

2.5 (株)匠パートナーズ/弁護士法人匠総合法律事務所

1. 建築物の仕様一覧

事業名		「南房総千倉CLT収納庫」プロジェクト		
実施者(担当者)		(株)匠パートナーズ/弁護士法人匠総合法律事務所		
建築物の概要	用途	倉庫		
	建設地	千葉県南房総市		
	構造・工法	CLTパネル工法		
	階数	地上1階		
	高さ(m)	5.08		
	軒高(m)	3.095		
	敷地面積(m ²)	1364.45		
	建築面積(m ²)	151.54		
	延べ面積(m ²)	149.06		
	階別面積	1階	149.06	
2階		-		
3階		-		
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、天井、庇	
	CLT使用量(m ³)		11.50 m ³ (加工前材積=13.32 m ³)	
	壁パネル	寸法	90mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	S60-3-3	
		樹種	スギ	
	床パネル	寸法	90mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	S60-3-3	
		樹種	スギ	
	屋根パネル	寸法	90mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
強度区分		S60-3-3		
樹種		スギ		
木材	主な使用部位 (CLT以外の構造材)		柱: ヒノキ 外壁: スギ 小屋組: スギ	
	木材使用量(m ³) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		37m ³	
仕上	主な外部仕上	屋根	構造用合板12mm フクビ遮熱ルーフェアテックス (JIS A 6111:2016) いぶし瓦葺き: 勾配=4/10 (不燃材: 告示第1400号)	
		外壁	杉板縦張り押縁 塗装仕上げ 妻付梁上部=塗装サイディング張り(白色)	
		開口部	サッシ周りコーキング	
	主な内部仕上	界壁		
		間仕切り壁	CLTパネルあらかし、木下地桧合板及び羽目板仕上げ	
		床	ベタ基礎コンクリート	
天井	CLTパネル、小屋裏あらかし			
構造	構造計算ルート		ルート1	
	接合方法		χマーク金物による	
	最大スパン		3.185m	
	問題点・課題とその解決策		建物の気密性を確保したいが現状のχマーク金物ではその性能が得られない。そのためCLT壁パネルを内壁側に配置し外壁は在来軸組工法とすることで性能を確保した。	
防耐火	防火上の地域区分		無	
	耐火建築物等の要件			
	本建築物の防耐火仕様			
	問題点・課題とその解決策			
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			
	主な断熱仕様 (断熱材の種類・厚さ)	屋根 (又は天井)	断熱材なし	
		外壁	断熱材なし	
床		断熱材なし		
遮音性確保に関する課題と解決策		無		
施工	建て方における課題と解決策		CLT固定金具のアンカーボルトの位置精度確保が課題。アンカーを固定するフレームをアングル金物で作成し配筋前に固定する。	
	給排水・電気配線設置上の工夫		給排水なし 電気のコンセント、スイッチはCLTを避けて配置	
	劣化対策		外壁を塗装	
工程	設計期間		平成29年1月~3月、4月~9月	
	施工期間		平成29年10月~平成29年12月	
	CLT躯体施工期間		平成29年11月9日~平成29年11月10日	
	竣工(予定)年月日		平成29年12月25日	
体制	発注者		(株)匠パートナーズ	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		(協組)東濃地域木材流通センター KeyPoint設計室	
	構造設計者		(株)木構研 ((株)木構堂)	
	施工者		金子建築工業(株)	
	CLT供給者		山佐木材(株)	
ラミナ供給者				

実証事業名：「南房総千倉 CLT 収納庫」プロジェクト

実施者／協議会運営者：株式会社匠パートナーズ／弁護士法人匠総合法律事務所

1. 実証した建築物の概要

用途	倉庫			
建設地	千葉県南房総市			
構造・工法	CLT パネル工法			
階数	1 階建て			
高さ (m)	5.08	軒高 (m)	3.095	
敷地面積 (㎡)	1364.45	建築面積 (㎡)	151.54	
階別面積 (㎡)	1 階	149.06	延べ面積 (㎡)	149.06
	2 階	—		
	3 階	—		
CLT 採用部位	壁、天井、庇			
CLT 使用量 (m ³)	11.50 m ³ (加工前材積=13.32 m ³)			
CLT を除く木材使用量 (m ³)	37 m ³			
CLT の仕様	(部位)	(寸法／ラミナ構成／強度区分／樹種)		
	壁	(2695×1000／3 層 3 プライ／S60-3-3／スギ)		
	天井	(3192×1000、3640×1910、1872×1910／3 層 3 プライ／S60-3-3／スギ)		
	庇	(3645×1700／3 層 3 プライ／S60-3-3／スギ)		
設計期間	平成 29 年 1 月～3 月、4 月～9 月			
施工期間	平成 29 年 10 月～平成 29 年 12 月			
CLT 躯体施工期間	平成 29 年 11 月 9 日～平成 29 年 11 月 10 日			
竣工 (予定) 年月日	平成 29 年 12 月 25 日			

2. 実証事業の目的と設定した課題

- ・ CLT 構造の建物を限りなく省コストで建築し、省コスト CLT 建築の模範例とする。
- ・ CLT を活用した省コスト化の様々な手法を協議会で検討し、実践する。

3. 実証事業の実施体制 (または協議会構成員)

(意匠・総括設計) 協同組合東濃地域木材流通センター KeyPoint 設計室

(構造設計) 株式会社木構堂

(施工) 金子建築工業株式会社

(材料) 山佐木材株式会社

(専門家派遣) 岐阜県立森林文化アカデミー 准教授 小原 勝彦氏

4. 課題解決の方法と実施工程

- ・当初、CLT を外壁であらわしにすることで外壁施工のコストを減らし、メンテナンスコストを検証→剥離の危険性があることを材料供給側から指摘され、断念。
- ・接合部の金物を複数使用し、施工性などの省コスト化検証→認定金物が1種のみ。その他の金物を使う場合、大臣認定をとる必要があり、結果としてコスト高に。認定金物を使用。
- ・上記の検証ができなくなったため、総合的に省コスト化を図るための方策を検討
- ・また、小原准教授（専門家派遣）のご協力により、常時微動測定による建物の剛性（耐震性）を測定することができ、屋根瓦も耐震性の高い施工方法を採用した。

（設計）平成29年1月～6月：実施設計、7月：構造計算

（施工）平成29年10月～：着工・基礎工事、11月：木工事、11月～12月：外装・内装工事、12月：設備工事

<協議会の開催>

平成29年2月23日：第1回開催 設計等の課題洗い出し、専門家派遣（愛知県建設センター）

3月16日：第2、3回開催 現場での施工計画、設計等の課題検討（現地及び東京）

4月6日：第4回開催 設計等の課題検討、専門家派遣（森林文化アカデミー）

5月12日：第5回開催 省コスト化及びCLT使用量の検討、専門家派遣（森林文化アカデミー）

5月31日：第6回開催 構造計算に向けての調整、専門家派遣（岐阜県岐阜市）

6月23日：第7回開催 土地変更とCLTの使用箇所についての検討（愛知県名古屋市）

7月24日：第8回開催 専門家派遣（愛知県名古屋市）

8月31日：第9、10回開催 現地施工方法等や部材等の検討（千葉県南房総市、東京都千代田区）

11月15日：第11回開催 本実証事業の実証結果のとりまとめ、報告書作成打合せ（森林文化アカデミー）

12月11日：第12回開催 現地視察ととりまとめの検討。常時微動測定（現地：千葉県南房総市）

5. 得られた実証データ等の詳細

（1）設計

- ・当初、CLT部材は5層5プライ150mm厚で設定し、CLT部材が規定サイズで使えるようにとメーターモジュールの設計で、耐力壁を従来の木造在来軸組工法の建物と同じように外周と中通りで設定し天井パネルを全面に設置した。
→積算すると大幅なコスト高。CLTあらわしのとりやめで設計の変更を協議会で検討。
- ・強度上かなり余力があるので、①CLTを3層3プライ90mm厚にする、②「外周の耐力壁を全て無くし内壁のみにする、③天井パネルも耐力壁上のみにする、④外周を在来工法で組むため「尺モジュール」にする、以上の変更でコストを下げることにした。
- ・CLTの使用材積が41.55 m³から11.50 m³となったことで、大幅にコストが下がった。

（2）施工

- ・基礎工事（アンカーボルト固定フレームの設置）

今回、CLTの施工の中で一番悩み話し合いをした部分である。アンカーボルトの立上げ位置の精度を2mm以内に納めるという精密施工の為、アンカーボルトを固定するフレームを作成することにした。

- ・脚部CLT固定金物設置

CLTの建て方をスムーズに行うためには、CLT固定金物を正確な位置に設置することが重要となる。6個の金物を正確な位置に固定する為、T型の治具を作成することにした。この治具はCLTパネルのサイズに合わせてあるので、6個の金物のレベルを確認しT字の治

具をはめて一度に位置の調整を行いスムーズに固定することができた。

・建て方

構造はあくまで CLT だが、外周部は在来軸組ということで施工手順をシミュレーションし従事者全員で共有し臨んだ。初めての CLT 工法の施工だったが、シミュレーションのおかげで順序よく施工することができた。今回の目標は 2 日間で防水シート施工までとした。

(3) 常時微動測定の結果 — 固有振動数

最近の一般 2 階建て木造住宅の固有振動数は 5.5~6.5Hz 程度であることから、本建築物の固有振動数は東西・南北方向ともに 9Hz 以上 (表 3.1.1) で、非常に高い剛性を有する建物である。推定した壁量充足率では建築基準法の基準に対して 5.76 倍であった。2 階建て軸組構法建物の実大振動実験の結果と比較する (表 3.1.2) と、固有振動数が 5.0Hz 以上の建物に対して兵庫県南部地震レベルの強い地震動を入力した場合に内外装材に多少亀裂が生じた程度であった。推定した建物の荷重-変形関係 (バイリニアモデル) は、東西方向の剛性は 6290 kN/m、最大耐力は 241kN であり、構造設計時の剛性 6218 kN/m を概ね捉えることができた (図 3.1.2)。 ※表と図は後掲

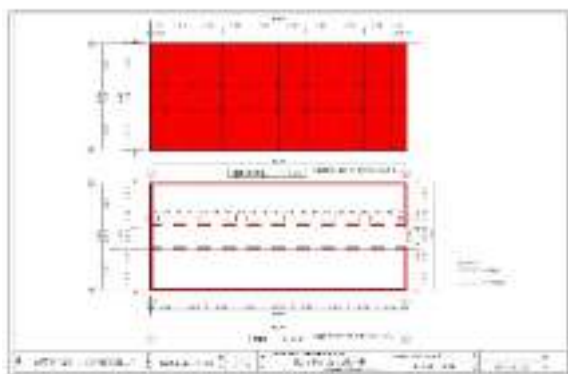
(4) 屋根瓦の施工

屋根材は瓦を採用し、施工は「瓦屋根標準設計・施工ガイドライン」に準じた工法で行った。瓦を釘・ビス留め銅線で緊結するため、大地震や台風に耐えうる工法であり、前述の CLT 建築物の高い耐震性と親和性が高い。

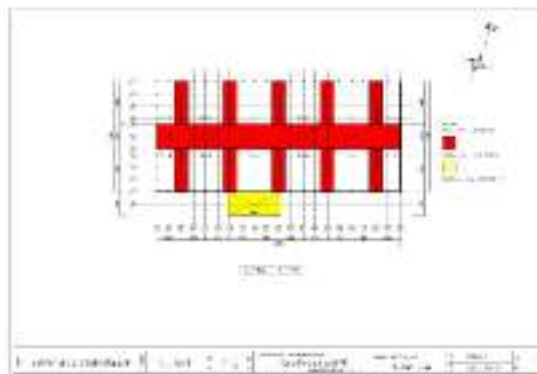
6. 本実証により得られた成果

- ・ CLT 自体を大幅に減らしても、CLT パネル工法の建築物を建築することが可能。また、それが省コストにつながる。
- ・ CLT の施工には、施工精度の確保のために基礎段階から担当業者と綿密に打ち合わせる必要があり、専用の治具を用意するなど、現場ごとに工夫が必要となる。
→工期を短くし、結果として省コストにつながる。
- ・ CLT は材自体が頑強なため、耐震性も高い。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



初期段階の平面図。色の付いている部分は全て CLT を使用



最終的には、内壁の一部と耐力壁上の天井のみとなった



表 3.1.2 実大振動実験の破壊概要との比較

加振前の固有振動数 Hz	実大振動実験結果を 総じた結果	模式図	損傷程度
6.5Hz以上 本物件	【新築木造建築を超えている値】 躯体被害ほとんどなし 内外装材の開口部に亀裂 残留変形無し		軽微
5.5~6.5Hz	【新築木造建築の平均的な値】 躯体被害ほとんどなし 内外装材の開口部に亀裂 残留変形無し		軽微
5.0Hz以上	躯体被害ほとんどなし 内外装材の開口部に亀裂 残留変形無し		軽微
4.5~5.0Hz	躯体に被害あり 内外装材の亀裂進展 残留変形無し		小破
3.5~4.5Hz	筋かい座屈破壊、接合部引張破壊 土台割れ 接合金物の釘浮き 残留変形1/350程度		中破
2.5~3.5Hz	躯体被害甚大 接合部破壊、部材亀裂有 残留変形1/50程度		大破
2.5Hz以下	躯体被害甚大 逆位相確認 通し柱折損(亀裂)		大破(倒壊)

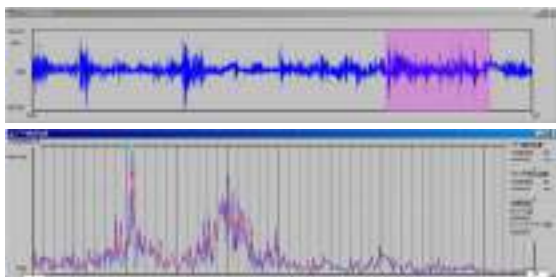


図 3.1.1 東西方向

表 3.1.1 常時微動測定の結果

各方向	固有振動数 Hz	固有周期 sec	減衰定数
東西方向	10.644	0.094	0.014
南北方向	9.179	0.109	0.013
ねじり方向	12.890	0.078	0.017
一般の木造2階建住宅	5.5~6.5程度	0.15~30.181程度	0.02~0.05程度

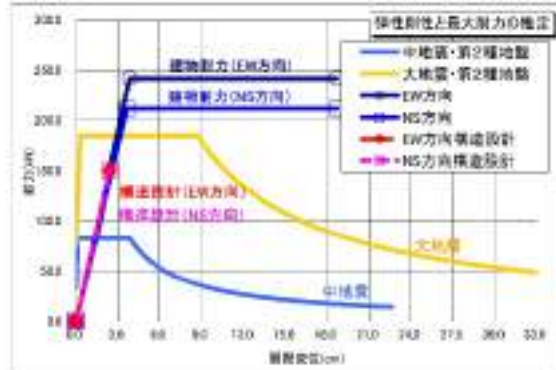


図 3.1.2 建物の荷重-変形関係 (バイリニア)

8 成果物

(1) 設計について

当初の建設予定地は「千葉県南房総市千倉町瀬戸字椎木原 2236 番 1、2235 番 4、2237 番 1」だった。

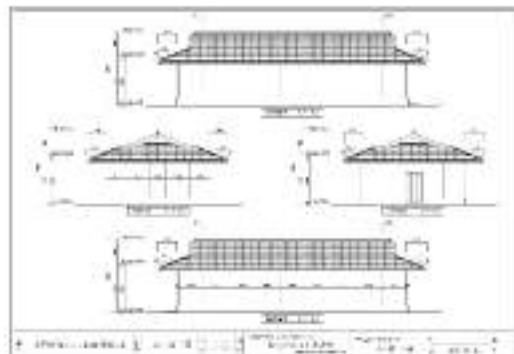


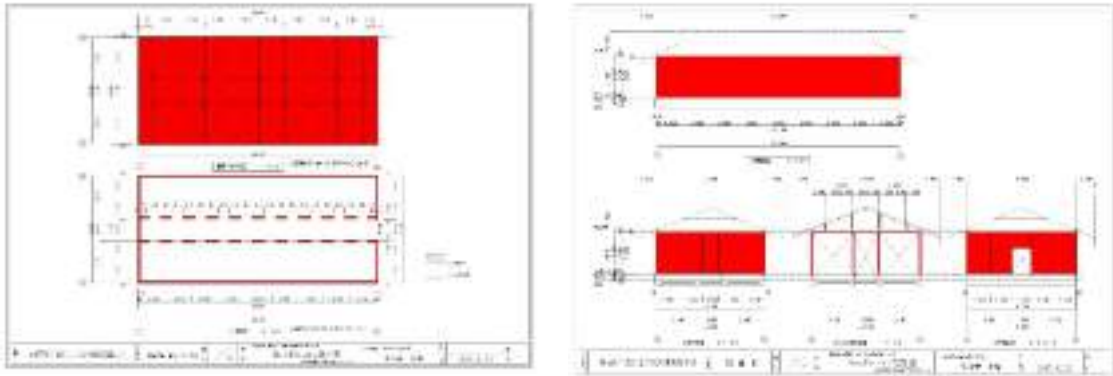
22条区域内だったため、外壁の仕上げがどのようになっても、支障がないように、延焼ラインにかからない範囲で建物の形状を決定した。



CLT 部材は5層5プライ150mm厚で設定し、CLT 部材が規定サイズで使えるようにとメーターモジュールの設計で耐力壁を従来の木造在来軸組工法の建物と同じように外周と中通りで設定し天井パネルを全面に設置した。

この時点で、構造設計事務所の(株)木構堂・渡邊氏に強度が足りるかどうか確認したところ「十分です。」との回答をいただいたため、設計を進めた。





上記プランで、金子建築工業株が積算を行った。

*木造平屋倉庫・144.00 m²・屋根：和瓦たるきあらかし・外壁：CLT あらかし

CLT 材積 = 41.55 m³

積算金額=金 44,334,000 円

上記結果になった。

- ① 予算を大幅に上回る金額になったこと。
- ② 外壁の CLT あらかしについては、CLT 供給側から剥離の危険性があることを指摘され、できればあらかしにして欲しくないとの申し出により取りやめにする。

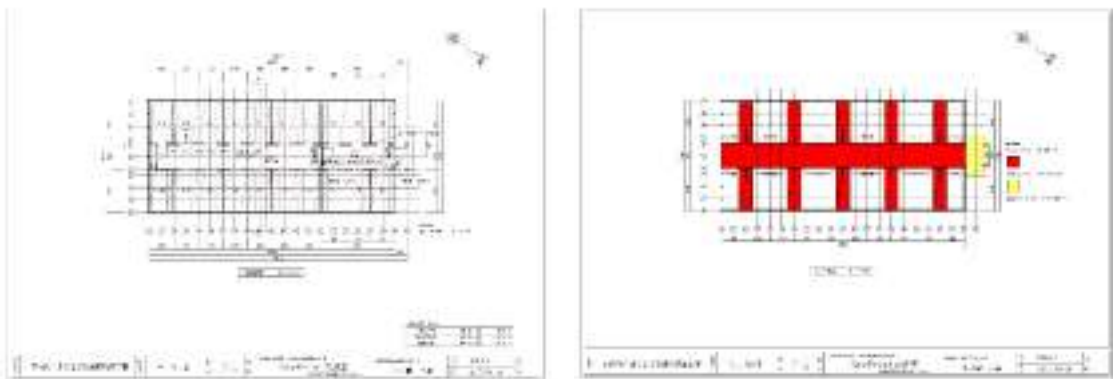
上記のことを協議会にて検討・調整することにした。

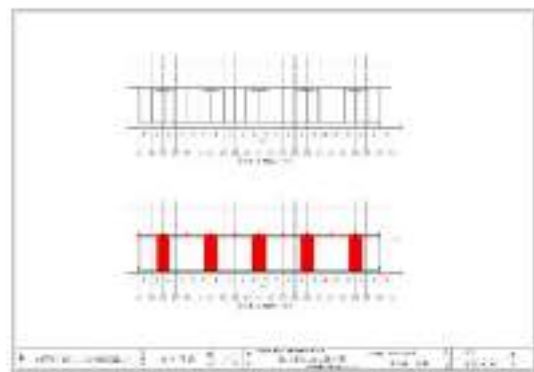
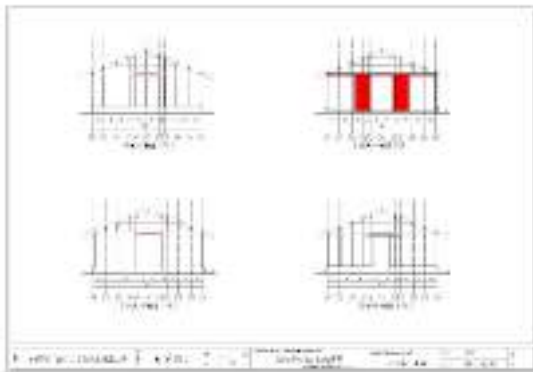
コストダウンのために、CLT 部材を、強度上問題が無いことを確認の上、3層3プライ90mm厚に変更。

外周を在来工法で組むため、尺モジュールに変更。

強度上まだまだ余力があるということで、外周の耐力壁を全て無くし、内壁のみにすることと、天井パネルも耐力壁上のみにしてさらにコストを下げることにした。

構造計算で確認するために、設計を進めた。





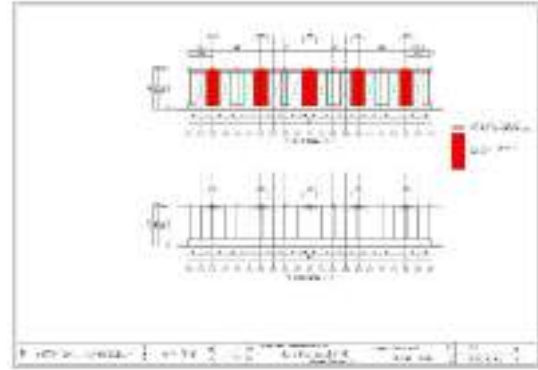
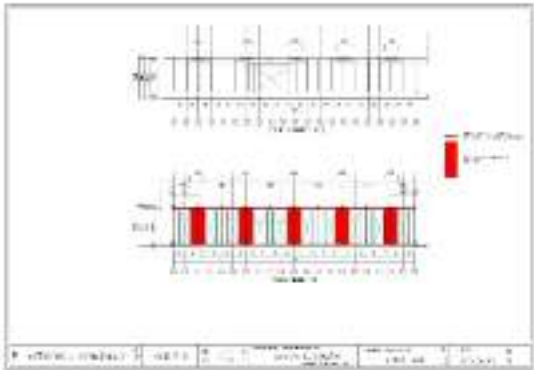
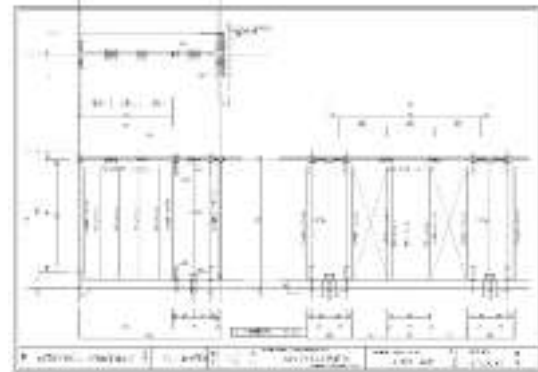
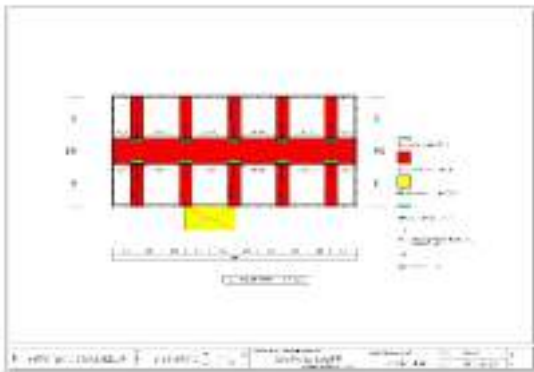
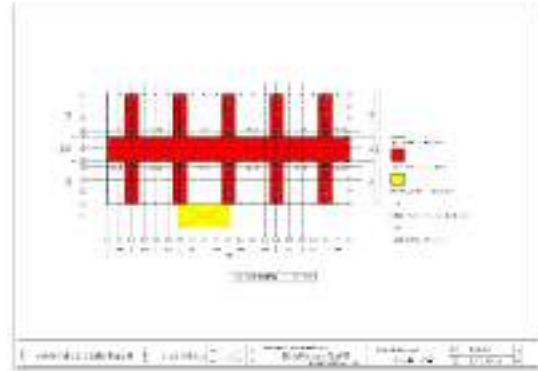
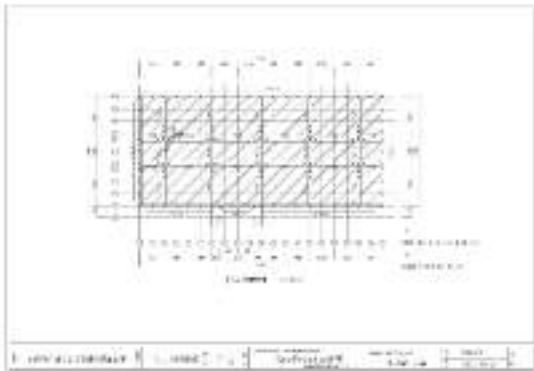
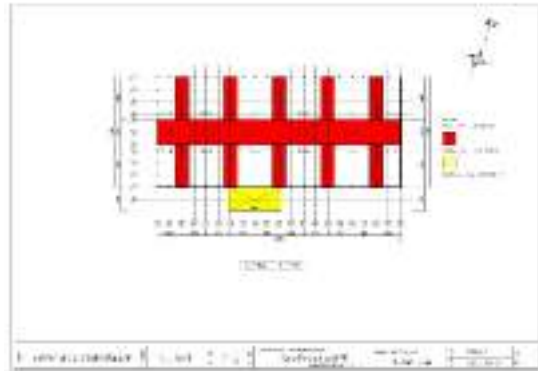
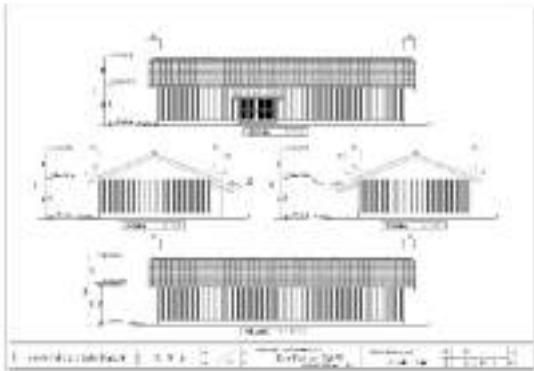
上記プランにて(株)木構堂で構造検討をして、設計を進め、構造計算を始める直前に、諸般の事情により、建設地を変更することになった。

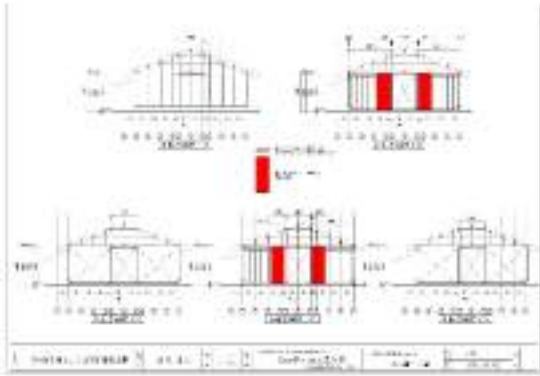
新建設地：「千葉県南房総市千倉町大貫字宮田 1439 番



新建設地では、建物の大きさを変える必要なく配置できたが、進入路の位置により建物の入り口の位置を変更して、最終設計を行った。







*木造平屋倉庫・149.06 m²・屋根：和瓦たるきあらかし・外壁：CLT あらかし

CLT 材積 = 12.6 m³

積算金額=金 30,330,000 円

以上の経緯で工事費が1,400万円減額となった。

CLT の使用材積が大幅に減少したことが一番大きな要因であった。

CLT 使用量を減らすことは、CLT の普及のために使用実績をつくるという観点からすれば、不本意ではある。しかし、現状の価格からすれば、「CLT を使うと工事費が高くなるから、やめる」と、スタートラインにも建たないことも多いかと考えられる。そこで、今回のように「CLT の強度の特性を活かして、適材適所で設計に取り入れる」という発想の転換を行うことで、CLT を普及につなげる第一歩になるのではないかと考える。

(2) 施工の実証について

・基礎工事（アンカーボルト固定フレームの設置）

今回、CLT の施工の中で一番悩み話し合いをした部分である。アンカーボルトの立上げ位置の精度を2mm以内に納めるという精密せこうに為、携わる工務店・基礎業者・鐵工所が集まり打合せを行った。その結果アンカーボルトを固定するフレームを作成することにした。CLT 垂直パネルの数を減らしたことでアンカーボルトの本数が80本になったのは幸いだった。また、パネルが連続していないこともフレームの形状、設置に優位に働いた。基礎工事の配筋施工中に位置がずれてしまわないよう、厚めの捨てコンに差し筋で溶接固定を行いレベルと位置の調整を行った。今回は土間への立上げということで、アンカーボルトの長さがL=400mmと短く、フレームもH=350mmで作成し比較的スムーズに設置を行うことができた。コンクリート打設前に最終の位置確認を行ったがフレームがしっかり固定されていた為、アンカーボルトの位置がずれていなかった。



・脚部 CLT 固定金物設置

CLT の建て方をスムーズに行うためには、CLT 固定金物を正確な位置に設置することが重要になる。今回は CLT パネルの量が比較的少ないため、CLT の固定金物の量も引っ張り金物が 40 個とせん断金物が 20 個と少なく、スムーズに正確な位置に設置する方法を検討した。T 字に立てる巾 1m の CLT パネルの脚部にせん断金物が 2 個と引っ張り金物が 4 個設置することになる。今回の仕様は土台無しで CLT パネル直置きのため、横に並ぶ金物の位置が平行でなければならない。この 6 個の金物を正確な位置に固定する為、T 型の治具を作成することにした。この治具は CLT パネルのサイズに合わせてあるので、6 個の金物のレベルを確認し T 字の治具をはめて一度に位置の調整を行いスムーズに固定することができた。



・CLT 材の搬入

今回使用した CLT は 11.5 m³と少なく 10 t 車 1 台で運搬することができた。現場入口が狭いため、近くで 7 t ユニックに積み替え 2 往復で搬入完了した。CLT の垂直パネルは全て同じ形状で、水平パネルは 3 種類と全部で 4 種類しかなく置く場所のスペースを抑える事ができた。しかも、積み込む順番や降ろす順番をさほど考える必要がなく 2 時間も掛からず搬入を終えることができた。



・建て方

構造はあくまで CLT だが、外周部は在来軸組ということで施工手順をシミュレーションし従事者全員で共有し臨んだ。初めての CLT 工法の施工だったが、シミュレーションのおかげで順序よく施工することができた。CLT パネルの形状の種類が少ないということでパネルに番付けをする手間もなく、パネルを送る側も間違えずスムーズに作業することができた。T 字になる垂直パネルを金物の干渉を避ける為に隙間を設けたことで、各パネルの垂直を安易に調整し固定することができた。小屋組みは在来軸組みで施工した。水平面の CLT パネル上部には金物の座金やボルトが出るため、干渉部分への掘り込みが必要になる。同規模の在来軸組工法の場合、約 2 日間で屋根の防水まで施工可能である。今回も目標は 2 日間で防水シート施工までとした。



・竣工写真



(3) 測定試験：常時微動測定

ア 概要

専門家委員として、本協議会に協力してくださった岐阜県立森林文化アカデミーの小原勝彦准教授に本建築物の常時微動測定を行っていただいた。

結果は、以下のとおりである。

【要約】

本建築物の固有振動数は、東西方向・南北方向ともに 9Hz 以上であり、最近の一般 2 階建て木造住宅の固有振動数は 5.5～6.5Hz 程度であることを考えると、非常に高い剛性を有する建物であるといえる。また、壁量充足率では建築基準法の基準に対して、5.76 倍となっている。

以上から、CLT 工法を採用した本建築物は非常に高い耐震性能を備えた建物であるといえる。

常時微動測定による建物の荷重－変形関係（バイリニアモデル）の推定では、剛性は東西方向で 6290 kN/m、最大耐力は東西方向で 241kN であった。構造設計時の剛性は、【許容耐力 150 kN】× 1 / (高さ【2.895 m】×【許容耐力時の変形角 1/150 rad】) = 6218 kN/m である。構造設計時の最大耐力は、【許容耐力 150kN】× 3 / 2 = 225kN と推定できる。従って、常時微動測定から推定した剛性・最大耐力は構造設計時の剛性・最大耐力を概ね捉えていることが分かった。

CLT 工法建築物の竣工時の常時微動測定の測定数を増やして、構造性能の検証を続けていくことで、CLT 工法建築物の建設後の構造性能（剛性・最大耐力など）の効果測定として、常時微動測定を利用していくことが可能になると考えられる。

イ 常時微動測定の結果

固有振動数

測定時の各方向について、測定波形および測定データを FFT 解析したものを図 3.1.1～3 に示し、読みとった固有振動数及び固有周期を表 3.1.1 に示す。

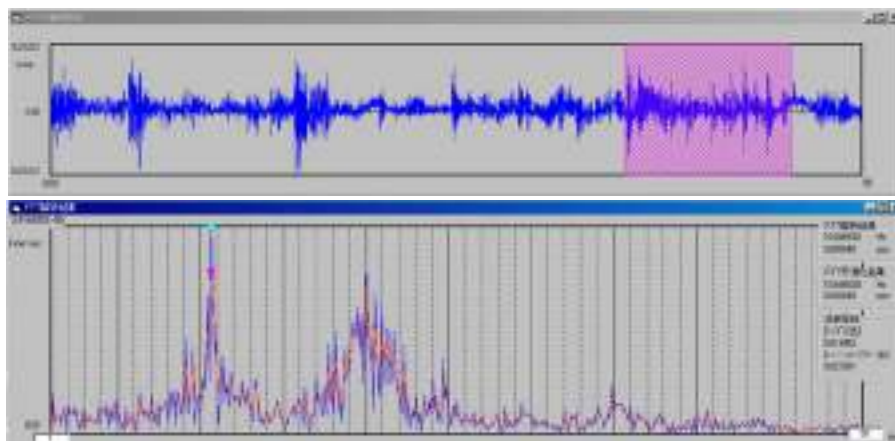


図 3.1.1 東西方向

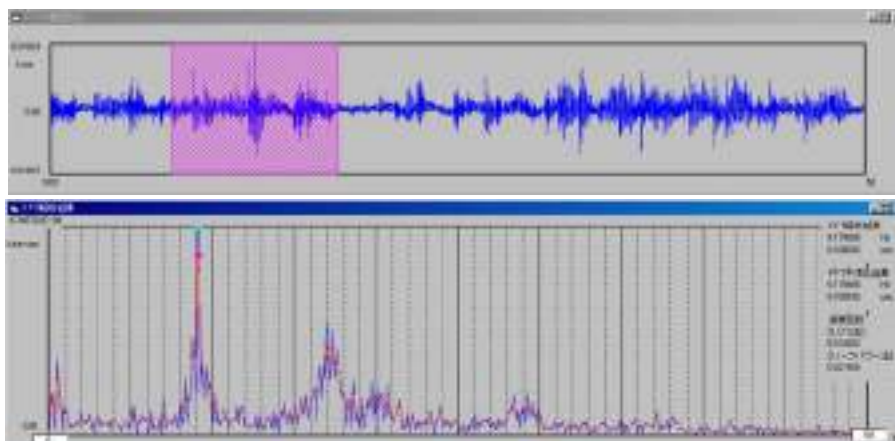


図 3.1.2 南北方向

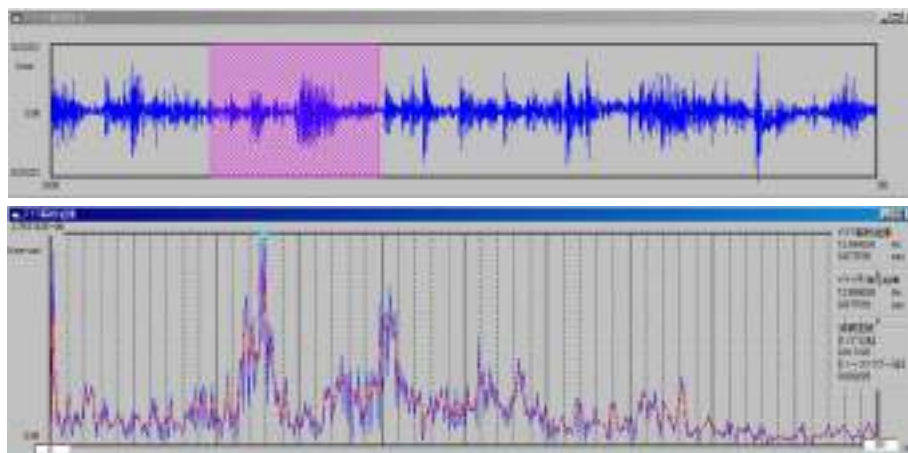


図 3.1.3 ねじれ方向

固有振動数は、東西方向で 10.6Hz 程度であり、南北方向で 9.1Hz 程度である。最近の一般 2 階建て住宅の固有振動数は 5.5～6.5Hz 程度であることを考えると、非常に高い剛性を有する建物である。

表 3.1.1 本物件の常時微動測定の結果(2017.12.11 測定)

各方向	固有振動数 Hz	固有周期 sec	減衰定数
東西方向	10.644	0.094	0.014
南北方向	9.179	0.109	0.013
ねじり方向	12.890	0.078	0.017
一般の木造2階建住宅	5.5～6.5程度	0.15～30.181程度	0.02～0.05程度

ウ 壁量充足率の推定

(ア) 平均値推定による比較

常時微動測定の固有振動数 f_m を用いて壁量充足率 L_d/L_n を、 $L_d/L_n = (f_m / 5.5242)^{1/0.29}$ の式 (平均値推定) により推定する。

本物件の固有振動数から推定した壁量充足率

$$\text{東西方向} : L_d/L_n = (10.644 / 5.5242)^{1/0.29} = 9.598$$

$$\text{南北方向} : L_d/L_n = (9.179 / 5.5242)^{1/0.29} = 5.760$$

上記より、常時微動測定の固有振動数より推定した壁量充足率は東西方向で 9.598、南北方向で 5.760 となる。これは、現在の建築基準法で必要とされている耐力壁の量を 1.0 とした時の割合を現している。

(イ) 下限値推定による比較

常時微動測定の固有振動数 f_m を用いて壁量充足率 L_d/L_n を、 $L_d/L_n = (f_m / 7.7824)^{1/0.29}$ の式 (下限値推定) により推定する。

本物件の固有振動数から推定した壁量充足率

$$\text{東西方向} : L_d/L_n = (10.644 / 7.7824)^{1/0.3498} = 2.448$$

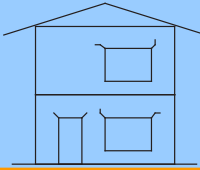
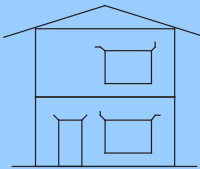
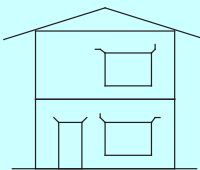
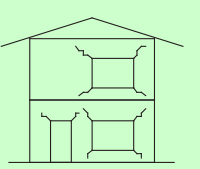
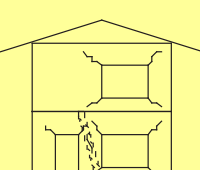
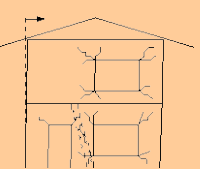
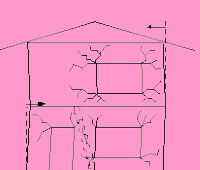
$$\text{南北方向} : L_d/L_n = (9.179 / 7.7824)^{1/0.3498} = 1.603$$

上記より、常時微動測定の固有振動数より推定した壁量充足率は東西方向で 2.448、南北方向で 1.603 となる。これは、現在の建築基準法で必要とされている耐力壁の量を 1.0 とした時の割合を現している。

エ 実大建物の振動実験の破壊概要との比較

実大2階建て建物の振動実験では、固有振動数が5.0Hz以上の建物に対して、阪神大震災レベルの強い地震動を入力した場合に、内外装材に多少亀裂が生じた程度であった。

表 3.3.1 実大振動実験の破壊概要（総じたもの）との比較

加振前の固有振動数 Hz	実大振動実験結果を 総じた結果	模式図	損傷程度
本物件 6.5Hz以上	【新築木造建築を超えている値】 躯体被害ほとんどなし 内外装材の開口部に亀裂 残留変形無し		軽微
5.5～6.5Hz	【新築木造建築の平均的な値】 躯体被害ほとんどなし 内外装材の開口部に亀裂 残留変形無し		軽微
5.0Hz以上	躯体被害ほとんどなし 内外装材の開口部に亀裂 残留変形無し		軽微
4.5～5.0Hz	躯体に被害有り 内外装材の亀裂進展 残留変形無し		小破
3.5～4.5Hz	筋かい座屈破壊、接合部引張破壊 土台割れ 接合金物の釘浮き 残留変形1/350程度		中破
2.5～3.5Hz	躯体被害甚大 接合部破壊、部材亀裂有 残留変形1/50程度		大破
2.5Hz以下	躯体被害甚大 逆位相確認 通し柱折損(亀裂)		大破(倒壊)

オ 建物の弾性剛性と最大耐力の推定

常時微動測定の固有振動数 f_m を用いて、建物の弾性剛性を $K_e = 1658.6 \times f_m^{0.5436}$ の式により、建物の最大耐力を $Q_{max} = 0.4878 \times f_m^2 + 10.749 \times f_m + 72.039$ の式により推定する。また、中地震及び大地震における応答スペクトルを略算により求め必要耐力曲線としたものと、建物の弾性剛性及び最大耐力から建物の荷重－変形関係（変形性能は $1/15\text{rad.}$ と仮定する）を求め、両者を比較する。

本物件の建物の構造性能を推定すると、表 3.4.1 となる。

表 3.4.1 建物の弾性剛性と最大耐力の推定値

各方向	弾性剛性 kN/m	最大耐力 kN	降伏変位 cm
東西方向	6290	241.7	3.84
南北方向	5786	211.8	3.66

これらの性能を2直線（バイリニア）の荷重－変形関係として、中地震及び大地震での必要耐力曲線とともに図 3.4.1 に示す。

建物の東西方向変形は中地震時に降伏変位（東西方向：約 3.8cm）以下であり、1.5cm 程度変形する。東西方向では、大地震時に 3.0cm 程度変形する。

建物の南北方向変形は中地震時に降伏変位（南北方向：約 3.6cm）以下であり、1.5cm 程度変形する。南北方向では、大地震時に 3.5cm 程度変形する。

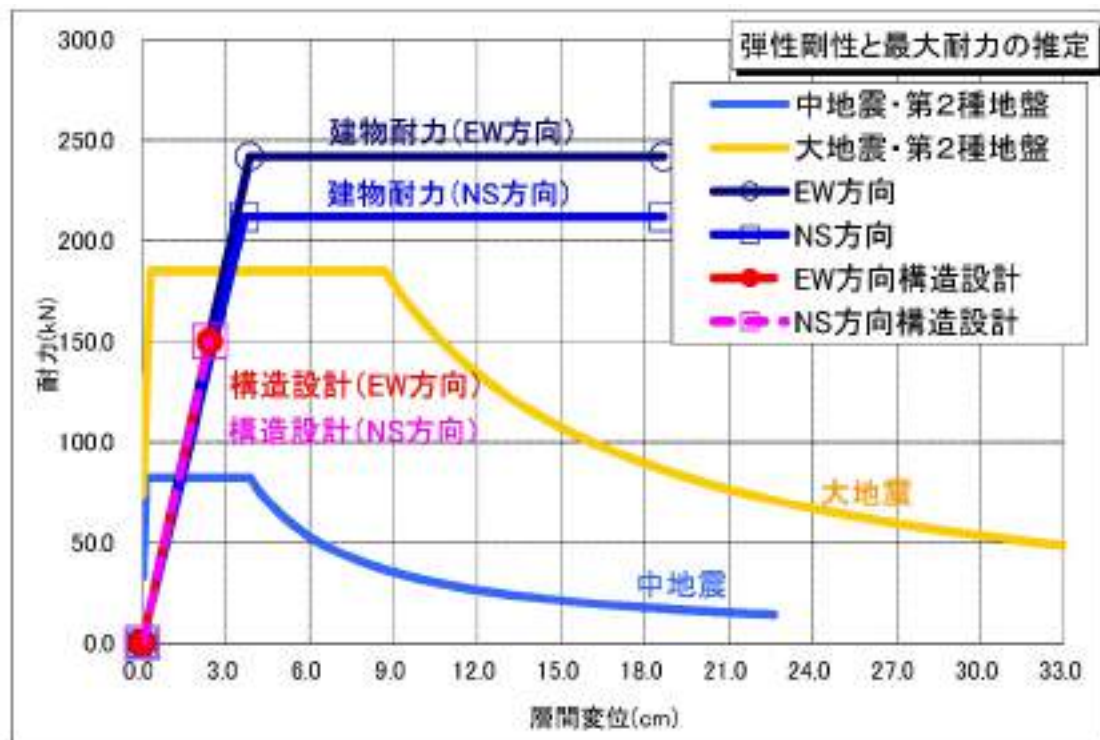


図 3.4.1 建物の荷重－変形関係（バイリニア・推定値）