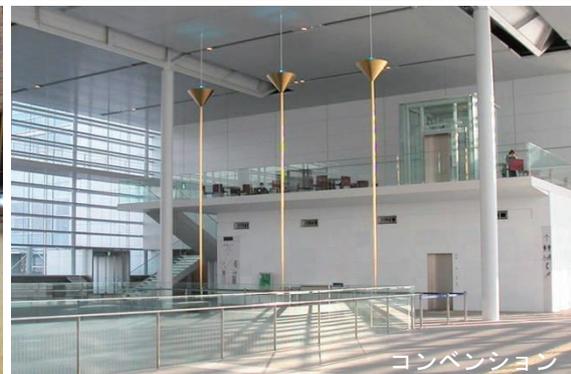
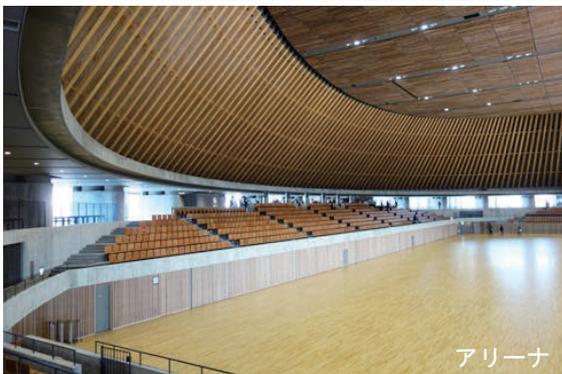
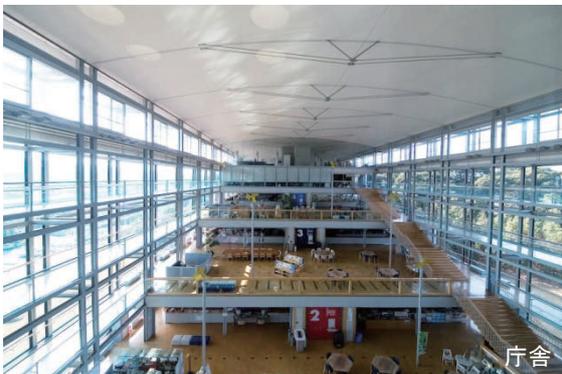
2-7 平面プラン・内観写真



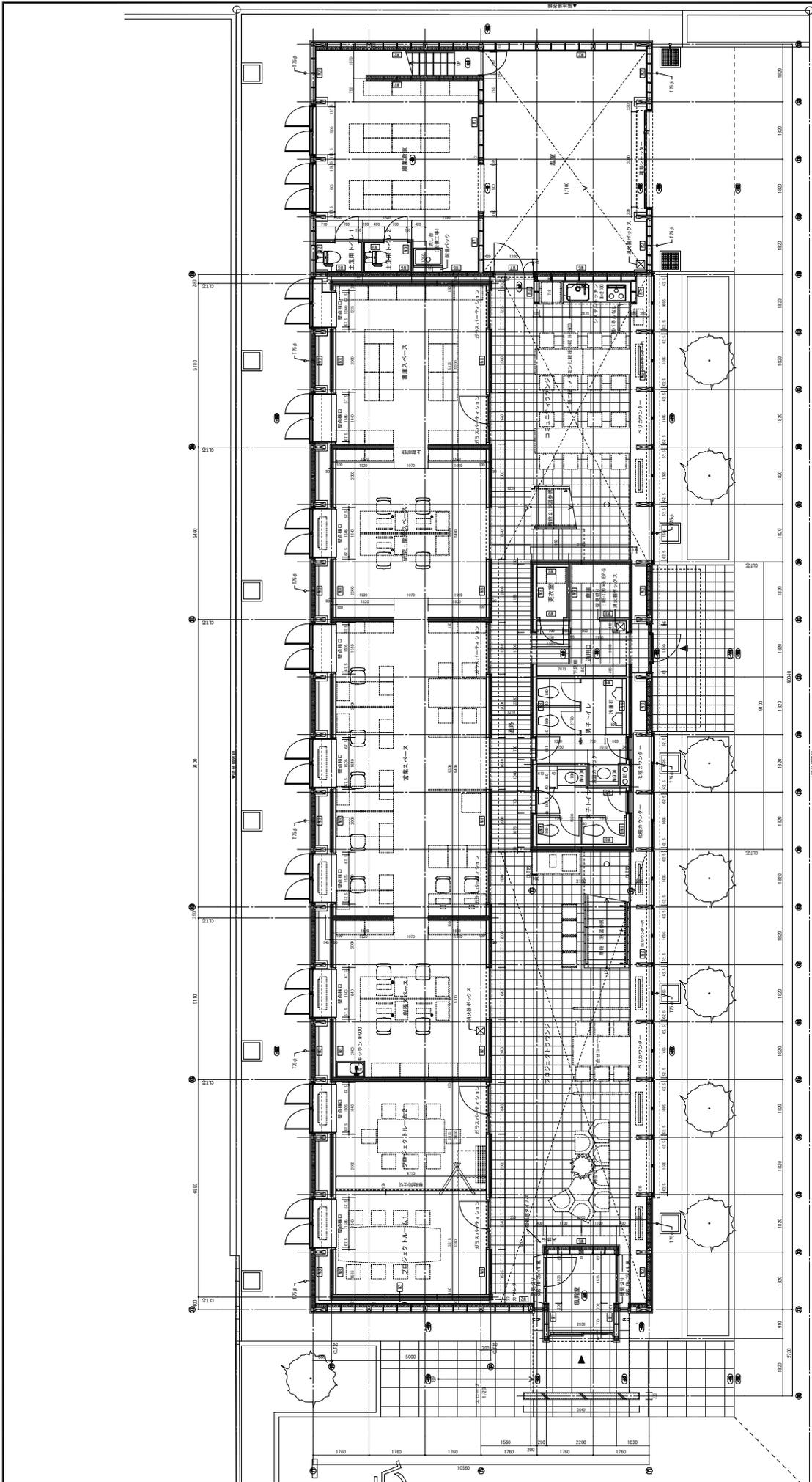
3. 成果物

3-1 事業の背景

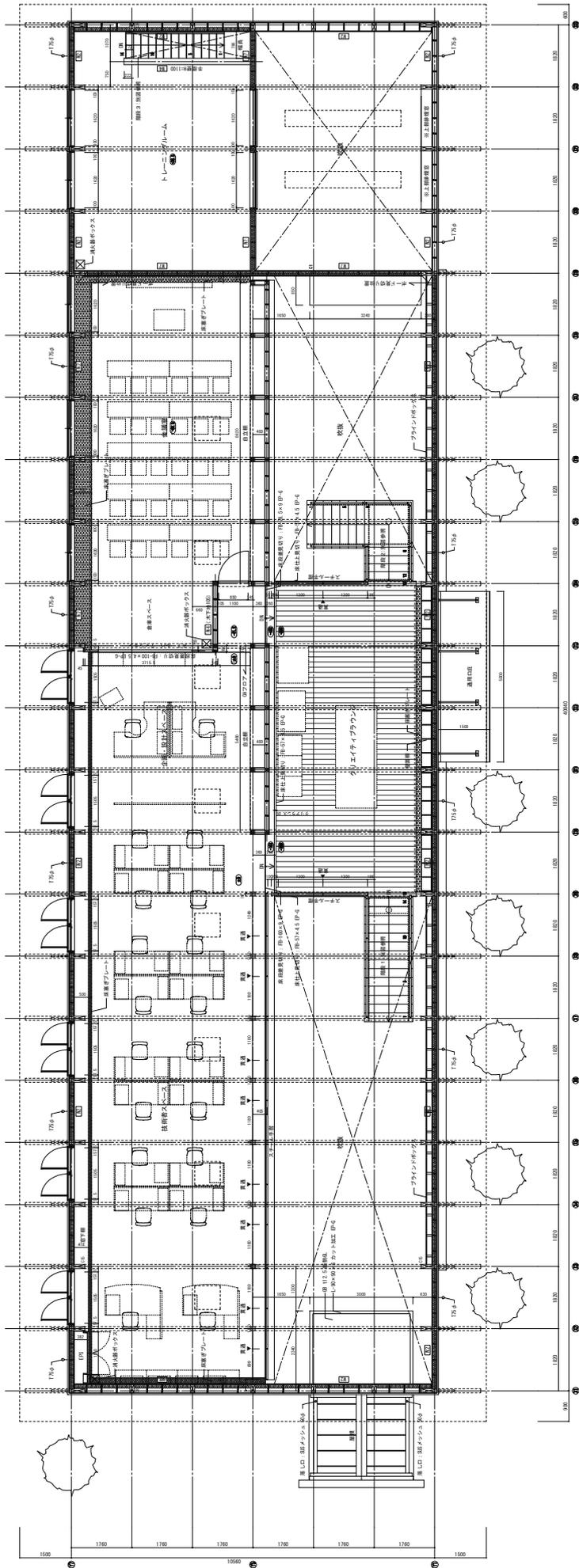
C L Tパネル工法の告示が施行され、設計者からみたC L T造採用の技術的ハードルは大きく下がりつつある。一方で発注者・施主側からみると、C L T造は森林循環や地球温暖化抑制に寄与し、従来の木造建築にない木の使い方として建物にアイデンティティや付加価値をもたらす魅力はあるものの、壁式構造ゆえのプラン的制限やコストなどの現実的課題により、計画当初から構造検討の比較対象とされないケースが少なくない。これは視点を変えると、建物の一部ならば壁式プランが成立し費用対効果も許容できる範囲ならば選択肢になり得るともいえる。実際そのような一部を構造的に独立させられる構成をもつ建物は多い。本事業では木造軸組フレームによる大空間の中に2棟のC L T床組を入れ子状に配置した事務所を建設し、建築物としての新たなC L T部分利用の可能性を探った。



入れ子状プランの事例（イメージであり構造的に独立可能なものばかりではありません）

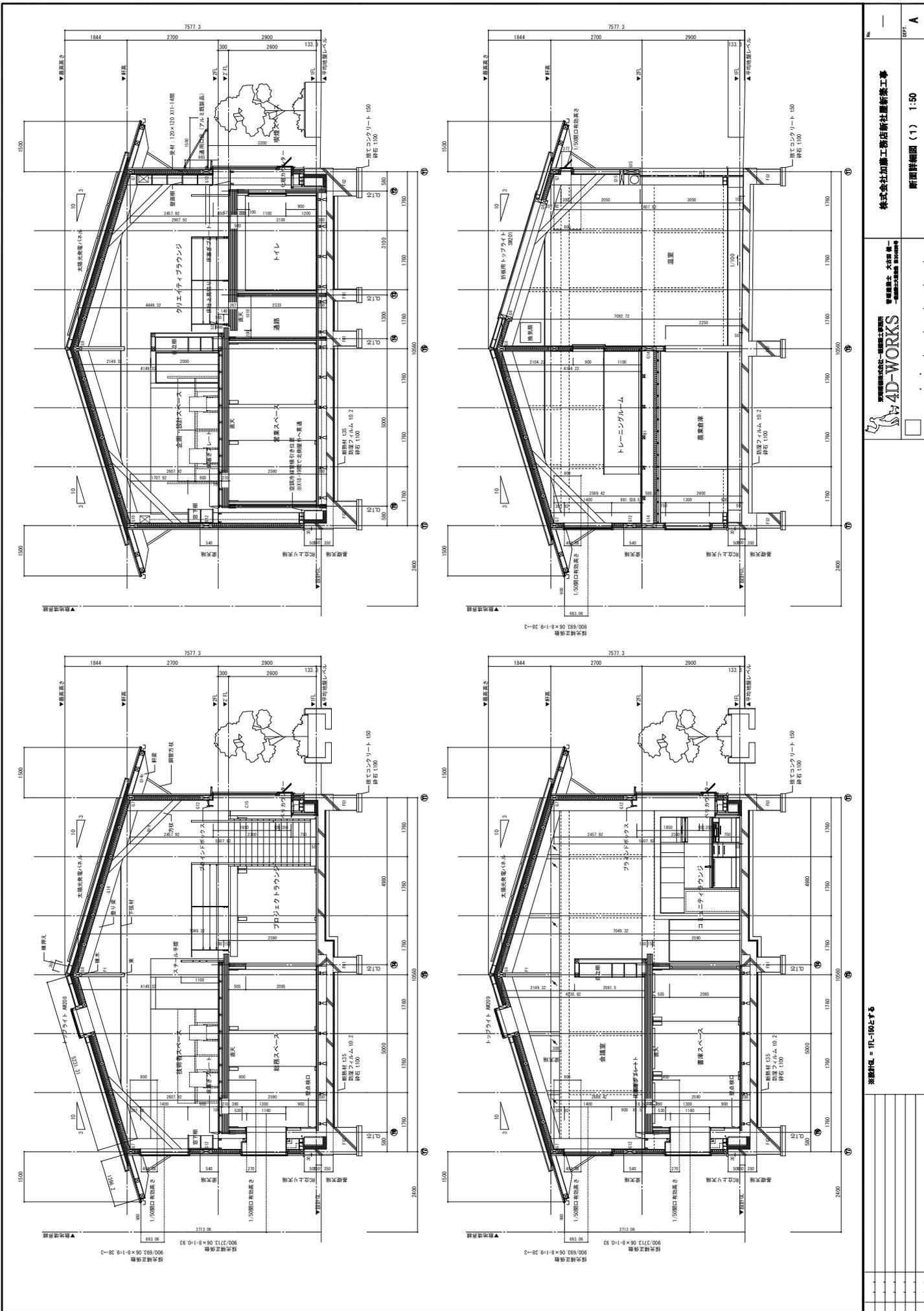


 <p style="font-size: small;"> 株式会社加藤工務店新社屋新築工事 建築設計・監理 加藤工務店 〒100-0001 東京都千代田区千代田1-1-1 </p>	<p>株式会社加藤工務店新社屋新築工事</p> <p>1階平面詳細図 1:60</p> <p style="text-align: right;">A</p>
---	---



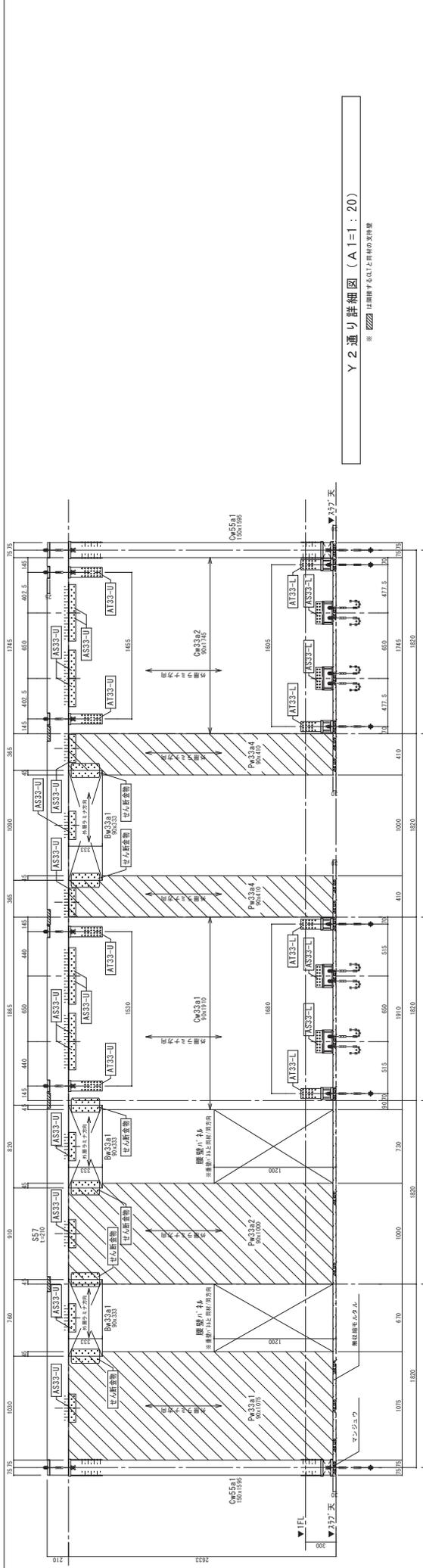
11

	株式会社加藤工務店新社屋新築工事 2階平面詳細図 1:60
	4D-WORKS 株式会社加藤工務店新社屋新築工事 4D-WORKS
	A 107.



4D-WORKS
 株式会社加藤工務店新社屋新築工事
 建築設計・施工監理
 〒100-0001 東京都千代田区千代田1-1-1

断面詳細図 (1) 1:50
 A



Y 2 通り詳細図 (A 1=1: 20)

※ 斜線は鋼筋する区画の区分

<p>せん断金物 (A 1=1: 10)</p>	<p>支持壁 柱脚 (A 1=1: 10)</p>	<p>せん断金物 (A 1=1: 10)</p>
<p>柱頭せん断接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭せん断接合 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 1/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>
<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>柱頭引張接合 2/2 (A 1=1: 10)</p>	<p>壁 (DLT)</p>

3-3 計画上の工夫と考察

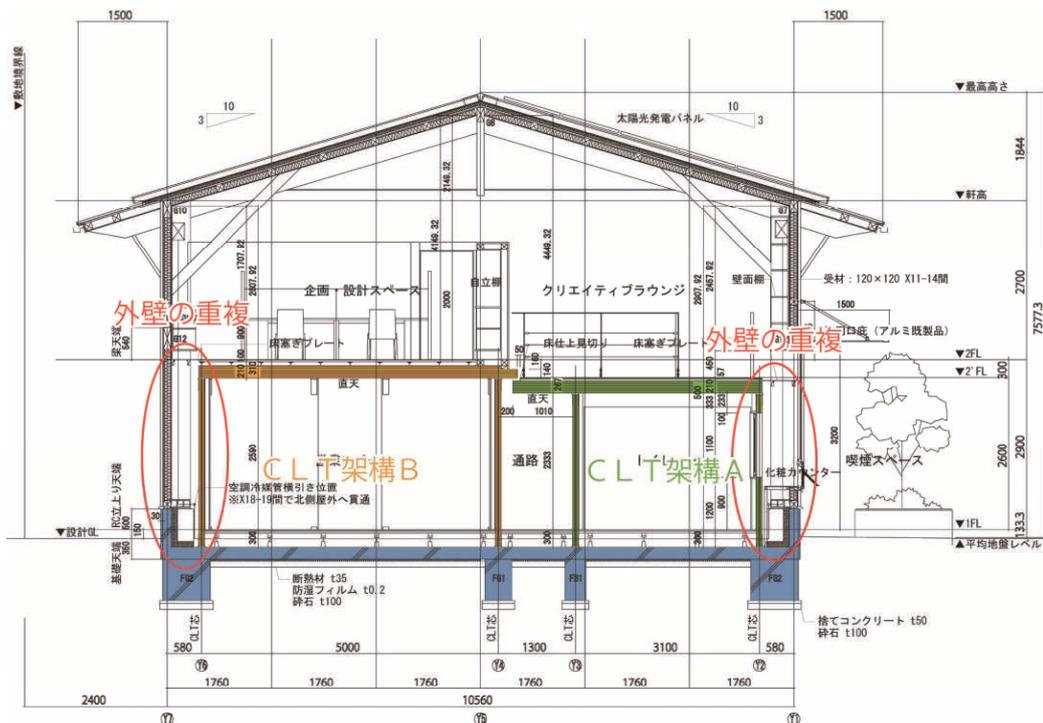
【入れ子状CLT造の可能性】

建物全体を覆う木造軸組フレームと内包される2棟のCLT架構は地上部分で完全に縁を切った。これにより、基礎は共有するものの構造的にはそれぞれ別棟扱いとなり、告示ルート1が問題なく適用できることを実証した。確認審査機関の物件毎の判断によることもあるが、これはS造やRC造との組み合わせでも成立するため、前述のような様々な建物で一部CLT造が適用できる可能性がある。

当建物ではCLT架構の外周98.5mのうち、約半分の51.2mが木造軸組フレームと外壁面を接している。重複によるコスト増が懸念されたが、CLTパネルの材積換算で精査した結果、全パネル使用量76.9㎡に対して重複量は11.3㎡と約14.7%に収まることが確認できた。これは床パネルに対して壁パネルが薄いというCLT造では一般的な理由に因っているため、一部CLT造の検討を後押しする判断材料といえる。

メリット	デメリット
告示ルート1で設計可能	外壁の重複によるコスト増
混構造ではなく適判不要となる可能性あり	外周建物とクリアランスが必要（有効面積減）
意匠上CLT現しの自由度が高い	内装の縁切りやExp.Jが必要
風雨にさらされず保存状態が良い	
接合部のメンテナンスが可能	
耐震シェルターとして機能する	

- ・ CLT棟の積雪および風圧による検討は省略可
- ・ CLT棟屋根面も階数に算入（見かけ上平屋だが、本CLT棟は2階建て）
- ・ 建築基準法上の棟数は1棟のため耐火性能や内装制限は建築物全体での判断



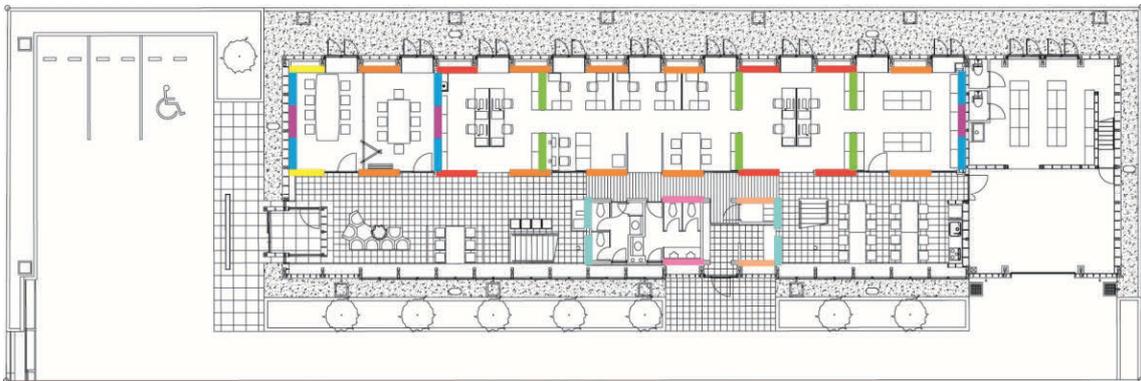
【CLTの特徴を活かした木造軸組フレームの合理化】

CLT造は梁が不要で床パネルのみで構面を形成できるため、特に天井現しとする場合は階高を抑えられるというメリットに着目した。木造軸組フレームは建物高さを抑えられるため、張弦梁と組み合わせることで一般の流通規格寸法の中断面集成材のみで構成し、コストダウンと納期短縮を図ることができた。

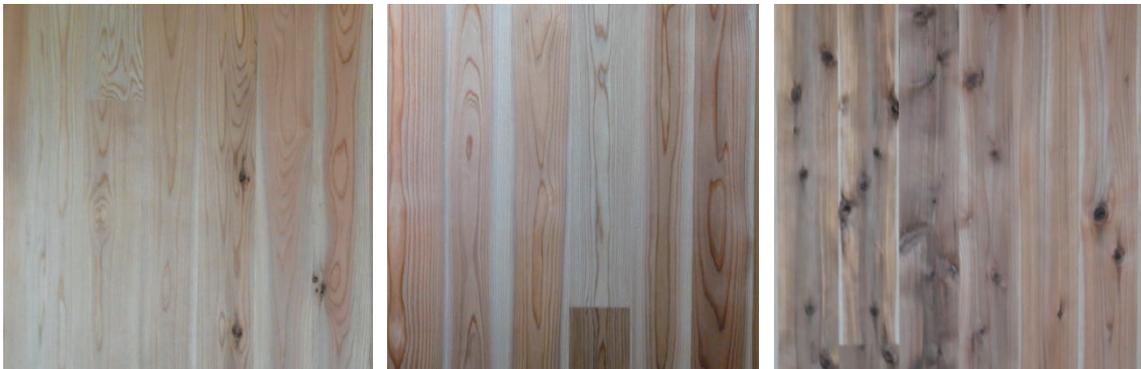
【モジュール化によるパネル種類の削減】

1間スパンによる徹底したプランのモジュール化・単純化により、CLTパネルの種類を極力減らして構造の合理性と施工性を追求した。告示による小幅パネル工法の場合、基礎 - 壁接合部のアンカーボルトの本数が多く（当建物では接地長さ 80mに対してせん断・引抜きボルト合計で 270 本、3.4 本/mのアンカーボルトを設置）、モジュール化によりボルト配置をパターン化したことは施工上大きな省力化につながった。

また、CLTは天然素材のためパネルによって色味や節が大きく異なる。パネル種類を統一することで、現場で実物を確認しながらパネルの位置や向きを選別して意匠性を高めることも可能である。



同色の壁は現場でのパネル位置の選別が可能。垂壁や床も極力同じ形状のパネルを使用している。



同じ時期、産地のラミナでも色味や節のばらつきは大きく、現場で配置を選別できるメリットは大きい。

【片側施工を考慮したダブルベースによる基礎 - 壁接合金物】

当建物はCLTの外壁が木造軸組フレームの外壁に近接しているため、アンカーボルトを片側からしか留付けできない。そこで、ダブルベースによる基礎 - 壁接合金物（添付構造図 AT33-L、AS33-L）を設計した。建物完成後も内側から金物の確認、メンテナンスが可能である。

【告示ルート1におけるCLT造の課題】

2-5で記載した通り、設計段階では垂壁パネルと内装制限の関係、施工段階ではアンカーボルトの施工精度確保が大きな課題となった。特にアンカーボルトはCLT造にとって避けて通れない問題である。

当現場では、ガイドプレートを使用したアンカーセット、コンクリート打設後の規定の位置への調整と確認、建方時の受けナットを使った水平精度の確保、その後のグラウト充填等の手順を経たが、アンカー本数が270本あるためかなりの労力を要した。その他解決策として、アンカーボルト施工後に位置を計測して位置合わせで金物の孔加工をする、引張り用アンカーボルトに関しては金物孔径を大きくする（実験による安全性の確認が必要）等も考えたが、汎用性は低い。柱のような点ではなくパネルの線による接地にもかかわらず調整の逃げがなく、基礎コンクリート打設前からシビアな精度を必要とすることが原因であり、例えば鉄骨の土台を介してCLTアンカーボルトを後施工できるといった、間にワンクッションがあると施工のしやすさは格段に改善される。

現状の、CLTを使うこと自体をひとつの目的としている建物ではその都度の現場の努力や工夫で対応できるが、CLT造が一般化しその他の構造形式と横並びで比較対象となるためには今後の改良が必要不可欠である。



ガイドプレートを使用したアンカーセット



アンカー位置の調整と確認



建方時の受けナットによる水平精度確保

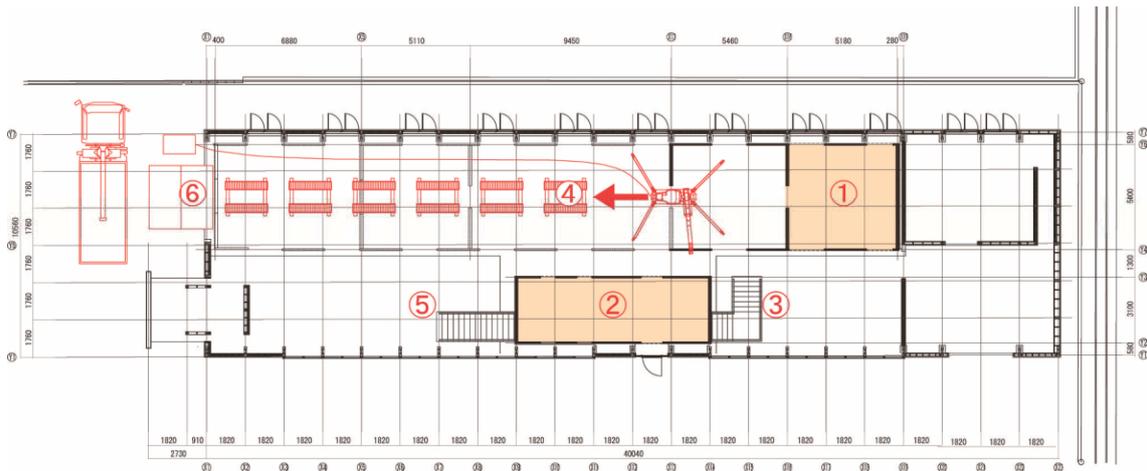


グラウト充填による最終形

3-4 建屋内でのCLT施工レポート

CLT建方は1月20~25日の6日間で完了した。建屋内での組立てであったが特に問題はなく、むしろ天候等の自然条件に左右されない管理された環境での施工はメリットとも感じられた。木造軸組フレームの妻面(⑥の部分)を後施工として開口を確保し、①→⑥の順に奥から建て逃げで建方を進めた。

揚重機は電気式の2.9tカニクレーンを使用した。(2-5参照)



施工計画図





パネル搬入・重機建て逃げ用の工事開口



パネル搬入



移動式ローラーにより人力で搬送



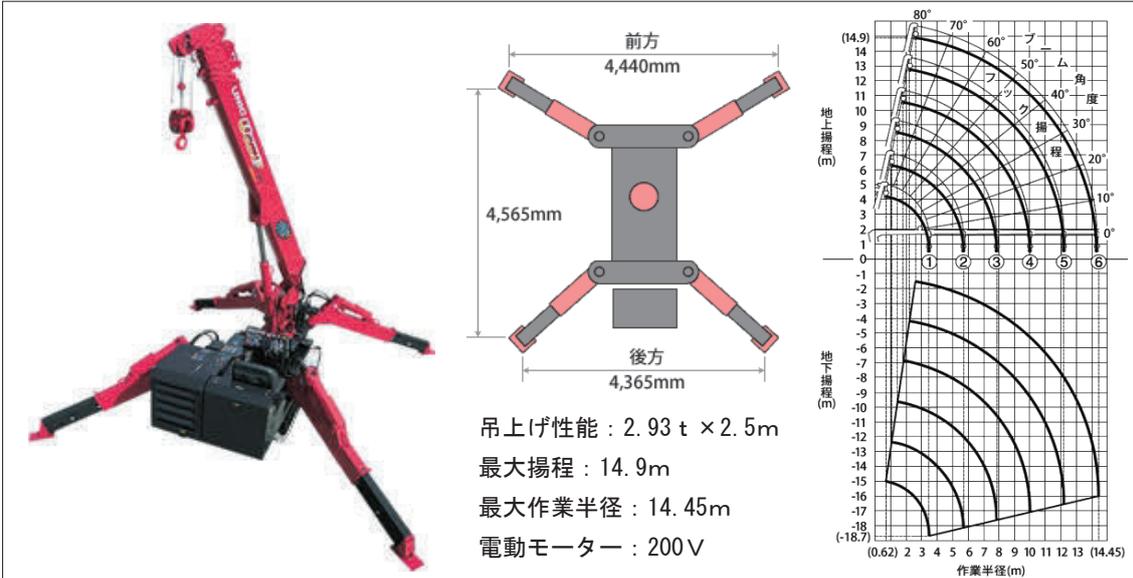
床パネル吊上げ用の金具



建方の様子1 吊上げ可能高さは約6m



建方の様子2



使用したカニクレーン（古河ユニック：ミニクレーン 2.9 動力併用 6 段）

3-5 地場産材パネルの調達

CLTの採用は当建物の大きなトピックであると同時に意匠的にも重要な要素であり、県産材パネル（静岡県産天竜杉）の使用にこだわった。

使用断面寸法 124 mm×30 mmに対して若干大きい 133 mm×37 mmのラミナをグリーン材の状態で岡山県のパネル工場へ輸送して乾燥・パネル化し、県内の加工場を経て現場納入という流れを採用した。これは、グリーン材の状態ならば山側の供給が容易で対応しやすく産地の選択肢が増えることと、ラミナ乾燥後の品質やロスの管理を工場側でしたほうが行き違いがなくスムーズに調達できると判断したためである。参考までに、当建物でのCLTパネル調達に係るコストを整理する。

内訳	金額（税抜き）	備考
CLTパネル材料	16,640,000 円	加工前 89.46 m ³ 、加工後 76.93 m ³
パネル加工費	2,850,000 円	養生塗装含む概算
輸送費	700,000 円	概算
建方	1,500,000 円	6日 + α
接合金物	1,330,000 円	告示金物
その他	500,000 円	施工図・諸経費等概算
合計	23,520,000 円	305,732 円/m ³ （加工後）

3-6 その他所見

【構造品質の安定性】

在来工法は金物の取付け精度や釘のピッチ、めり込み具合等、職人個人の力量が構造強度に与える影響は大きい。CLT工法はプレファブ化されており、課題となるアンカー精度も複数の目で管理しやすく現場での組立ても明快なため、高い構造品質を確保しやすい。

【木の新しい意匠性】

CLTのフラットで木の塊のようなマッシブな質感は、軸組の繊細で複雑な架構美と対極にある。当建物ではそれらが同じ空間に同居しており、同じ木を使った構造であるという点で対比がおもしろい。表層の現しやCLT単体とは異なる角度から、CLTの意匠的可能性を実感した。

【意匠設計者からみたCLT造の設計難易度】

CLTに理解のある事業環境と構造設計者がCLTに精通していたというアドバンテージはあるが、告示が施行された現在、意匠設計者にとって標準的なCLT造の設計難易度は決して高くない。知識の少ない状態で設計に着手したが、「接合部の標準納まりの理解」「おおよその必要壁量とスパンの感覚」が得られれば比較的スムーズに設計を進められる。



平成 29 年 3 月 内観