２．10　兵庫県森林組合連合会／（株）地域計画建築研究所　大阪事務所

1.　建築物の仕様一覧

事業名			兵庫県林業会館改築工事の建築実証
実施者（担当者）			兵庫県森林組合連合会／(株)地域計画建築研究所（アルパック）
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		兵庫県神戸市
	構造・工法		鉄骨＋ＣＬＴハイブリッド構造
	階数		5
	高さ（m）		25.99
	軒高（m）		22.46
	敷地面積（㎡）		355.24
	建築面積（㎡）		305.11
	延べ面積（㎡）		1509.94
	階別面積	１階	295.4
		２階	295.18
		３階	295.18
		４階	295.18
		５階	295.18
		ＰＨ階	33.84
ＣＬＴの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、床
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量240.0㎥、建築物使用量225.0㎥
	壁パネル	寸法	90,150,210mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ,5層5プライ,5層7プライ
		強度区分	S60A相当
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S60A相当
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	-
		ラミナ構成	-
		強度区分	-
		樹種	-
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		-
	木材使用量（㎥）※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		3.5㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	デッキコンクリート下地アスファルト防水の上押えコンクリート
		外壁	CLT+ｶｰﾃﾝｳｫｰﾙ、CLT+木毛ｾﾒﾝﾄ板＋ﾌｪﾉｰﾙﾌｫｰﾑ+角波ｻｲﾃﾞｨﾝｸﾞ鋼板
		開口部	アルミカーテンウォール＋二層複層ガラス（耐熱強化ガラス＋フロートガラス、中空層幅12mm）
	主な内部仕上	界壁	（PB21mm+9.5mm＋LGS（GW32K50mm））片面＋CLT
		間仕切り壁	片面CLT現し（片面PB21mm＋9.5mm）
		床	CLT+構造用合板ｔ9＋PB21mm×3＋乾式二重床+タイルカーペット
		天井	CLT+木野縁＋PB21mm×3＋LGS天井下地＋PB12.5+岩綿吸音板t9
構造	構造計算ルート		ルート3
	接合方法		引きボルト及びせん断金物＋ドリフトピン
	最大スパン		10.2m
	問題点・課題とその解決策		＜課題＞CLTパネル工法での事務所ビル建築は、事務所ビルとしての大スパン確保、空間の可変性、開口率等に課題 ＜解決策＞CLTパネル工法等を含む計６案について比較検討を行い、長手方向：ＣＬＴパネル工法、短手方向：集成材等建築物の混構造（執務室内に壁を設けずに、高耐力を見込むCLT耐力壁とコア回りのブレース併用とする）として課題解決を行った。なお、実際に建築される建物では、上記視点をもとに実施設計・施工一括発注プロポーザルを行い、課題解決および普及啓発性に最も優れた鉄骨＋CLTハイブリッド構造案が選定された。
防耐火	防火上の地域区分		防火地域
	耐火建築物等の要件		耐火建築物
	本建築物の防耐火仕様		1時間耐火,2時間耐火
	問題点・課題とその解決策		CLT床の耐火認定が無かったため、2時間耐火認定を取得すべく、燃焼試験を行った。
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		床CLTﾊﾟﾈﾙ同士の隙間の処理として構造用合板による裏あてを施工
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	硬質ウレタンフォームA種1H　・　25mm
		外壁	フェノールフォーム　・　25mm、ロックウール　・　30mm
		床	硬質ウレタンフォームA種1H　・　25mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		間仕切り壁にCLTを用いる箇所では、片側に遮音措置（グラスウール充填の上PBt21＋9.5張）とする。
	建て方における課題と解決策		①CLTの遮水処理の課題：コンクリート、モルタルと接するCLT小口面に遮水処理を行うこととした。 ②CLTと鉄骨の建方の課題：CLTを鉄骨フレームに後施工で接合できる納まりを考案し、鉄骨の建方を先行する方針とした。 ③床CLTの精度確保：鉄骨梁から受材を出し木ビスで接合することで、ドリフトピンやボルトのような特別な精度管理を不要とした。
	給排水・電気配線設置上の工夫		ＰＳは上下階同じ位置に設ける。各テナント内への電気配線は二重床にて行う。
	劣化対策		外壁現しの部分は、木材保護塗料塗の上、カーテンウォールにて保護する。
工程	設計期間		H29.2月～H29.8月（6カ月）（基本設計）
	施工期間		-
		ＣＬＴ躯体施工期間	
	竣工（予定）年月日		H30.12月（予定）
体制	発注者		兵庫県森林組合連合会
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		基本設計：(株)地域計画建築研究所（アルパック）
	構造設計者		基本設計：(有)金箱構造設計事務所
	施工者		
	ＣＬＴ供給者		
	ラミナ供給者		

実証事業名： 兵庫県林業会館改築工事の建築実証

実施者／協議会運営者または担当者：兵庫県森林組合連合会／（株）地域計画建築研究所

１．実証した建築物の概要

<table>
<tr><td colspan="2">用途</td><td colspan="3">事務所</td></tr>
<tr><td colspan="2">建設地</td><td colspan="3">兵庫県神戸市</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">鉄骨＋CLT ハイブリッド構造</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">５階</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>25.99</td><td>軒高（m）</td><td>22.46</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>355.24</td><td>建築面積（㎡）</td><td>305.11</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積（㎡）</td><td>１階</td><td>295.40</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="3">1,509.94</td></tr>
<tr><td>２～５階</td><td>295.18</td></tr>
<tr><td>ＰＨ階</td><td>33.84</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 採用部位</td><td colspan="3">壁、床</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（㎥）</td><td colspan="3">225.0 ㎥</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（㎥）</td><td colspan="3">3.5 ㎥</td></tr>
<tr><td rowspan="3">CLT の仕様</td><td>（部位）</td><td colspan="3">（寸法／ラミナ構成／強度区分／樹種）</td></tr>
<tr><td>壁</td><td colspan="3">90㎜厚／3 層 3 プライ／S60A 相当／スギ
150㎜厚／5 層 5 プライ／S60A 相当／スギ
210㎜厚／5 層 7 プライ／S60A 相当／スギ</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">150㎜厚／5 層 5 プライ／S60A 相当／スギ</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">H29.2 月～8 月（6 ヶ月）＊基本設計期間</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">－</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">－</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工年月日</td><td colspan="3">H30.12 月（予定）</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

防火地域に指定された市街地において、CLT を構造体とする耐火建築物を建築する。

①国交省告示第 611 号に基づく、保有水平耐力計算（ルート３）による構造計算の実証
②床の耐火性能（2 時間）の検証、大臣認定取得
③CLT パネル工法等における環境性能、地域貢献性の検証
④コスト縮減方策の検討

３．実証事業の実施体制・協議会構成員

（基本設計・協議会運営）（株）地域計画建築研究所（アルパック）
（構造設計）（有）金箱構造設計事務所
（部材試験）銘建工業株式会社　　（部材開発）桜設計集団一級建築士事務所
（専門家派遣）京都大学生存圏研究所　教授　五十田　博氏
　　立命館大学　理工学部　教授　近本　智行氏
（建築主）兵庫県森林組合連合会ほか３者　　（助言）兵庫県

４．課題解決の方法と実施工程

協議会での協議を踏まえて、基本設計等の実証を進めた点、協議会での検討を普及啓発等も兼ねて、勉強会という形で外部に共有しながら進めた点が本事業の特色といえる。

平成 29 年
2 月～8 月　基本設計
　　4 月　部材試験

11 月～2 月　環境性能、地域貢献性等の検証
　　コスト縮減方策検討

※計 4 回協議会開催（3、6、8、2 月）

（補助対象外）

6/28　第１回勉強会

7/20　第２回勉強会　＋
　　プロポーザル第一次選考説明会

7 月～10 月　実施設計・施工一括発注
　　プロポーザル

10/19　第３回勉強会　＋
　　プロポーザル結果報告

５．得られた実証データ等の詳細

＜設計条件＞

（１）防火地域。傾斜地(1F:RC、2F 以上:CLT 等)。交差点に位置し、二面が接道。
（２）事務所ビルであり、基本設計では南側を執務スペース、北側をコアとした。執務スペースはテナントが入るため、できるだけ可変性の高い空間と構造が求められた。
（３）本建物は県産材及びＣＬＴの普及啓発も目的の一つとしており、ＣＬＴのあらわしも含めた普及啓発方法の検討が望まれた。

＜構造検討＞

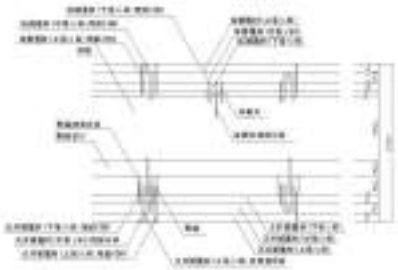
当初、２階より上部をＣＬＴパネル工法とする予定で検討を進めたが、事務所ビルとしての大スパン、空間の可変性、開口率等に課題があったため、全部で６案について比較検討を行い、検討の結果、③案（長手方向：ＣＬＴパネル工法、短手方向：集成材等建築物として解析）を最適と判断し、ルート３での構造検討を行い、基本設計をまとめた。

＜実施案＞※実施案は、竹中工務店・大和ハウス工業特定建設工事共同企業体による。

プロポーザルにて選定された鉄骨＋ＣＬＴハイブリッド構造について、比較表に加え、全７案について改めて、地域貢献性やコスト等に関する比較検討を行った。

＜床材の２時間耐火性能の実験による性能評価＞

本実証事業において、CLT 床の２時間耐火性能の検証を行った（大臣認証取得予定）。今後、中高層建築物への CLT 使用の普及につなげるべく、取得した仕様の共有を図る。



２時間耐火性能仕様の一つ

燃焼試験後の状態確認の様子

タイプ			CLT 全体利用		CLT 部分利用				
			①	②	③基本設計案	④	⑤	⑥	⑦実施案
法規上の区分			CLT パネル工法	CLT パネル工法	CLT パネル工法、集成材等建築物	集成材等建築物	RC 併用構造(CLT 付加的配置)	RC 併用構造	鉄骨＋ＣＬＴハイブリッド構造
方向	長手	工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法	集成材等建築物	RC 併用構造	RC 併用構造	鉄骨+ハイブリッド構造
		鉛直構面	CLTパネル工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法	集成材柱梁	RC柱梁、集成材柱梁	RC柱梁、集成材柱梁	鉄骨柱梁
		水平力負担	CLTパネル	CLTパネル	CLTパネル	CLTパネル	RC耐震壁,CLTパネル(付加的)	RC耐震壁,CLTパネル	CLTパネル
		床構面	CLTパネル	CLTパネル	CLTパネル	CLTパネル	RCスラブ,CLTパネル	RCスラブ,CLTパネル	CLTパネル
	短手	工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法	集成材等建築物	集成材等建築物	RC 併用構造	RC 併用構造	鉄骨+ハイブリッド構造
		鉛直構面	CLTパネル工法	CLTパネル工法	集成材柱梁	集成材柱梁	RC柱梁、集成材柱梁	RC柱梁、集成材柱梁	鉄骨柱梁
		水平力負担	CLTパネル	CLTパネル(特殊ﾃﾞｨﾃｰﾙ)	CLTパネル(鉄骨を介した特殊ﾃﾞｨﾃｰﾙ),集成材	CLTパネル(鉄骨を介した特殊ﾃﾞｨﾃｰﾙ),集成材	RC耐震壁,CLTパネル(付加的)	RC耐震壁,CLTパネル	CLTパネル
		床構面	CLTパネル	CLTパネル	CLTパネル	CLTパネル	RCスラブ,CLTパネル	RCスラブ,CLTパネル	CLTパネル
機能面	開口率		短手方向の開口は極めて少ない。×	短手方向も開口を確保できる。○	短手方向も開口を確保できる。○	短手方向も開口を確保できる。○	開口の自由度は比較的高い。○	開口の自由度は比較的高い。○	開口の自由度は高い。○
	執務室内環境		柱、梁の他、構造壁も出てくるため、 間仕切りに一定の制約がある。×	執務室内に構造壁は不要。○	執務室内に構造壁は不要。○	執務室内に構造壁は不要。○	執務室内に構造壁は不要。○	執務室内に構造壁は不要。○	執務室内に柱、構造壁が共に不要。◎
施工	施工期間		２階から上部は全て CLT なので早い。○	２階から上部は全て木造なので早い。○	２階腰高から上部は全て CLT なの で早い。○	２階腰高から上部は全て CLT なの で早い。○	５階まで部分的に RC 造となり、 やや長くなる。△	５階まで部分的に RC 造となり、 やや長くなる。△	鉄骨建て方とＣＬＴパネル建て方を交互に行うが、乾式のため早い。○
	施工難度		特殊な工法ではない。○	2F 壁脚部接合、壁勝ちディテール など、特殊な納まりがある。△	集成材ブレース、2F 壁脚部接合な ど、特殊な納まりがある。△	集成材ブレース、2F 壁脚部接合な ど、特殊な納まりがある。△	5F まで RC 壁自立はやや難しい。△	RC,CLT のそれぞれは特殊ではな い。○	ディテールの検討により、一般的な納まりの延長とすることが可能。○
CLTのあらわし ※ 構造の鉛直負担有無の分類			×	×	両方向：○ （ただし、その他の耐火規定により現し不可となる場合がある。）	両方向：○ （ただし、その他の耐火規定により現し不可となる場合がある。）	両方向：○ （ただし、その他の耐火規定により現し不可となる場合がある。）	両方向：○ （ただし、その他の耐火規定により現し不可となる場合がある。）	両方向：○ （ただし、その他の耐火規定により現し不可となる場合がある。）
コスト	概算工事費(千円)		621,000		619,000			633,000	591,000
	うち2F以上躯体		140,000		138,000			139,000	115,000
	備考		概算工事費のベースとした。		①案とほぼ同等。			他案に比べて工期を3ヶ月多く見込んだ。	これに窓増加分を加えると他案と同程度になる。
環境性能			居室外壁はCLTであり、断熱性能は高い。		①に同じ。			①に同じ。	①に同じ。
地域還元性	CLT利用量(m3)		562		505			294	225
	集成材量(m3)		60		90			66	0
	森林活用面積(ha)		11.0		10.5			6.3	4.0
	CO2固定量(t-CO2)		358.1		342.5			207.2	129.5
	事務所ビルとしての普及性 （CLTのトータルでの普及性、レスティンバーの視点より）		施工性は高いが、機能面の課題が大きく、普及性は低い。×		機能面、施工性共課題は少なく、普及性はある程度高い。○			施工性にやや課題があるため、普及性は低い。×	機能面に優れており、特に都市部での中層ビルへの将来的な普及性が高い。◎
特筆すべき課題 （および特徴）			大スパンや外部開口の確保が難しい点は、他の構造との併用による解決が現実的と考えられる。		集成材柱梁とCLTの取り合いについて、構造面、耐火面での工夫が必要。			RC、CLTパネル、集成材柱梁と3種の混構造による煩雑な施工が工期、コストに影響している。	鉄骨とCLTの取り合いについて、構造面、耐火面での検討が必要。なお、現在、耐火試験を行うなど実現に向けて課題解決中で、外部CLT現しの先駆的事例となる予定。

検証した案の比較一覧表

＜森林活用面積＞ （木材量(m³)÷0.9(仕口加工歩留り)÷0.7(ﾗﾐﾅ→CLT 歩留り)÷0.45(原木→ﾗﾐﾅ歩留り)÷400(兵庫県内の人工林の ha 当たり木材蓄積量)÷0.5(ﾗﾐﾅへの木材使用可能率))

CLT パネル工法の③案で 11ha 程度/棟、鉄骨とハイブリッドの⑦案で 4ha 程度/棟（CLT 利用以外の間接利用も含む）となる。なお、実施案は、CLT 材料の長所を活かした適材適所での活用により、単に１棟当たりの使用量を多くするのではなく、都市への普及性、トータルでの森林資源活用につながるものとして評価され、選定された。

＜CO_2固定量＞ （木材量(m³)×0.314(t/m³)×0.5×44/12(C→CO_2)）

CLT 及び集成材の CO_2 固定量は、CLT パネル工法の③案で約 340t-CO_2/棟、⑦案で約 130t-CO_2/棟となる。

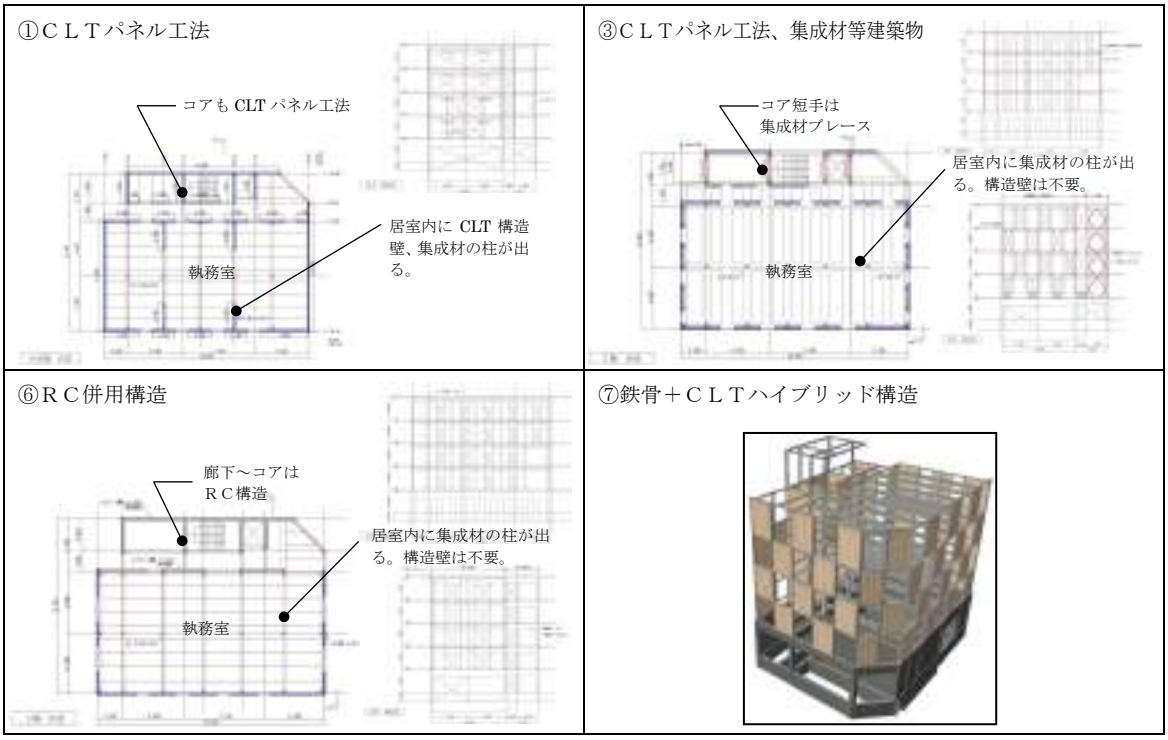
＜コスト縮減策＞

比較した７案ではコストに大きな差は無いものの、純粋な鉄骨造などとコスト面だけで比較すれば価格差があることは否めない。今後の普及に向けたコスト縮減策の一つとしては、混構造を含めた CLT 施工の普及・一般化が考えられる。一方で、CLT 建築の特徴である木質化や高断熱などはコストだけでは評価できないため、コスト以上に CLT 建築に魅力があることを、本建築の実現等により伝え普及啓発を図ることが重要と考えられる。

６．本実証により得られた成果

・壁が少なくスパンを飛ばす事務所用途では単独の CLT パネル工法だけでは成立しにくく、集成材やＲＣ、鉄骨等の別の構造材との併用により、課題を解決することができる。
・適材適所の「CLT のあらわし」については、耐火被覆が必要となる外壁及び鉛直力を受ける主要構造部とせず、H12 告示第 1439 号により内装制限をクリアすれば、可能となる。
・別の構造形式と併用しても、総工費は大きく変わらない。
・CLT 床の２時間耐火の検証を行った（今後大臣認定取得見込み※平成 30 年 2 月現在）。
・普及可能性の高い CLT の中高層建築物について、各構造形式の比較により明らかにした。

７．建築物の平面図・立面図・写真等



比較４案の概要

３．成果物

３－１　CLT パネル工法を事務所用途に用いる場合の課題・解決策の方向性

CLT パネル工法等による事務所用途の建築・設計については、以下の課題が明らかとなった。それらの課題解決および普及啓発性の高い（CLT 構造体のあらわしも含めた）CLT を用いた建築の設計のため、複数（計６案）のバリエーションについて検討を行った。

まず、CLT パネル工法単独で事務所用途を建設する場合の主な課題について示す。

(1) 課題

① 法関連

・CLT パネル工法は必要壁量が多いため、事務所用途である本計画のように内部に構造壁をできるだけ設けない場合は、窓を大きく取ることは難しい。これにより、特に３階以上で必要となる非常用進入口（代替進入口）の確保が困難となる。本計画地は角地で２面接道のため、必要数も多い。

・窓を多く設けられないことにより、自然排煙の確保も難しい。（部分的には内装不燃による告示適用（H12 告示 1436 号）も考える必要がある。）

・各種耐火性能の確保について、発展途上である。本実証の中で、３－３で示す床２時間の大臣認定を受けたが、近々に告示化される床１時間の他、屋根３０分など、広く使われるためには、法規制に対応できる仕様の整備が重要と考えられる。

② 機能性

・事務所ビルとしてテナント内は無柱空間が望ましいが、CLT パネル工法だけでは大スパンを飛ばすことができない。

・テナントへの電源供給は共用廊下からそれぞれ行うことになるが、廊下との隔壁は事務所ビルで数少ない構造壁にできる箇所と考えられる。そのため、将来のテナント入れ替えや区画変更等に対する配慮が必要で、ＥＰＳ位置、配線ルートの確保、分電盤位置等について、十分な検討が望まれる。

・同様に換気ルートの確保についても検討が必要である。

③ 快適性

・本計画では木造部は４層であったが、CLT パネル工法では、建物をより高層にすれば低層部の壁はより多く、窓もより少なくなるため、自然採光の確保は難しい。

(2) 解決策

・上記課題の解決方策として、集成材、ＲＣ、鉄骨等の別の構造材との併用が考えられる。これにより、大スパンの実現や開口部の確保が可能となる。

・なお、普及啓発の視点から言えば、耐火被覆を行うと CLT を室内にあらわしにはできないが、外壁、主要構造部（鉛直力を負担する）ではない部分かつ内装制限もクリア（H12 告示 1439 号）することで、CLT のあらわしを実現させ、CLT を見て触り感じることができる。（その他、耐火被覆不要の間仕切壁等への CLT 採用も考えられる。）

３－２　構造検討概要

(1) 各種構造案の比較検討

①構造案検討の考え方

ア 基本方針

・建築計画に適合し、安全性、経済性、施工性に配慮した構造計画とする。
・CLT パネルを用いた構造計画とし、普及・一般化に配慮し、CLT パネルの魅力を発信できる構造計画とする。

イ 準拠基準

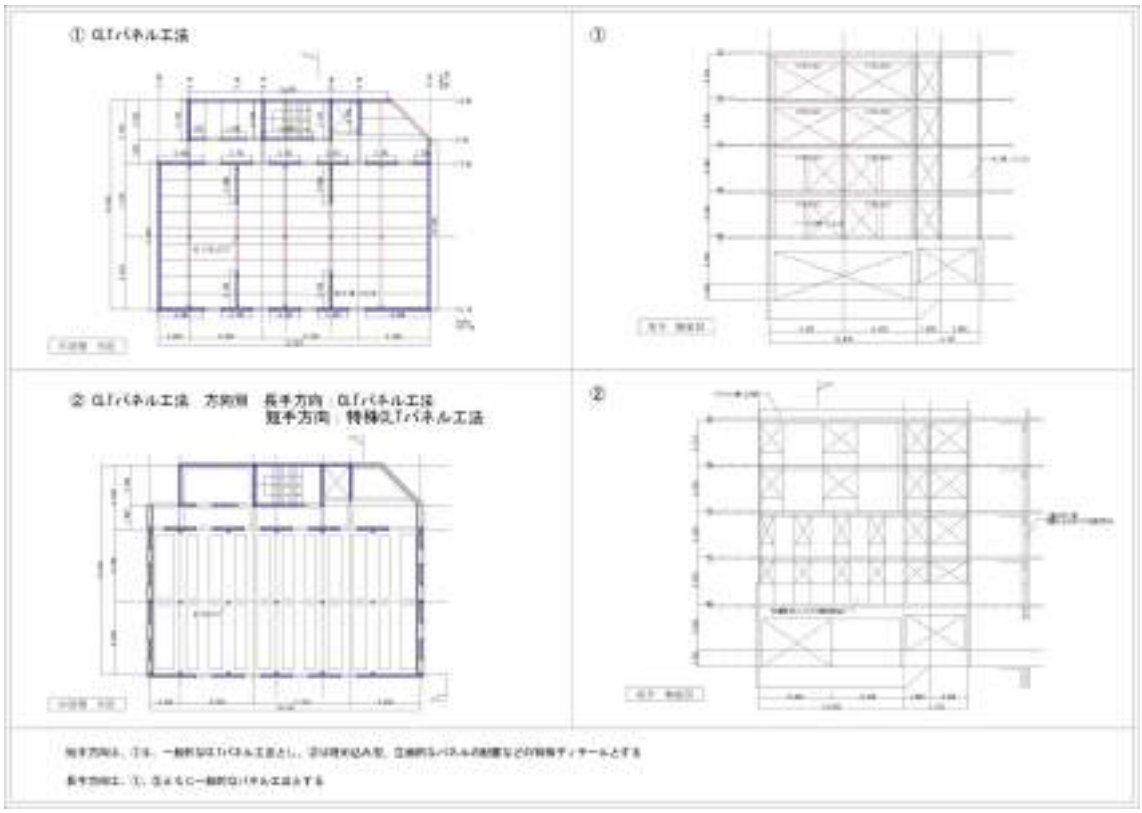
・建築基準法及び同施行令
・国土交通省告示
・日本建築学会の各種構造設計規準

②各種構造案の概要

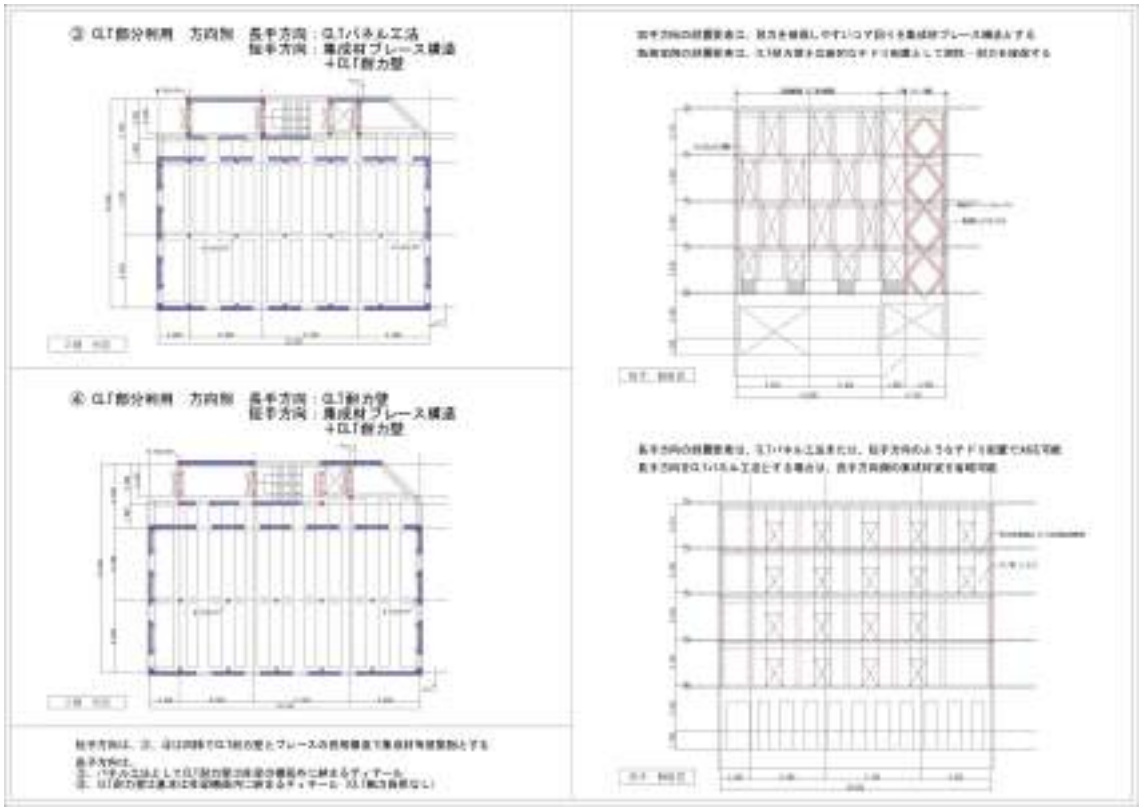
事務所用途における CLT パネル工法での構造検討を進めたところ課題が判明したため、CLT と他の構造材との併用を検討し、CLT パネル工法を含めた計６案について比較検討を行った。

①、②案
：長手、短手共に CLT パネル工法としたもの。①案の課題（短手に窓を取れない、執務室内に構造壁が生じる）を②案では特殊ディテールを採用により解消。
③、④案
：長手方向は CLT パネル工法（CLT パネルを耐力壁）とし、短手方向を集成材ブレース構造としたもの。④案は一部 CLT を軸力負担無しとし、あらわしの可能性を追求。
⑤案
：③、④案より CLT の外壁を減らして開口を多く取るための検討。コアと一部外壁を RC として全体の構造バランスを取る。
⑥案
：③、④案より CLT の外壁を減らして開口を多く取るための検討。コアと廊下部分を RC とする。

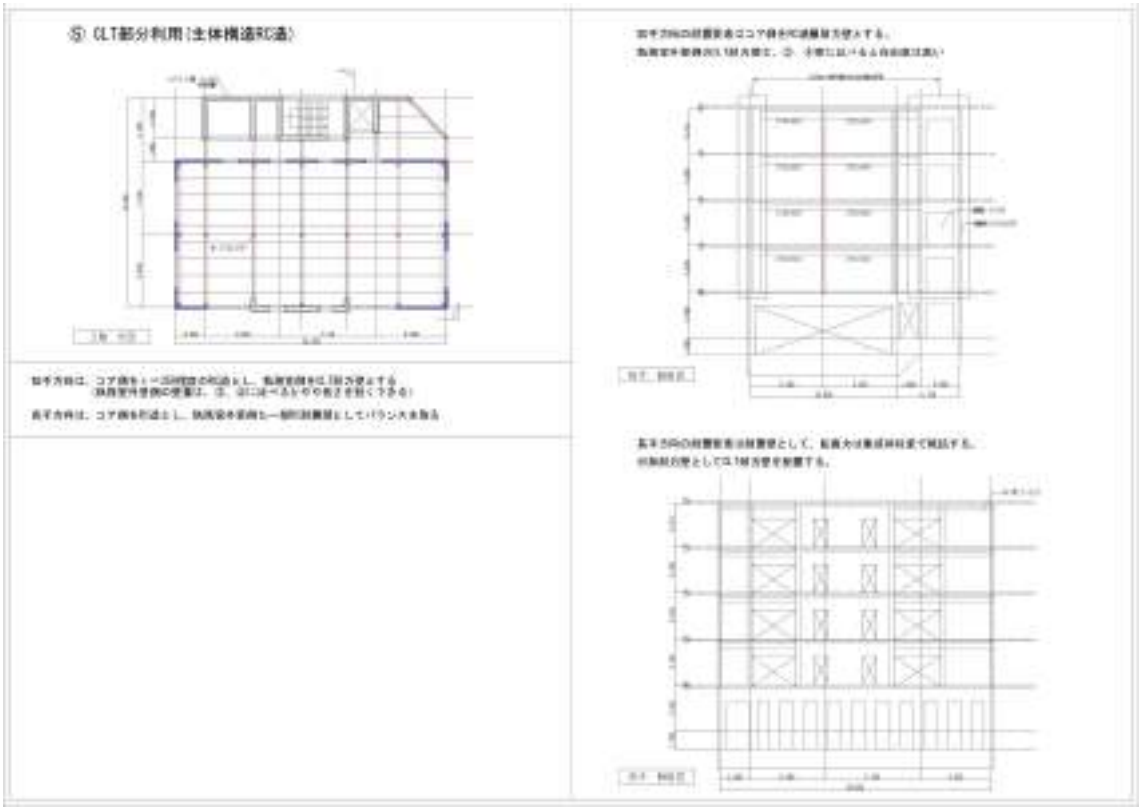
以下に、各案の概要を示す。
（各案の詳細は、２の比較表参照）



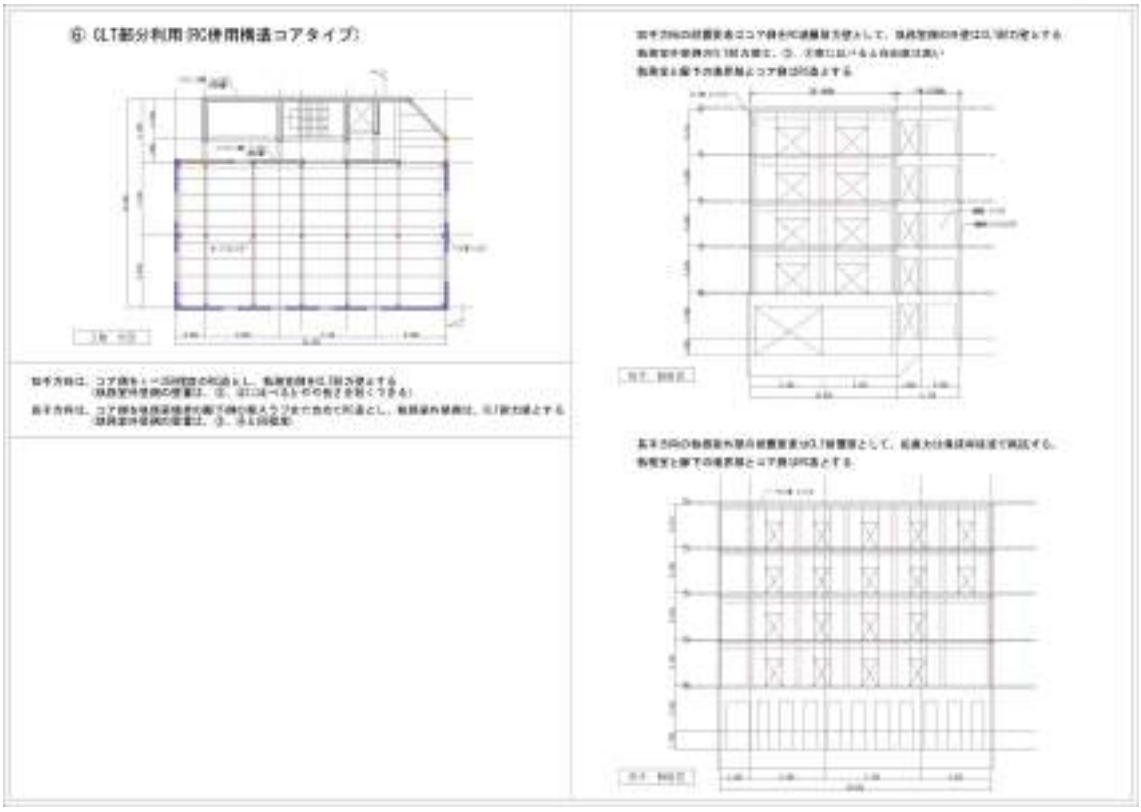
①,②案：CLT パネル工法



③,④案：CLT パネル工法（CLT パネル耐力壁）+集成材ブレース構造



⑤案：RC 併用構造(CLT 付加的配置)



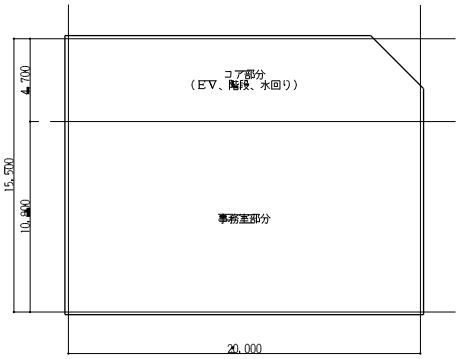
⑥案：RC 併用構造

参考：CLT パネル工法とコア部分を鉄骨造としての併用構造の可能性

先の６案の検討でコアを集成材ブレースや RC 造として検討したが、コア部分を鉄骨造として CLT パネル工法と併用する場合について、現地調査委員の方の所見を受け、検討を行った結果を以下に示す。

構造計画において平面的な併用構造を採用する理由として、最も期待できることは、剛性・強度の高い架構に地震力など水平力の大半を負担させることで開放的な建築を実現できることである。

鉄骨造と CLT パネル構造の併用構造は、RC 造との併用構造のようにコア形式をとることは下記より難しいと考えられる。



平面計画概念図

①　建物重量

CLT パネル構造で 1 時間耐火構造の場合は石膏ボードによる被覆や、CLT の 自重など通常の木造よりも重量は重くなる傾向にある。鉄骨造の場合の重量の 7 割程度となる。兵庫県林業会館の計画上、執務室とコア部分（廊下を含む）の面積比は 2：1 程度である。よって建物総重量の割合は通常の鉄骨造に比べると、8 割程度である。（RC 造との併用の場合は、6 割程度）重量メリットは、RC 造 に比べて少ない。

②　建物剛性

CLT パネル構造の剛性は通常の木造に比べて高く、1 次設計時の層間変形角としては、1/500 程度となることも十分にあり得る。鉄骨造の場合、ラーメン構造の場合は 1/200 程度、ブレース構造でも、コア部分はプロポーションが細長く、曲げ変形が大きくなるため、1/500～1/1000 程度となる。そのため、鉄骨造と CLT パネル構造の間での明確な剛性差を確保することが難しい。さらに、階段や EV 部分は荷重もあまりないため、抑え込みも少なく柱脚の設計が厳しくなることが考えられる。RC 造の壁であれば、1/2000 程度の層間変形を確保することは、十分に可能である。

③　耐震設計

各種構造の剛性差があまりないことから、併用構造としての構造設計も困難であると考える。モデル化の精度によって剛性がばらつくことが考えられるため、各種構造のせん断力の負担割合を明確にすることが難しい。また、CLT パネル工法では Ds の値が最小で 0.40～0.55（仕様規定）であり、鉄骨造の 0.25～0.50 よりも高い傾向にある。併用構造では、Ds 値の高い構造に合わせて必要保有水平耐力を算出する必要があるため、鉄骨造にとっては不利側の条件となることが考えられる。

④　結論

以上より、CLT パネル構造と鉄骨造の平面的な併用構造は構造としてのメリットは少ないと考える。

鉄骨造と CLT パネルを併用する場合には、合成デッキの変わりに、CLT パネルを用いることや、ブレースの変わりに CLT パネルを耐震壁として用いることなど、鉄骨造の一部に、CLT パネルを組み込むことが合理的な使い方と考えられる。

(2) 基本設計案の構造検討概要

６案を比較検討し、CLT パネル工法で最適とした案を基本設計案（案③）としてまとめた。次に、その架構計画を示す。

① 全体構成

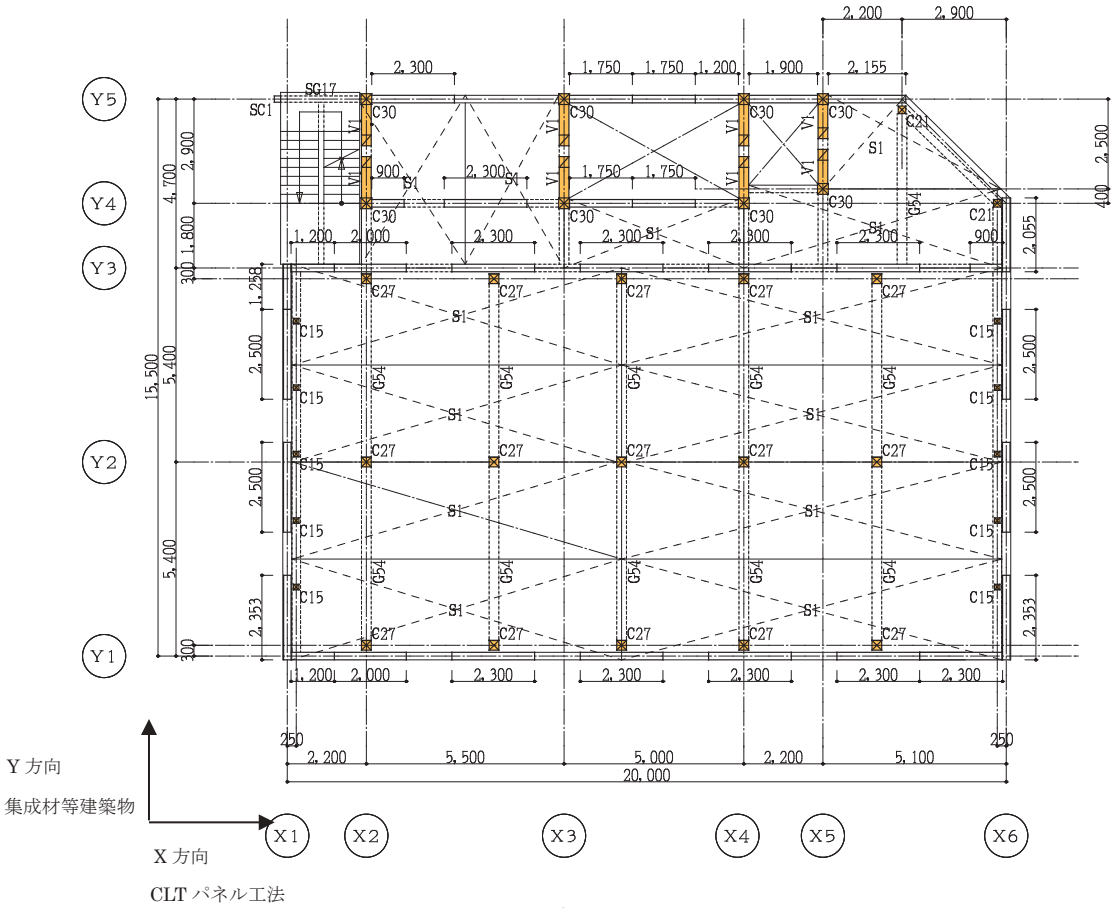
・本建物は、地上 5 階建て(搭屋 1 階)で 1 階が RC 造(駐車場部分)、2~5 階が木造(執務室部分)の立面的な混構造建物である。搭屋は木造とする。
・1 階部分は RC 造の耐震壁付ラーメン構造でルート 1 相当の壁量を確保した強度型の構造とする。
・木造階については、方向別で工法を分ける。
　X 方向：CLT パネル工法
　Y 方向：集成材の柱梁、集成材ブレース、CLT 耐力壁
　(CLT 耐力壁とは、CLT パネル工法で用いる CLT の壁とは異なり、鉛直荷重を負担しない水平力にのみ有効な耐力壁である。)
・水平構面は、CLT パネルとする。
・建物外形は、敷地出隅部分を切り欠いた形状であるが、全体形状としては整形な形状である。
・耐震要素の配置は、建物外周部および、中廊下及びコア部分に配置し執務室空間の自由度を確保する計画とする。
・屋上には、太陽光パネルを配置する計画とする。
・内部階段、外部階段は鉄骨とする。

② 下部構造(RC 造)

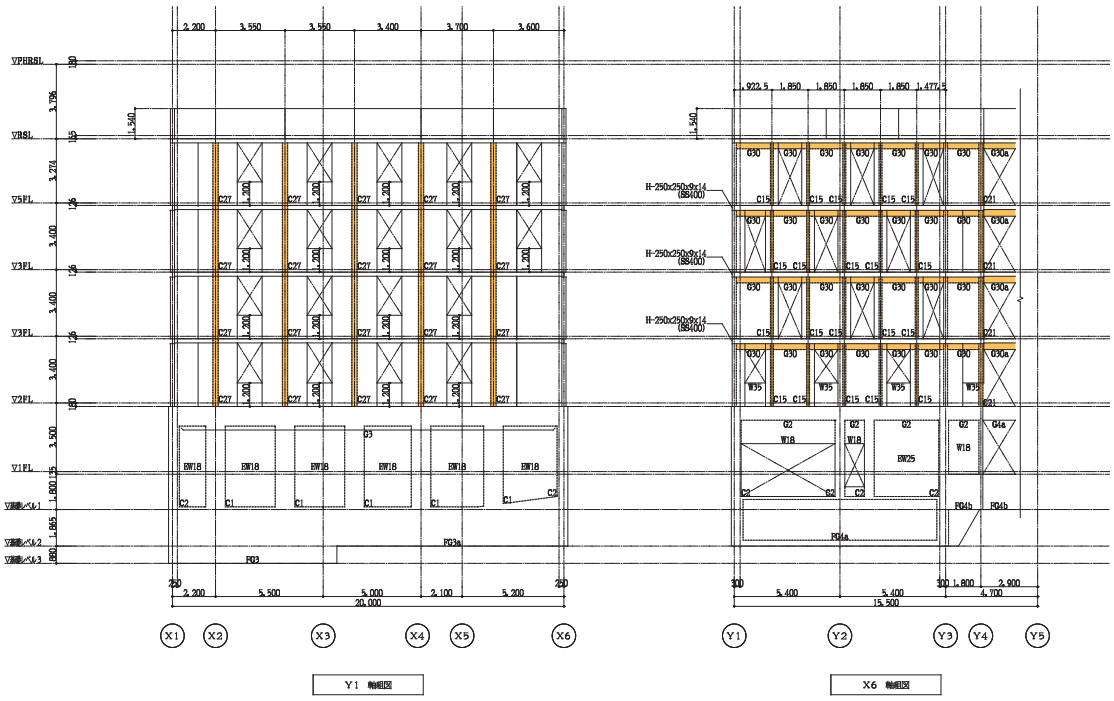
・1 階駐車場部分はスパン 10m 程度を確保するため、RC 梁を約 2m ピッチで配置する。
・駐車場部分が 2 段式であるため、一部基礎躯体を下げる構造とする。

③ 上部構造(木造)

・木造階は CLT パネルを用いた構造とする。
・X 方向は、壁量を比較的に確保しやすい平面計画であるため、CLT パネル工法とする。
　CLT パネル工法では、垂壁等による曲げ戻し効果が重要であるため、開口部分では、腰壁・垂壁を配置する。
・Y 方向は、執務室内に壁を設けない平面計画であるため壁量の確保が困難であるため、より高耐力を見込むことのできる CLT 耐力壁を考案する。
　コア回りの耐力壁は、連層壁となり引き抜き力等が大きくなることから、耐力を確保しやすいブレース構造(鋼板挿入型)とする。
　CLT 耐力壁とブレースを併用することから、CLT パネルには鉛直荷重を負担させない構造計画とし、法的な工法の区分としては、集成材等建築物とする。



3 階　伏図



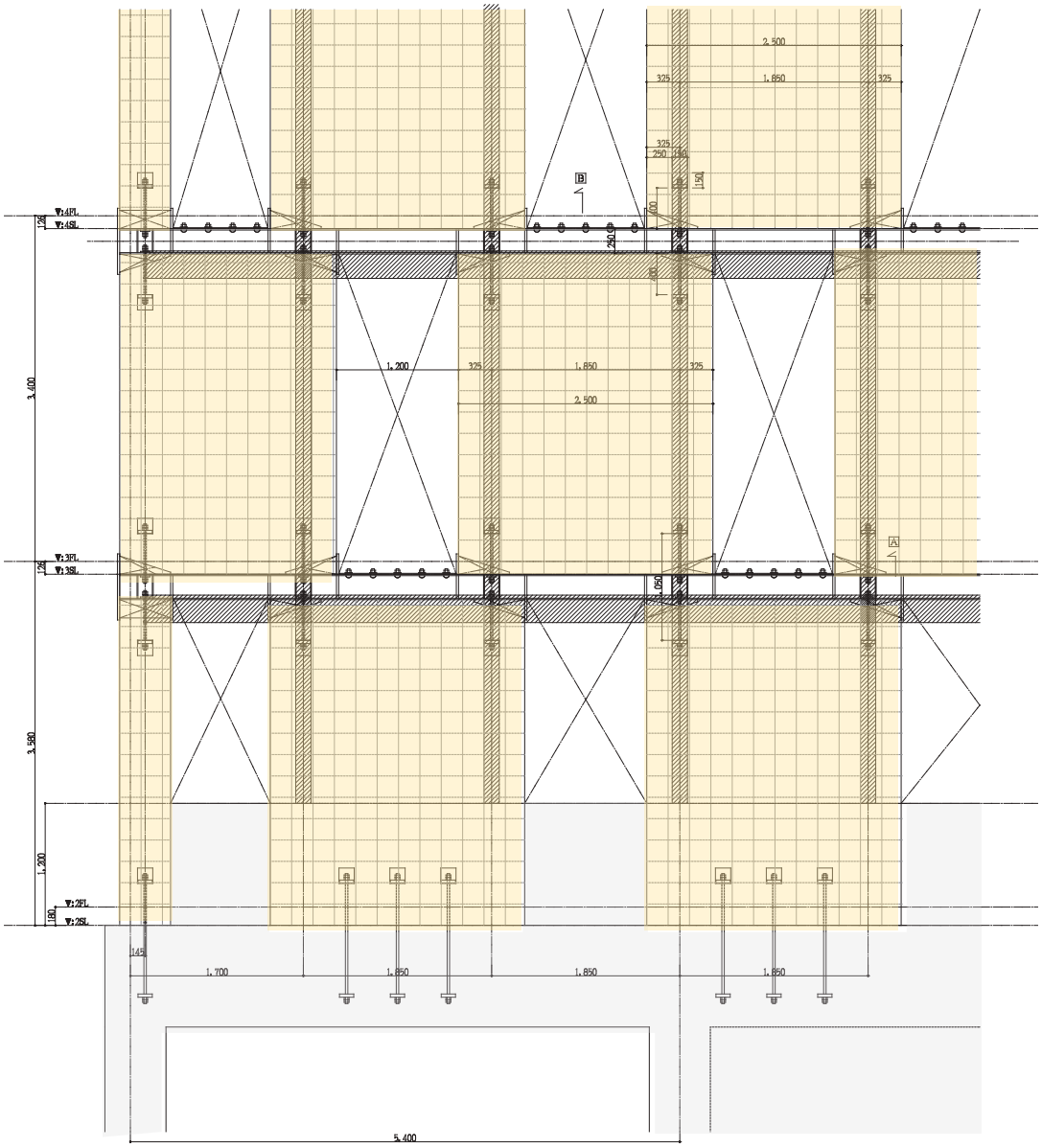
各方向　軸組図

④ CLT 耐力壁

・2 階耐力壁は、CLT パネルの小口面の弱軸圧縮の特性を生かして RC 部分から腰壁を立ち上げて、CLT 耐力壁の壁脚を RC 腰壁内に埋め込むことで、剛性・耐力を確保する。

・3 階から上部の CLT 耐力壁を立面的にチドリ配置とすることで、端部の軸力が相殺され、抑え込みの効果によって大きな曲げ戻しが期待できる。

・CLT 耐力壁間に鉄骨部材を配置することで、めり込み耐力・剛性を確保する。



Y 方向　詳細図

参考：各種設計条件

■設計荷重

1）設計方針

・設計ルート　：　ルート３　１階 RC 造　2～5 階木造

　木造階　　：　X 方向　CLT パネル工法　　Y 方向　集成材等建築物

2）地震荷重

・地震荷重　：　Ci = Z ・ Rt ・ Ai ・ Co

・地域係数　：　Z=1.00

・地盤種別　：　第２種地盤　Tc = 0.60　→　Rt = 1.00

・標準せん断力係数　：　一次設計　Co=0.2　二次設計　Co=1.0

3）積雪荷重

・垂直積雪量　：　d =30cm

・単位重量　：　20N/m^2/cm

・短期積雪荷重　：　600N/m^2

4）風荷重

・速度圧　：　q = 0.6 ・ E ・　Vo^2　N/m^2

・基準風速　：　Vo=34m/s

・地表面粗度区分　：　Ⅲ

5）積載荷重

積載荷重(N/m^2)

部屋名	床設計用	架構用	地震力用	備考
駐車場	5400	3900	2000	令 85 条
会議室、事務室	2900	1800	800	令 85 条
事務室 5-1	4900	2400	1300	令 85 条
廊下、階段	3500	3200	2100	令 85 条
屋根(通常使用無)	1000	600	400	令 85 条
設備荷重	キュービクル　35kN 空調機　27kN(27 台分) 太陽光パネル　30kN			

■使用材料

・コンクリート	設計基準強度　Fc=27	主構造躯体
・鉄筋	SD295A　D10~D16	主筋、スラブ筋、フープ、スターラップ
	SD345　D19~D25	主筋
・鉄骨	SS400	製作金物、ボルト
	SNR490B	アンカーボルト、引きボルト
・木材	E65-F225 対称異等級(スギ)	執務室部分　梁
	E65-F55 同一等級(スギ)	執務室部分　柱
	E105-F300 対称異等級(ベイマツ)	コア回り梁
	E105-F345 同一等級(ベイマツ)	コア回り柱、ブレース
	Mx60(スギ)	CLT　壁
	S60(スギ)	CLT　スラブ

３－３　CLT2 時間耐火構造床性能評価試験

(1) 試験について

目的：　本事業で建築予定の兵庫県林業会館は、防火地域に指定された市街地に位置し、耐火建築物とする必要がある。現在、CLT 工法に利用できる耐火構造の床仕様について、現在の告示範囲では適用範囲外のため、本建築物の床に CLT を利用可能にする耐火構造の床を開発する。

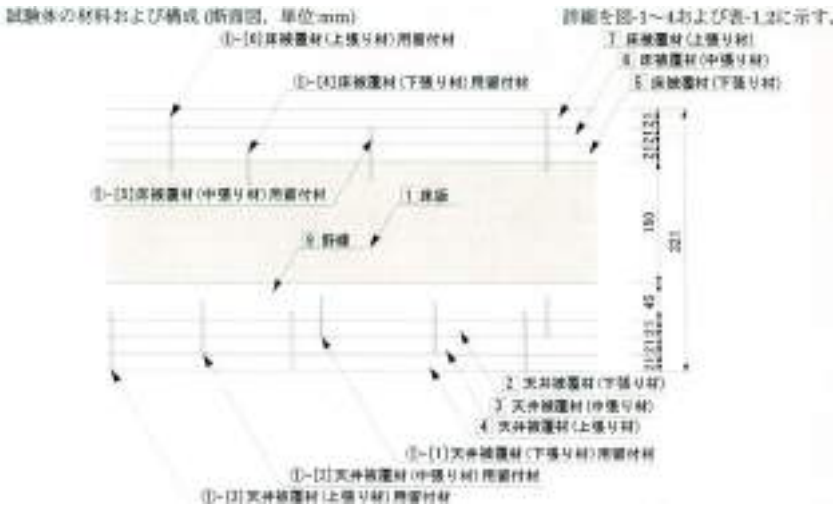
開発内容：　建築基準法第 2 条第 7 号の認定に係る CLT を用いた床 2 時間耐火性能

試験依頼場所：　一般財団法人　日本建築総合試験所

試験日：　平成 30 年 2 月 10 日、12 日

現在の状況：　性能評価試験は終了し、大臣認定の申請中

(2) 試験の概要（以下は、耐火性能試験成績書よりデータ、図版を抜粋引用）

性能評価申請者		銘建工業株式会社、兵庫県森林組合連合会	
構造名		強化せっこうボード 3 枚(21mm+21mm+21mm)重上張／強化せっこうボード 3 枚(21mm+21mm+21mm)重下張／直交集成板床	
建築物の部分		床	
耐火性能		2 時間	
試験体	材令	試験体製作日：平成 30 年 2 月 8 日	
	比重	直交集成板	0.43(気乾),0.38(105℃・11 日間乾燥)
		強化せっこうボード	0.79(気乾),0.78(40℃・10 日間乾燥)
		野縁	0.35(気乾),0.31(105℃・10 日間乾燥)
	含水率(%)	直交集成板	11.72(105℃・11 日間乾燥)
		強化せっこうボード	0.42(40℃・10 日間乾燥)
		野縁	12.77(105℃・10 日間乾燥)
	材料及び構成（断面図、単位 mm）	 鉛直断面図	

試験方法	試験規格	(一財)日本建築総合試験所制定 「防耐火性能試験・評価業務方法書」4.1 耐火性能試験方法
	関係法令	建築基準法第 2 条第七号
	加熱炉の熱源	都市ガス(46090 kj/㎥)
	加熱温度の測定	加熱面から 10cm 離れた位置の火炎温度
	温度測定位置	図-1 に示す
	試験荷重	34.0kN
	たわみ量測定位置	図-1 に示す

(3) 試験結果

試験体記号			A	B
試験年月日			平成 30 年 2 月 10 日	平成 30 年 2 月 12 日
試験体の大きさ(mm)			W2000×L4200 (支点間距離 l=4000)	W2000×L4200 (支点間距離 l=4000)
加熱面			下面	下面
試験時間			300 分	330 分
加熱時間			120 分	120 分
加熱温度測定曲線			図-6 に示す	図-9 に示す
非損傷性	たわみ量測定曲線		図-8 に示す	図-11 に示す
	試験体の構造断面の圧縮縁から引張り縁までの距離(d)		150mm	150mm
	最大たわみ量 ［規定値 266.6mm］		11.6mm	8.9mm
	最大たわみ速度 ［規定値 11.8mm/分］		0.6mm/分	0.7mm/分
遮熱性	温度測定曲線		図-7 に示す	図-10 に示す
	初期温度		10℃	8℃
	最大裏面温度上昇	最高 ［規定値 180K］	3K(289.0 分) 規定値適用範囲内では 2K(69.0 分)	4K(318.0 分) 規定値適用範囲内では 2K(60.0 分)
		平均 ［規定値 140K］	3K(289.0 分) 規定値適用範囲内では 2K(69.0 分)	4K(252.5 分) 規定値適用範囲内では 2K(60.0 分)
遮炎性	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間		なし	なし
	非加熱側へ 10 秒を超えて継続する火炎の噴出		なし	なし
	非加熱面で 10 秒を超えて継続する発炎		なし	なし
その他			試験終了後、荷重支持部材が炭化していないことを確認した	試験終了後、荷重支持部材が炭化していないことを確認した
判定			合格	合格

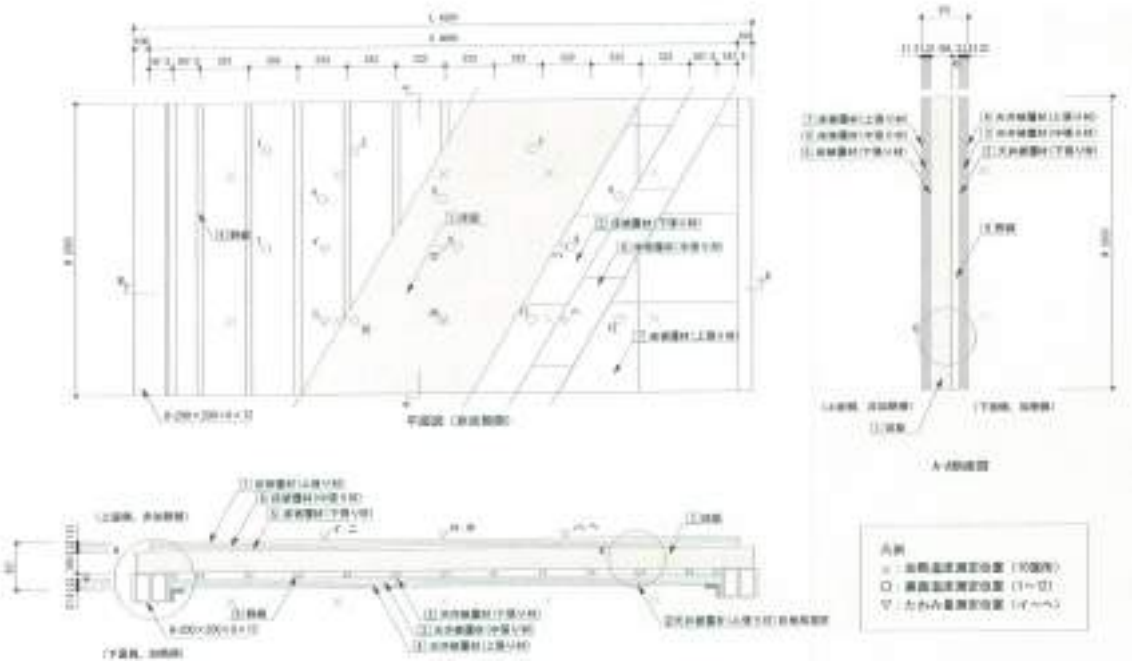


図-1　試験体の構造・寸法・温度測定位置（寸法単位:mm）

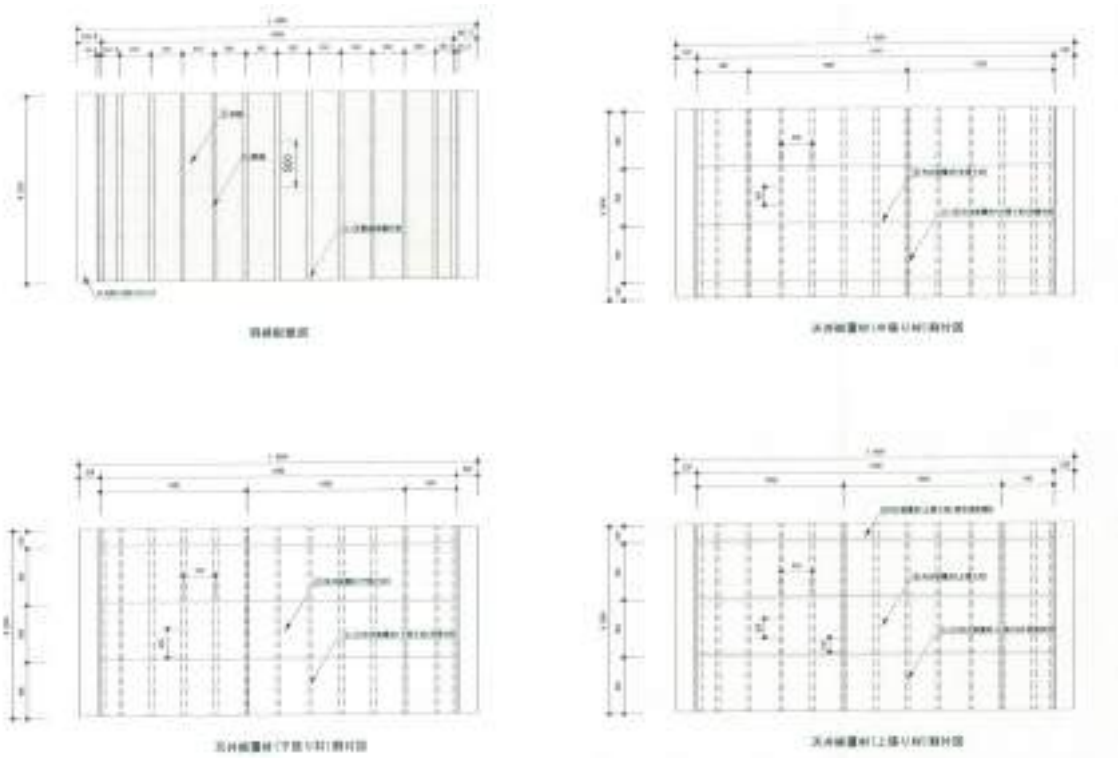


図-2　試験体の構造・寸法（寸法単位:mm）

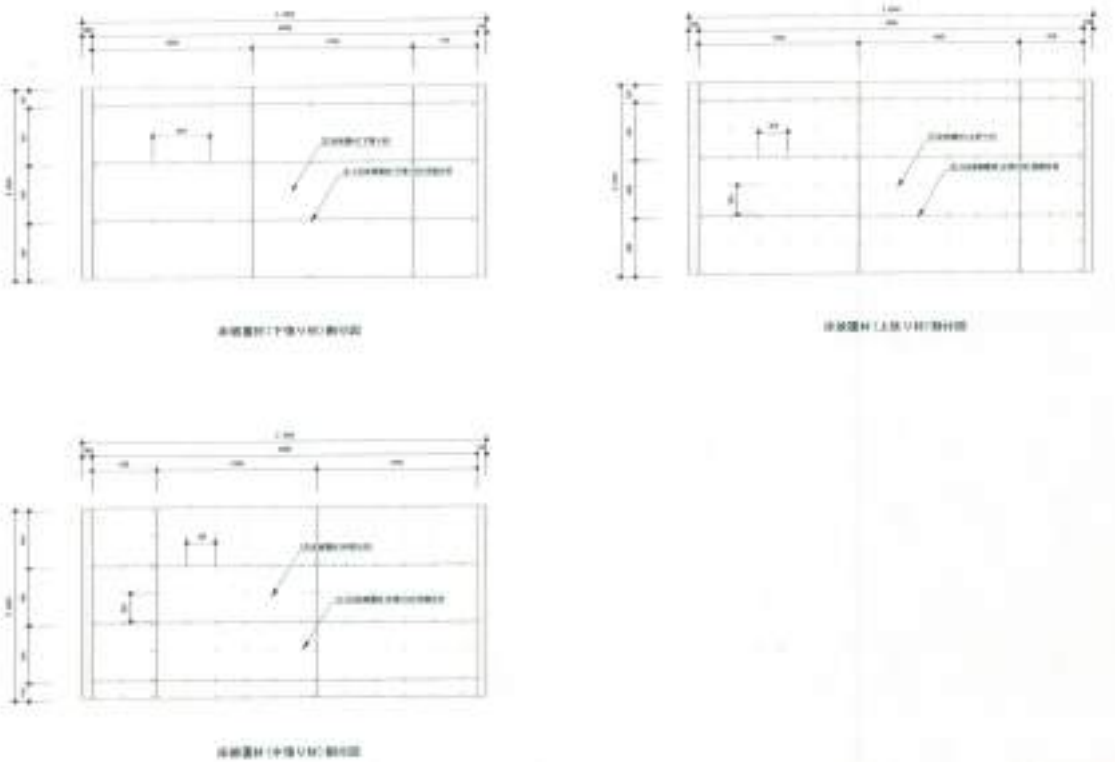


図-3　試験体の構造・寸法（寸法単位:mm）

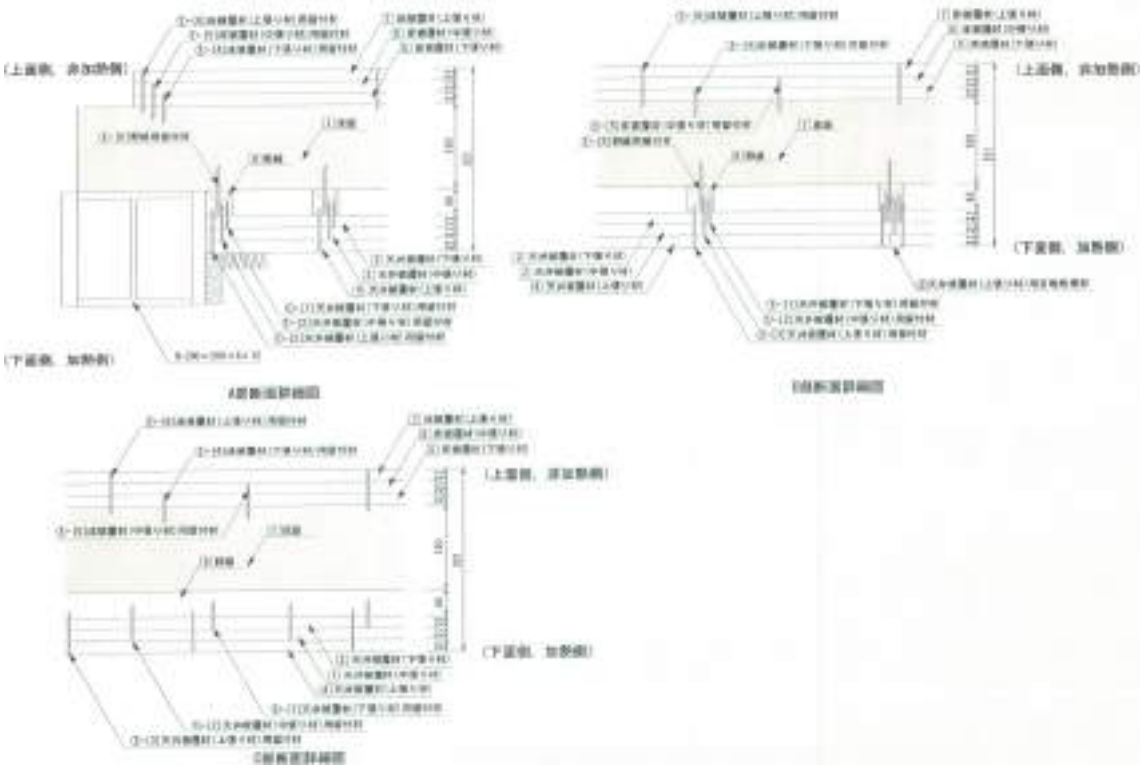


図-4　試験体の構造・寸法（寸法単位:mm）

表：試験体構成材料　　（寸法単位:mm）

項目	詳細
1 床版 （荷重支持部材）	直交集成板(JAS) 構成：5 層 5 プライ Mx60(ラミナ厚 30,M60A(外層)M30A(内層(3 層分))) 総厚さ:150　幅:2000　密度:0.43g/cm3(気乾、実測値)
2 天井被覆材 （下張り材）	材質:強化石膏ボード　規格:JIS A 6901,GB-F(V)(ひる石入り) 厚さ:21　端部形状:ベベル
3 天井被覆材 （中張り材）	材質:強化石膏ボード　規格:JIS A 6901,GB-F(V)(ひる石入り) 厚さ:21　端部形状:ベベル
4 天井被覆材 （上張り材）	材質:強化石膏ボード　規格:JIS A 6901,GB-F(V)(ひる石入り) 厚さ:21　端部形状:ベベル
5 床被覆材 （下張り材）	材質:強化石膏ボード　規格:JIS A 6901,GB-F(V)(ひる石入り) 厚さ:21　端部形状:ベベル
6 床被覆材 （中張り材）	材質:強化石膏ボード　規格:JIS A 6901,GB-F(V)(ひる石入り) 厚さ:21　端部形状:ベベル
7 床被覆材 （上張り材）	材質:強化石膏ボード　規格:JIS A 6901,GB-F(V)(ひる石入り) 厚さ:21　端部形状:ベベル
9 野縁	材質:平成 12 年建設省告示第 1452 号の第六号に規定する無等級材 断面寸法:45×45　取付間隔:333
①　留付材	[1] 天井被覆材（下張り材）用くぎ　寸法:φ2.45×L50.8　材質:鉄 留付間隔:300 [2] 天井被覆材（中張り材）用木ねじ 寸法:φ4.2×L65　材質:鉄 留付間隔:200 [3] 天井被覆材（上張り材）用木ねじ 寸法:φ4.2×L75　材質:鉄 留付間隔:周辺部 150 中間部 200 [4] 床被覆材（下張り材）用くぎ 寸法:φ2.45×L50.8　材質:鉄 留付間隔:600 [5] 床被覆材（中張り材）用くぎ 寸法:φ3.05×L65　材質:鉄 留付間隔:300 [6] 床被覆材（上張り材）用くぎ 寸法:φ3.40×L75　材質:鉄 留付間隔:300 [8] 野縁用くぎ 寸法:φ3.75×L90　材質:鉄 留付間隔:500
②　天井被覆材 （上張り材） 目地処理材	[1]目地処理材 材質:せっこう系　塗布量:50g/m [2]ガラス繊維テープ 寸法　厚さ:0.2　幅:50

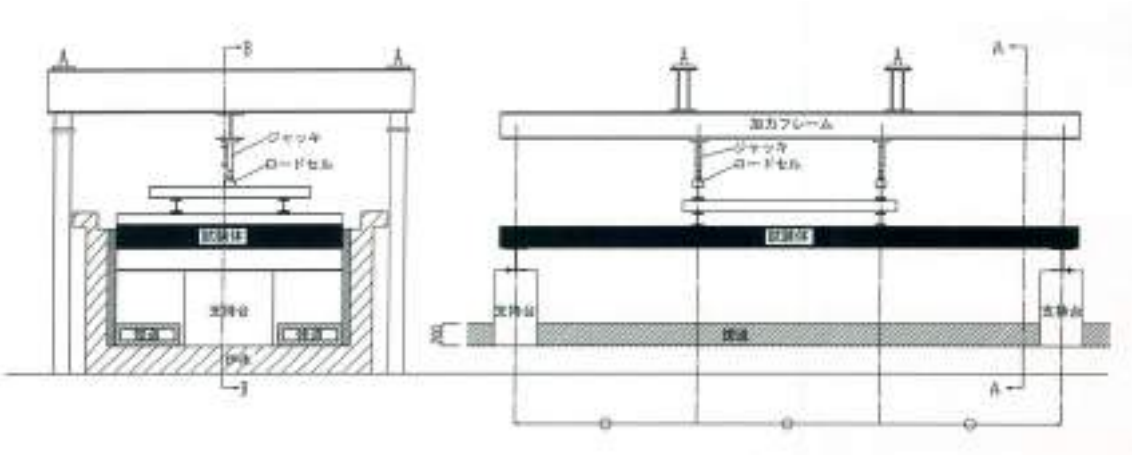


図-5　載荷装置図（寸法単位:mm）

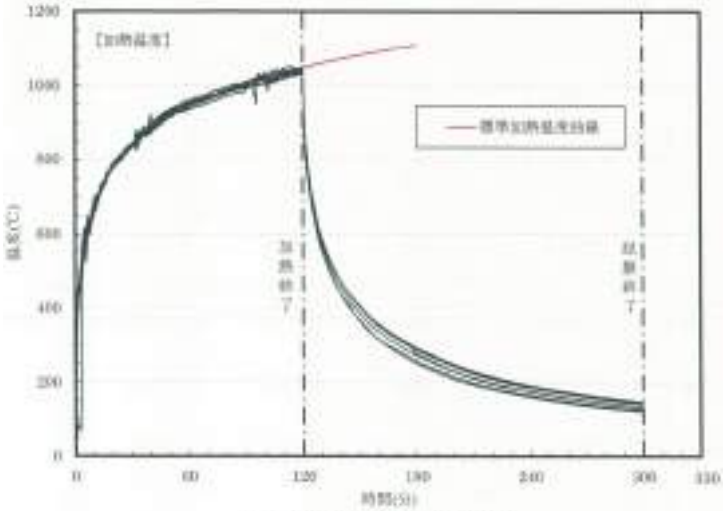


図-4　加熱温度測定曲線（試験体A）

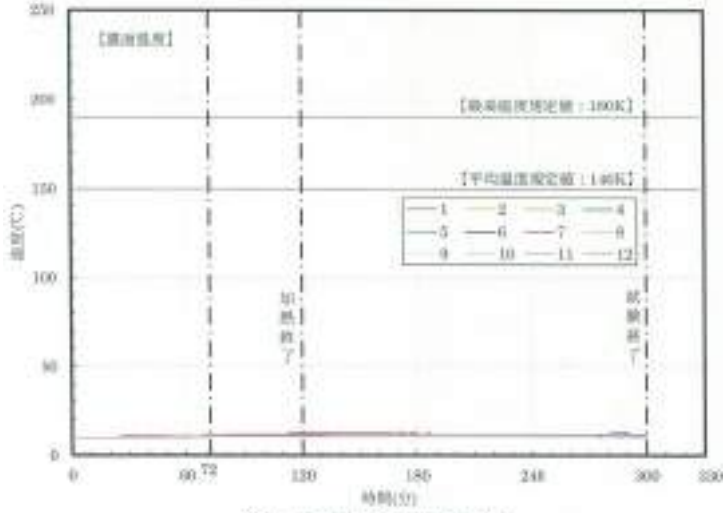


図-7　裏面温度測定曲線（試験体A）

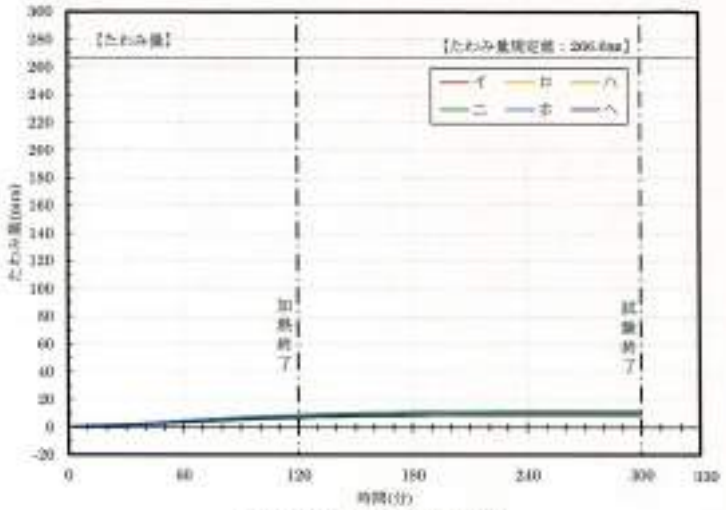


図-8　たわみ量測定曲線（試験体A）

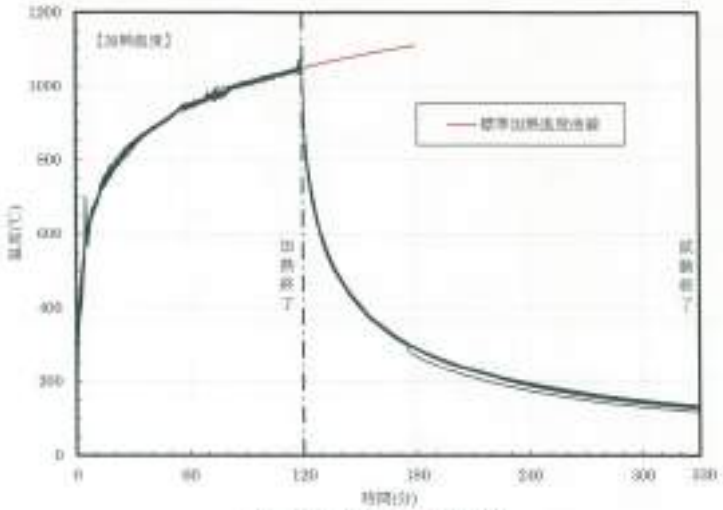


図-9　加熱温度測定曲線　（試験体B）

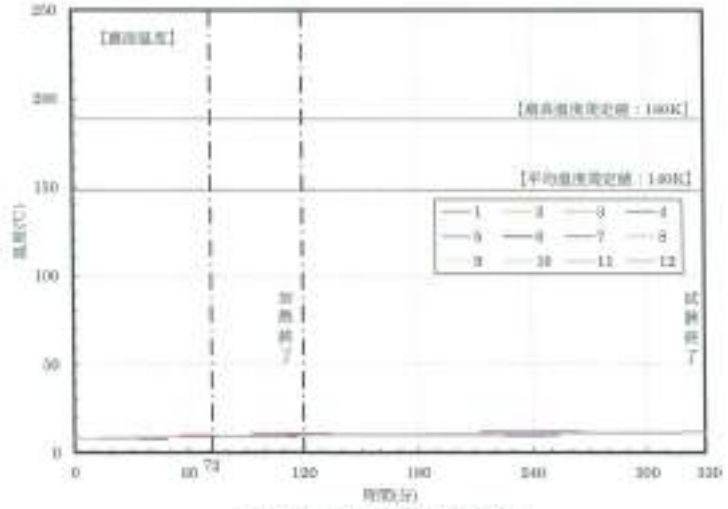


図-10　裏面温度測定曲線　（試験体B）

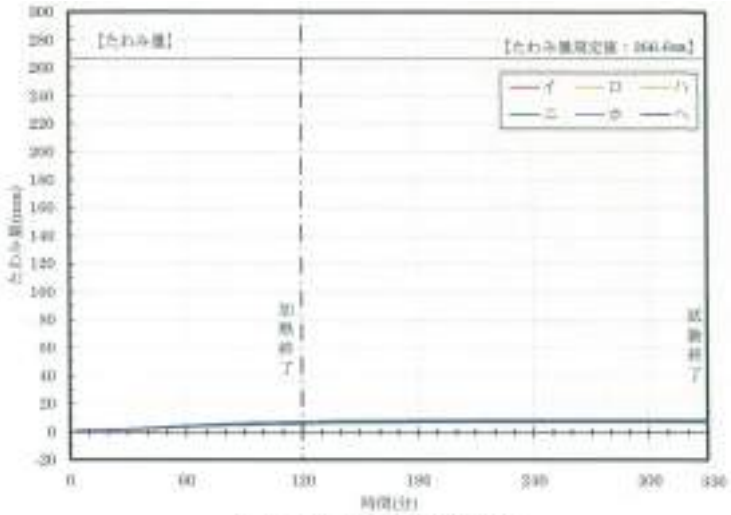


図-11　たわみ量測定曲線　（試験体B）

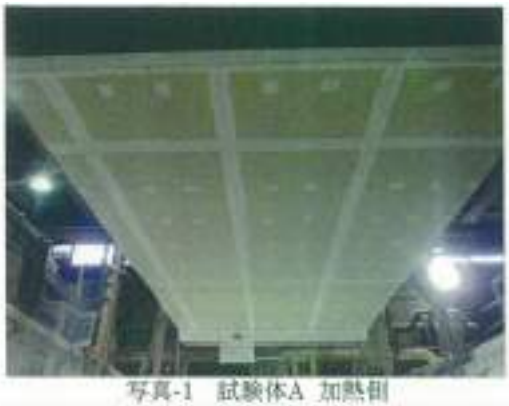


写真-1　試験体A　加熱側
（加熱前）

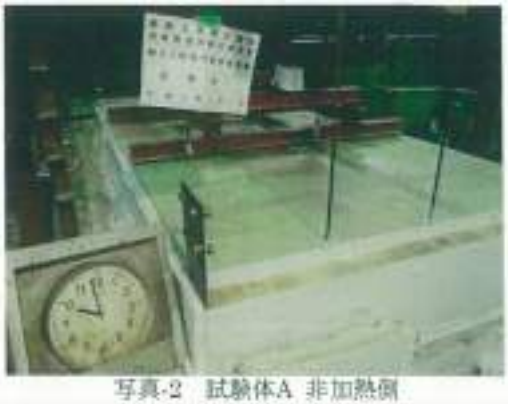


写真-2　試験体A　非加熱側
（加熱前）

写真-3　試験体A　非加熱側
（加熱開始後60分）

写真-4　試験体A　非加熱側
（加熱開始後119分）

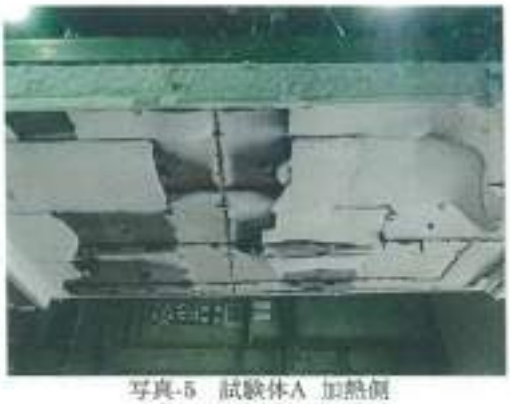


写真-5　試験体A　加熱側
（加熱後）

写真-6　試験体A　加熱側
（解体後）

写真-7　試験体B 加熱側
（加熱前）

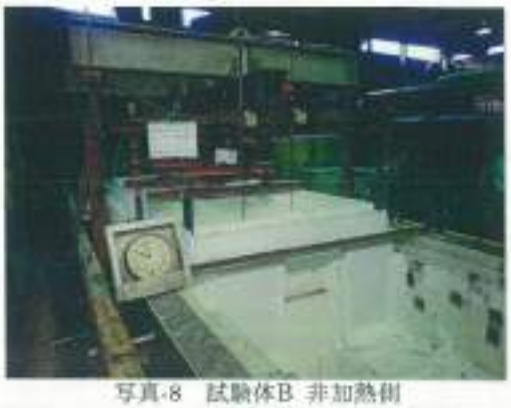


写真-8　試験体B 非加熱側
（加熱前）

写真-9　試験体B 非加熱側
（加熱開始後60分）

写真-10　試験体B 非加熱側
（加熱開始後119分）

写真-11　試験体B 加熱側
（加熱後）

写真-12　試験体B 加熱側
（解体後）

３－４　各工法のコストおよび地域貢献性の算出方法について

検討した６案のうち、③をもとに実施設計・施工プロポーザルにより選定された実施案⑦を含め、コスト、地域貢献性について比較を行った。

(1) コスト

検討した６案のうちの３案（①、③、⑥）に実施案（⑦）を加えた４案について、コスト比較を行った。比較方法としては、比較が分かりやすいよう、CLT パネル工法の①案の概算工事費をベースとして、躯体工事費のみをパラメータとして変更した。(但し⑥案のみ、工期が３ヶ月長く掛かると考え、直接仮設費を増やしている。)

		タイプ①	割合
直接工事費	1.建築工事		
	建築工事のうち、以下の躯体工事を除く分	231,098,897	37.2%
	鉄骨・CLT・2 階以上躯体工事		
	１．CLT 工事	127,000,000	20.4%
	２．鉄骨・その他工事	13,200,800	2.2%
	鉄骨・CLT・2 階以上躯体工事の計	140,200,800	22.6%
	建築工事の計	371,299,697	59.8%
	2.設備工事	143,790,000	23.1%
	3.外構工事	3,894,671	0.6%
直接工事費の計		518,984,368	83.5%
間接費		102,239,632	16.5%
工事価格		621,224,000	100%

※①案での鉄骨・その他工事は、屋内・屋外階段部分を示す。

比較のベースとした①案の概算工事費構成

上表のうち、網掛けした部分について、他３案の場合と比較したものが、２に掲げた比較一覧表となる。

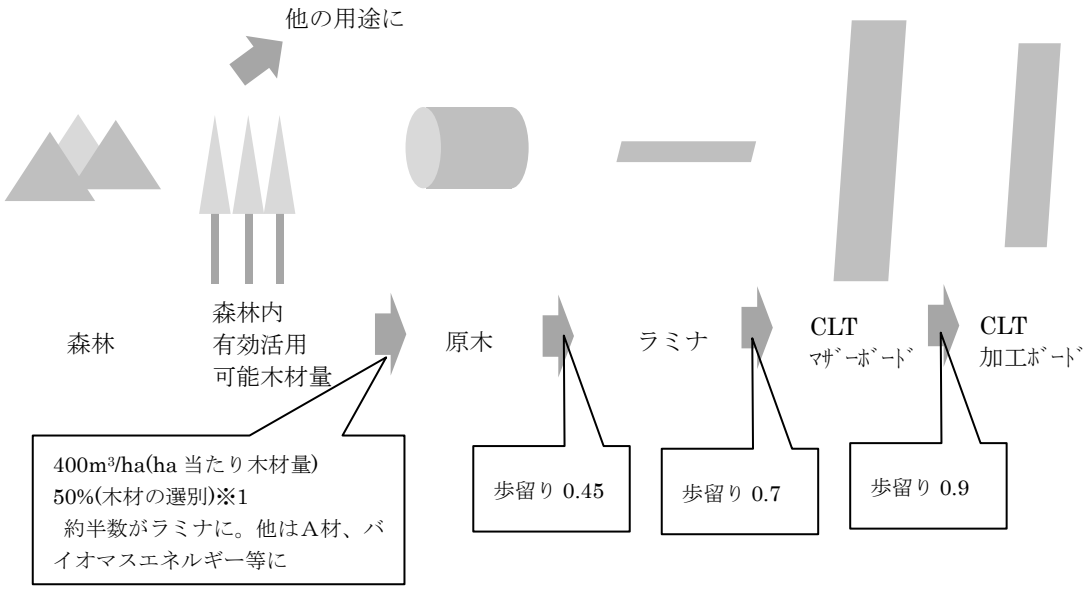
比較の特性上、他の工種の価格を変動させていないため、実施案は他案と比べると安くなっているが、実際には躯体の仕様が変わることにより、外装、内装、建具等も変わることになる。比較表に記したように、実施案では開口部は大きく、カーテンウォールを採用しているため、金属建具工事費の増加分を加えると、結果的には他案と同等程度の価格となることが考えられる。

(2) 地域貢献性（森林活用面積）

地域貢献性については、ＣＬＴを用いた建築物の森林活用面積およびCO_2固定量を算出した。以下に、森林活用面積の考え方及び算出方法について示す。

ＣＬＴの活用は森林資源の活用の一手段であり、持続可能な森林資源の活用のためには、建築物での適材適所に加え、木材の特徴とそれにあった多様な加工・使い道（柱等の建材、パルプ用材、エネルギー活用等）が検討されることが望ましい。また、ＣＬＴによる都市部での需要が増えることで、他の用途に利用できる木材の搬出にもつながり、全体の需要が増えることも期待される。

そこで、今回、森林活用面積については、森林からの搬出、選抜、原木からＣＬＴになるまでのそれぞれの歩留まりにより、ＣＬＴを活用した本建築物の間接的利用（ＣＬＴとして活用されない部分も含む）も含めた森林活用面積の算出を行った。算出の考え方およびそれぞれの歩留まりを以下に示す。



※1:兵庫県森林組合連合会ヒアリング結果

※各歩留まり：銘建工業株式会社ヒアリング結果