

## 2. 5 (有)ポルト企画／ライフデザイン・カバヤ(株)

### 2. 5. 1 建築物の仕様一覧

事業名		(仮称)大宮区大門町テナントビル5階建てプロジェクト新築工事の設計実証		
実施者(担当者)		有限会社ポルト企画(ライフデザイン・カバヤ株式会社)		
建築物の概要	用途	店舗		
	建設地	埼玉県さいたま市		
	構造・工法	鉄骨造 ※CLT壁パネルによる耐震壁利用		
	階数	5		
	高さ(m)	26.325m		
	軒高(m)	25.875m		
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	338.95m <sup>2</sup>		
	建築面積(m <sup>2</sup> )	222.23m <sup>2</sup>		
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	1,171.48m <sup>2</sup>		
	階別面積	1階	198.00m <sup>2</sup>	
2階～5階		各243.00m <sup>2</sup>		
CLTの仕様	CLT採用部位		耐震壁	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )		予定使用量82.93m <sup>3</sup>	
	壁パネル	寸法	210mm厚、270mm厚	
		ラミナ構成	9層9プライ、5層7プライ	
		強度区分	S90A相当	
		樹種	ヒノキ	
	床パネル	寸法	—	
		ラミナ構成	—	
		強度区分	—	
		樹種	—	
	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(CL T以外の構造材)		柱：カラマツ耐火集成材
木材使用量(m <sup>3</sup> )※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CL T以外とする		9.02m <sup>3</sup>		
仕上	主な外部仕上	屋根	アスファルト防水	
		外壁	押出成形セメント板(厚60)	
		開口部	アルミサッシ+二層複層ガラス(Low-E、断熱ガス、日射遮蔽型、中空層幅12mm)	
	主な内部仕上	界壁※防火壁	強化PB21×2+LGS下地	
		間仕切り壁	—	
		床	普通コンクリート・デッキプレート造床+乾式2重床+ビニルタイル	
構造	天井	システム天井ボード岩綿吸音板		
	構造計算ルート	ルート3		
	接合方法	鋼板挿入ドリフトピン形式		
	最大スパン	8.50m		
問題点・課題とその解決策		課題・中層テナントビルを対象としたCL T利用方法の検討及び他工法との比較。 ・CL Tのせん断性能を活かした耐震壁構面の性能把握、接合金物の仕様選定。 解決策・CL Tパネルの周囲を鉄骨フレームで拘束。 ・CL Tパネルの圧縮ストラット効果、軸接合部を省略し高耐力を引出す。		
防火	防火上の地域区分		準防火地域	
	耐火建築物等の要件		有	
	本建築物の耐火仕様		2時間耐火：1階、1時間耐火：2～5階	
	問題点・課題とその解決策		特に無し	
温熱	建築物省エネ法の該当有無		有	
	温熱環境確保に関する課題と解決策		CL T壁パネル頭、脚部の接合部における熱橋処理として無収縮モルタルを充填施工	
	主な断熱仕様(断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	グラスウールボード：50mm	
		外壁	高性能グラスウール：90mm	
床		押出法ポリスチレンフォーム：30mm		
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		岩綿吸音板仕上げとすることで、音の反響を抑え、静かな環境を保つよう検討中。	
	建て方における課題と解決策		鉄骨躯体工事時にCL T壁パネルがスムーズに設置出来るようポルト接合として検討。	
	給排水・電気配線設置上の工夫		—	
	劣化対策		—	
工程	設計期間	2024年1月～2024年4月(3カ月予定)		
	施工期間	2024年8月～2025年7月(12カ月予定)		
		CL T躯体施工期間	2024年10月下旬～(1カ月予定)	
	竣工(予定)年月日	2025年7月		
体制	発注者	有限会社ポルト企画 代表取締役 大河内 一利		
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)	基本、実施設計：ライフデザイン・カバヤ株式会社		
	構造設計者	基本、実施設計：株式会社構造計画研究所		
	施工者	近藤建設株式会社		
	CL T供給者	銘建工業株式会社(予定)		
ラミナ供給者	中国林業株式会社(予定)			

## 2. 5. 2 実証事業の概要

実証事業名：(仮称)大宮区大門町テナントビル5階建てプロジェクト新築工事の設計実証  
 建築主等/協議会運営者：(有)ポルト企画/ライフデザイン・カバヤ株式会社

### 1. 実証した建築物の概要

用途		店舗		
建設地		埼玉県さいたま市		
構造・工法		鉄骨造 ※CLT 壁パネルによる付加耐震壁利用		
階数		5		
高さ (m)		26.325	軒高 (m)	25.875
敷地面積 (m <sup>2</sup> )		338.95	建築面積 (m <sup>2</sup> )	222.23
階別面積	1階	198.00	延べ面積 (m <sup>2</sup> )	1,171.48
	2階～5階	243.00		
	—	—		
CLT 採用部位		耐震壁		
CLT 使用量 (m <sup>3</sup> )		建築物使用量 82.93m <sup>3</sup>		
CLT を除く木材使用量 (m <sup>3</sup> )		9.02m <sup>3</sup>		
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)		
	壁	210 mm厚、270 mm厚/ 7層7プライ、5層7プライ/ S90A相当/ヒノキ		
	床	—		
	屋根	—		
設計期間		2024年1月～2024年4月 (3ヵ月予定)		
施工期間		2024年8月～2025年7月 (12ヵ月予定)		
CLT 躯体施工期間		2024年10月下旬～ (1ヵ月予定)		
竣工 (予定) 年月日		2025年7月		

### 2. 実証事業の目的と設定した課題

中層規模のテナントビルを計画しており、コア部に耐力壁を集約するため高耐力の CLT 壁が必要となる。CLT 耐震壁の周囲を鉄骨造のフレームで拘束することで、CLT パネルのせん断性能を最大限に発揮できる見込みがあるが、接合部の仕様や変形性能についてのデータが不足しており、解析的検討により構造特性値を確認する必要がある。今回実証する構法は、共用部を集約したコア型配置プランの中層建物に流用可能であり、汎用性・普及性が高い。

### 3. 協議会構成員

(設計) ライフデザイン・カバヤ株式会社：守谷和弘(協議会運営者)、平田拓也、竹内幸生、  
難波和也、藤本和典、小宮秀則、市村直也  
(構造方針統括監理) 京都大学：五十田博、広島大学：森拓郎、株式会社ティックス：辻拓也  
(構造設計) 株式会社構造計画研究所：篠原昌寿、野田卓見、ユジェルメラル、金弘宗、  
荒幡俊勝  
(施工) 近藤建設株式会社：安川愛真、吉田卓生  
(原木供給・材料) 銘建工業株式会社：田中宏明、車田慎介、西本将晴  
(金物) BX カネシン株式会社：榎田剛、中村益久

### 4. 課題解決の方法と実施工程

本施設の与条件を整理し、壁配置および接合部の目標性能を整理する。協議会において、接合部の最適納まり等を議論し、汎用性、低コスト化の検討を行う。構造設計が中心となり接合部仕様、試験条件をとりまとめ、構造性能確認のための実験を行う。

#### <協議会の開催>

令和5年9月20日：第1回開催、問題点洗い出し  
令和5年10月26日：第2回開催、実施設計前確認  
令和6年1月31日：第3回開催、実施設計後確認  
令和6年2月6日：第4回開催、構造・環境・評定打合

#### <設計>

令和5年11月中旬：設計契約  
令和5年11月上旬：実施設計  
令和5年11月：構造設計  
令和6年2月：実証事業報告書まとめ

#### <性能確認>

令和6年5月：試験を断念し、工法評定取得へ変更

## 5. 得られた実証データ等の詳細

設定した課題において次の結果が得られた。

### 圧縮ストラットに期待した CLT 耐震壁の構造特性値の取得

本建物では CLT をコアの耐震壁として利用するため、両側の近接した位置に鉄骨柱が存在する。よって本設計では圧縮ストラットを積極的に活用する方針とした。圧縮ストラットに期待した CLT 耐震壁の性能については、詳細モデルを用いた解析的検討を行っており、軸接合部を省略した仕様でも、終局時の CLT パネルのせん断応力度  $\tau_u$  が約  $1.9\text{N/mm}^2$  程度となる性能が確認できた。よって、本設計では CLT 耐震壁の軸接合部を省略し、せん断接合部のみを配置する。

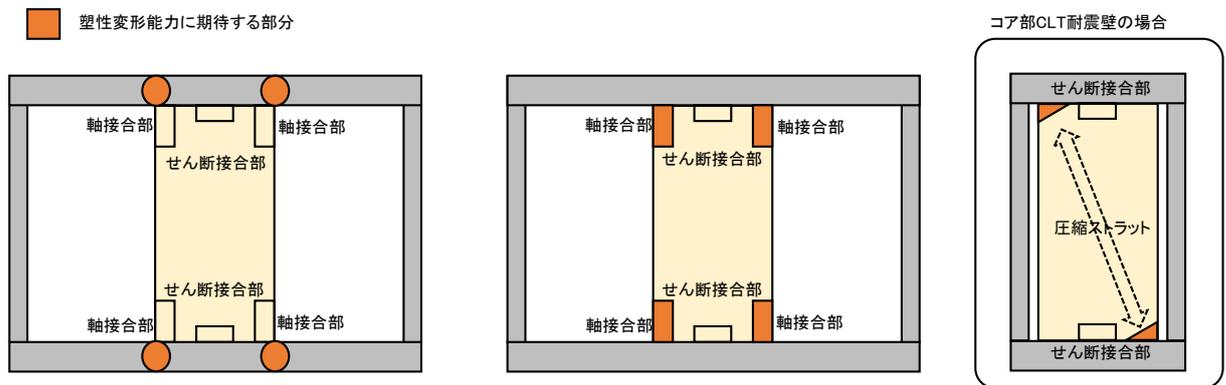


図 CLT 耐震壁の崩壊形

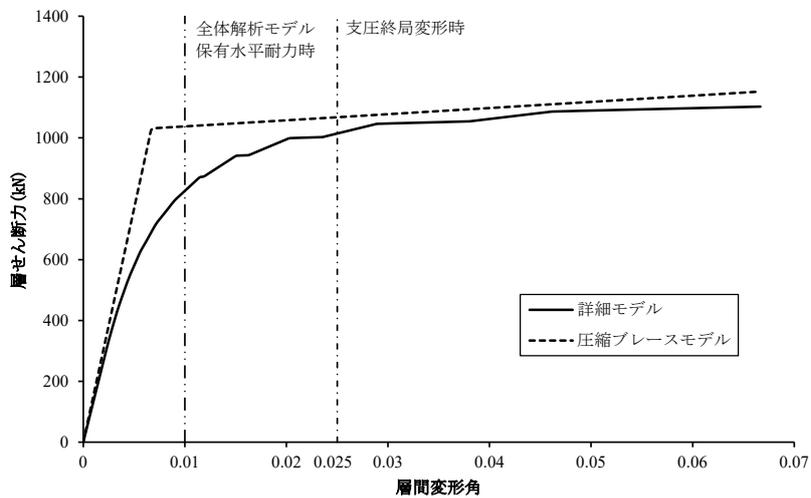
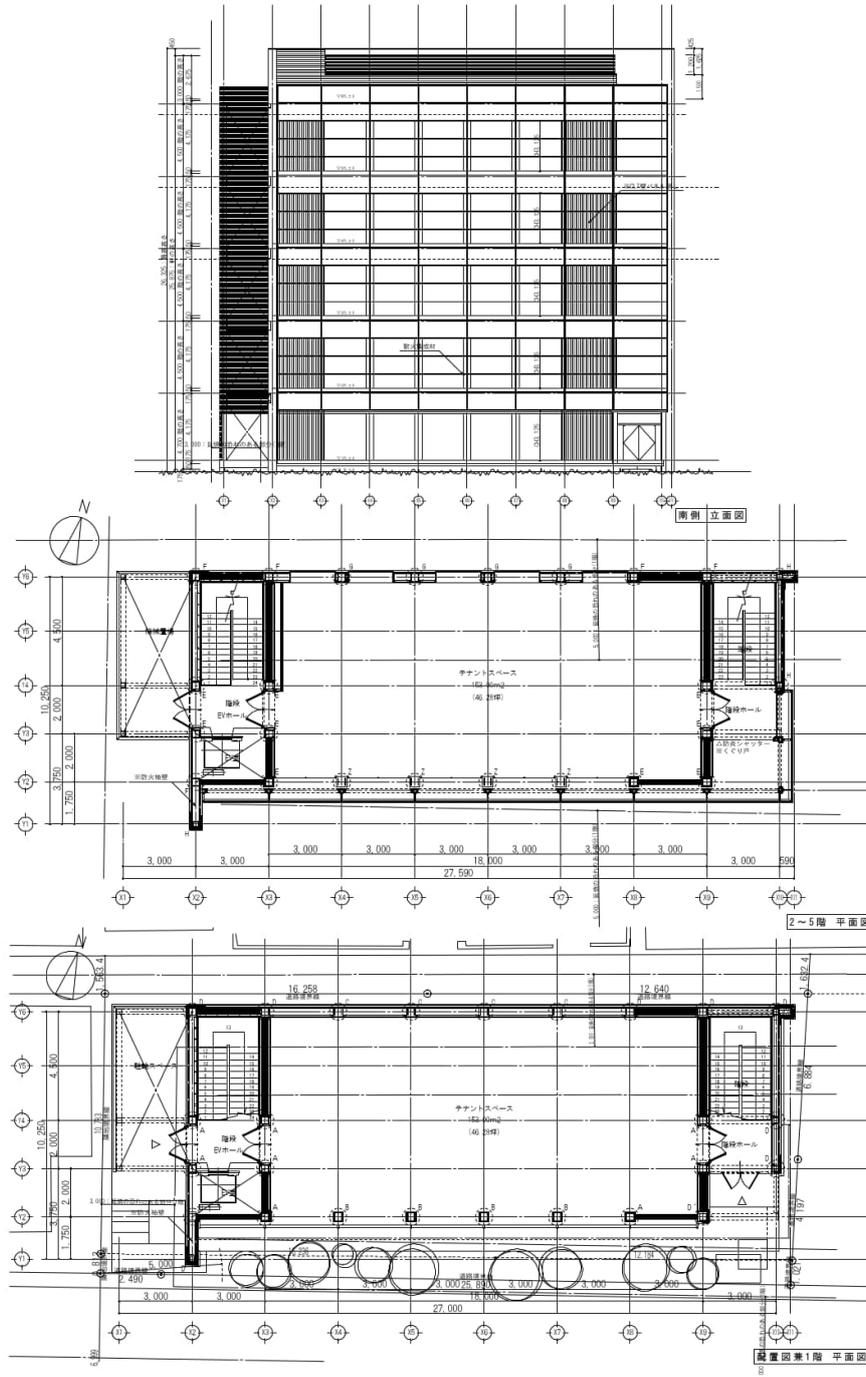


図 CLT 耐震壁の荷重変形角関係

## 6. 本実証により得られた成果

中層テナントビルでコア部分に耐力壁を集約する計画の場合に、圧縮ストラットに期待することで CLT 耐震壁の接合部を一部省略しつつ高耐力を発揮させることができた。現状では非木造で計画されているコア集約型プランの様々な用途の建築物で、本事業の CLT 耐震壁部分の考え方を適用でき、成果を広く普及できる。

## 7. 建築物の平面図・立面図・写真等



## 2. 5. 3 成果物

### 1. 意匠計画：“街と人をつなぐ” 施設づくり

本プロジェクト計画地近隣において大きな再開発事業が開始します。

※都市再生緊急整備地域(大宮駅周辺地域)における都市の再生、土地の合理的かつ健全な高度利用と都市機能の更新を図るため、都市再生特別地区を決定。

#### ◆決定理由

本地区は、都市再生緊急整備地域の整備方針を踏まえた都市再生の取組(大規模・高規格のオフィス整備、ウォーカブルな歩行者環境の整備、防災機能の強化・環境負荷低減への対応)によって、本地区及び大宮駅周辺における都市の再生とともに、土地の合理的かつ健全な高度利用と都市機能の更新を図るため、都市再生特別地区の都市計画の決定を行うものです。

※さいたま市 HP より

#### 1. 0. 基本方針

さいたま市が推進する「グリーンインフラの形成」や「ウォーカブルなまちづくり」に期待されます。そこで近接する施設の役割として行き来することが楽しくなるような緑豊かな空間のある施設づくりを実現します。

#### 1. 1. 視界に飛び込む“構造美を備えた CLT パネル ”

本プロジェクトにおいて構造要素と意匠要素の意味を持つ CLT パネルがファサードにアクセントを与えると共に街の空間を明るくします。

#### 1. 2. ファサード(南側)に広がる緑地を備えた“濡縁 ” が心地よい空間をつくる

街なかにかこそ必要な気軽に腰を下ろせる空間を持つことで魅力的な歩けるまちづくりに繋がります。

#### 1. 3. “成長する建築 ”

自然や木材を扱う事はその後の成長を管理する事を指します。施設内外で自然を感じる建築を目指します。



※完成イメージ図

## 2. 構造計画

### 2.1. 基本方針

本建物は各階に異なる事業者が入る 5 階建てのテナントビルである。テナントスペースの収益性を考慮すると、ひとまとまりの開放的な空間を中央に配置することが望ましく、耐震壁をコア内へ集約する計画とした。また各階テナント間の遮音性等に配慮し、スラブは RC スラブを採用する計画である。よって本建物の重量は純木造で計画される場合よりもかなり大きく、コア部の耐力壁には高耐力が求められる。また本建物で構造利用できる単位面積あたりの壁量は約  $5\text{cm}/\text{m}^2$  である。一般的な鉄骨造と同様の床仕様で単位面積あたり  $10\text{kN}/\text{m}^2$  の地震用重量を想定すると、中地震時に本建物の 1 階の壁に求められる性能は約  $200\text{kN}/\text{m}$  (壁倍率 100 倍相当) である。

本建物のように複数の事業者が入居するテナントビルで同規模のものは、現状では多くが非木造で計画されており、木材利用普及のターゲットとして潜在的な需要が見込まれる。これらの建物に対して、事業主の収益性や利用者の利便性を損なうことなく、木材利用によって付加価値を高めることができれば、普及性の高い計画となる。本プロジェクトでは基本計画時に合理的な木材利用の形式についてスタディを行った。次ページの表に A 案～E 案のスタディ結果を示す。

A 案は純 S ブレース構造案であり、木材利用を計画する上でベンチマークとなる一般的な工法である。B 案は S 造のブレースを CLT 耐震壁に置き換えた案で、CLT 壁の現しが可能である。建物利用者に対して、視覚的に木材利用の価値を訴求できる。C 案はコア部分を RC 造と CLT パネル工法の立面混構造とし、コア以外の部分を鉄骨造で計画した案である。CLT 耐力壁に耐火性能が要求されるため、本案では CLT 耐力壁を石膏ボードで被覆する計画である。D 案はコア部分を RC 造とし、コア以外の部分を耐火集成材で木造とする平面混構造案である。耐火部材を採用することで、テナントスペースの柱梁を現すことが可能である。E 案は D 案の耐火集成材を S 造に置き換えた案であり、木材利用はない。それぞれの案について、コア部の必要性能、概算部材断面、概算工事費、概算工期を算出し比較した。

木材利用が含まれる B・C・D 案のうち、概算工事費だけに注目すると B 案が最も合理的であることが分かる。C 案は CLT 耐力壁が鉛直荷重も負担する分、B 案よりも厚い CLT 壁で抵抗する必要があり CLT の数量が多くなる傾向がある。鉄骨柱を削減できるメリットはあるが、トータルで C 案の方が工事費は高くなっている。D 案は耐火集成材の単価・数量が大きいことや湿式工事の比率が大きいことが工事費を押し上げており、B・C・D 案の中では最も高い結果になった。また木部材現しの観点で、C 案の CLT 壁は石膏ボードで被覆されるため、視覚的な付加価値の訴求が難しくなる。D 案は耐火集成材によりテナントスペースの大部分を現し可能であるが、空間イメージとマッチしたテナントに限定される懸念もある。

以上を踏まえ、本プロジェクトでは B 案を採用し、南面ファサードに限定した木質化と CLT 耐震壁現しを計画した。本計画の木材利用による建物価値の向上を定量的に評価することは難しいが、少なくとも A 案の純 S 造に対して工事費用の増加は最小限に抑えなければならない。そのためには CLT 耐震壁の性能を最大限に活かす必要がある。



S造にCLT耐震壁を組み込んだ鉄骨架構の構造性能については、基準法整備促進事業<sup>1</sup>にて検討が進められており、構造特性係数 $D_s$ は終局時のCLT負担割合 $\beta_u$ に応じて下表のように提案されている。本建物ではCLT耐震壁の性能を最大限に発揮させる方針とするため、目標 $D_s$ は $\beta_u$ の最も高い場合の $D_s=0.5$ を参考に設定した。また、全体として合理的な設計が可能になる場合は、 $\beta_u$ を下げて $D_s$ を下げる方向性も視野に入れて検討する。



		柱及びはりの部材群としての種別				
		A	B	C	D	
CLT耐力壁	$0 < \beta_u \leq 0.3$ の場合	0.30	0.35	0.40	0.45	←0.05割増し
	$0.3 < \beta_u \leq 0.7$ の場合	0.40	0.40	0.45	0.55	←0.10割増し
	$\beta_u > 0.7$ の場合	0.50	0.50	0.55	0.65	←0.15割増し

目標性能

各階の地震力算定用重量を単位面積あたり $10\text{kN/m}^2$ と想定すると、本建物の $\sum W_i$ は概算で $12250\text{kN}$ となる。上記の $D_s=0.5$ を採用して1階の必要保有水平耐力 $Q_{un}$ を算定すると、以下のようになり、これが2次設計時の必要性能である。

検討条件

階数	5	
各階床面積	245.00	[ $\text{m}^2$ ]
階高	4.50	[m]
R階	10	[ $\text{kN/m}^2$ ]
一般階	10	[ $\text{kN/m}^2$ ]

H[m]	22.5
$\alpha$	1
T[s]	0.675
Tc[s]	0.6
Rt	0.99688
Z	1
$C_0$	0.2

第二種地盤

地震力算定用重量

階	A	Wi/A	Wi	$\sum w_i$
	[ $\text{m}^2$ ]	[ $\text{kN/m}^2$ ]	[kN]	[kN]
5F	245.00	10.00	2450.00	2450.00
4F	245.00	10.00	2450.00	4900.00
3F	245.00	10.00	2450.00	7350.00
2F	245.00	10.00	2450.00	9800.00
1F	245.00	10.00	2450.00	12250.00

## 2次設計時に必要な1層耐力

$$Q_{un} = D_s \times Q_{ud} = 0.5 \times 12250 = 6125\text{kN}$$

次に上記の必要性能のうち何%をCLT耐震壁に負担させられるかを検討する。本建物ではCLT耐震壁を現しとするため、長期荷重は全てS造フレームが負担できるようにしなければならない。よって建物全体の水平抵抗要素を①ラーメンフレーム、②CLT耐力壁の2つに分けると、②を最大化させるための①の最小性能は長期荷重で決定する。①の最小性能を確認するため、CLT耐震壁を除いたフレームで長期荷重に対する最小断面を決定し、保有水平耐力を確認するとX方向で $Q_{u-s}=2300\text{kN}$ 、Y方向で $Q_{u-s}=1350\text{kN}$ であった。よって、CLT耐震壁の目標性能は全体の必要性能から①の性能を差し引いて算出すると、X方向で $Q_{u-clt}=3825\text{kN}$ 、Y方向で $Q_{u-clt}=4775\text{kN}$ になり、 $\beta_u$ は最大で0.78程度となる。

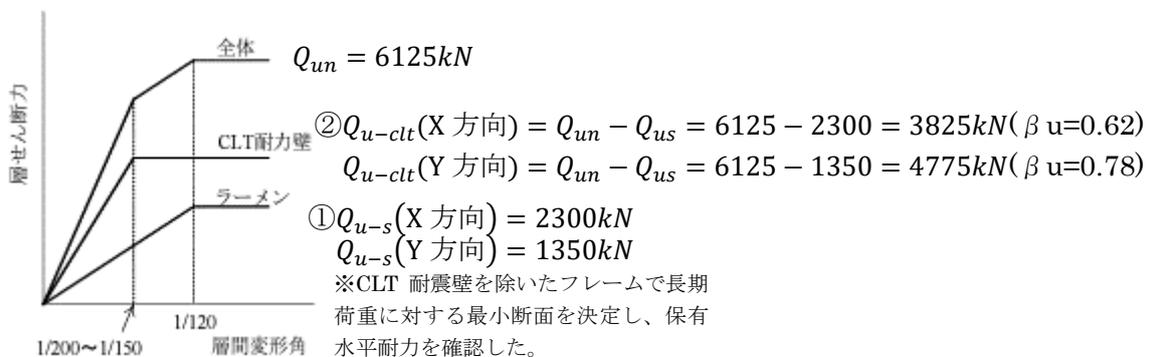


図 2.1.1 本建物の目標性能

<sup>1</sup> <https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/content/001608652.pdf>

CLT 耐震壁の目標性能を平均せん断応力度で整理すると下図のようになる。耐震壁の総長さ  $\Sigma L_w$  は X 方向で 12.0m、Y 方向で 13.0m である。終局時の平均せん断応力度  $\tau_u$  は CLT パネルの厚さによって 1.1~2.5N/mm<sup>2</sup> 程度、壁パネルのアスペクト比は概ね 1.33~2.0 程度の範囲である。文献<sup>2</sup>に鉄骨床梁を併用した CLT パネル耐力壁の終局せん断応力度について既往事例が整理されており、本建物の目標性能は実現可能な範囲であると判断した。

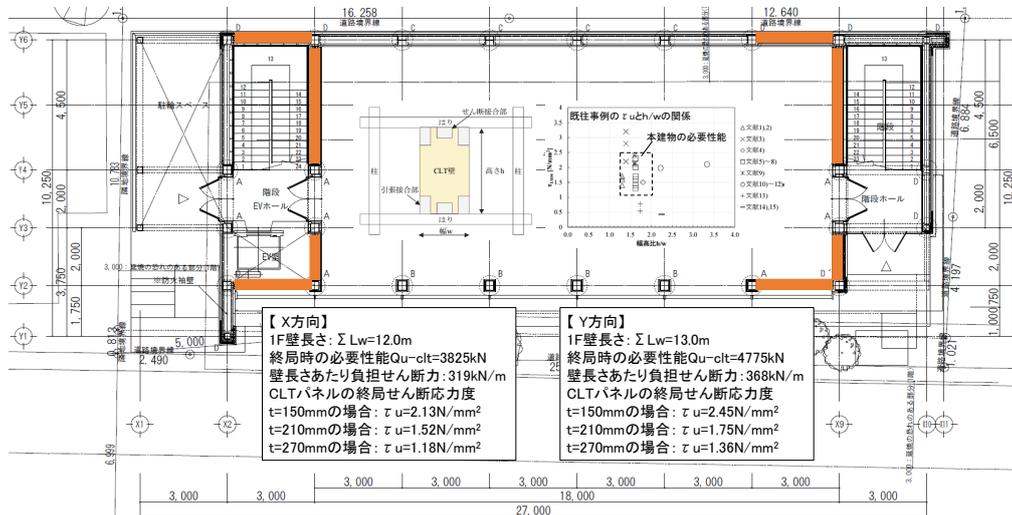


図 2.1.2 CLT 耐震壁の終局せん断応力度  $\tau_u$

CLT 耐震壁を組み入れた鉄骨フレームの崩壊形は様々なパターンが考えられる。柱スパンに対して幅の小さい壁を入れる場合、鉄骨梁の曲げヒンジや軸接合部の降伏を先行させることも考えられるが、本建物では CLT をコアの耐震壁として利用するため、両側の近接した位置に鉄骨柱が存在する。よって本設計では圧縮ストラットを積極的に活用する方針とした。圧縮ストラットに期待した CLT 耐震壁の性能については、2.4 節で詳細モデルを用いた解析的検討を行っており、軸接合部を省略した仕様でも、終局時の CLT パネルのせん断応力度  $\tau_u$  が約 1.9N/mm<sup>2</sup> 程度となる性能が確認できた。よって、本設計では CLT 耐震壁の軸接合部を省略し、せん断接合部のみを配置する。

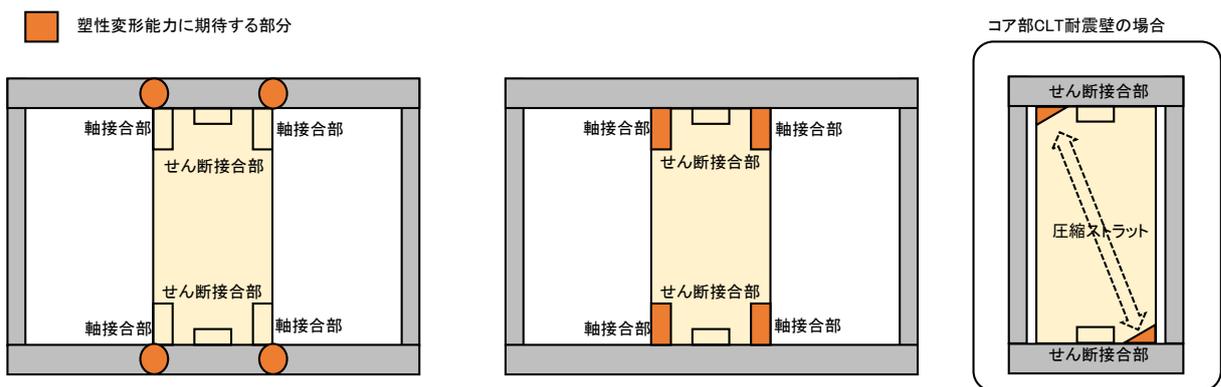


図 2.1.3 CLT 耐震壁の崩壊形

<sup>2</sup> [https://clta.jp/wp-content/uploads/2022/04/R2ho\\_tekkotuyukabariwoheiyoushitaCLTtairyokuheki.pdf](https://clta.jp/wp-content/uploads/2022/04/R2ho_tekkotuyukabariwoheiyoushitaCLTtairyokuheki.pdf)

下図に CLT 耐震壁の接合部詳細図を示す。CLT せん断接合部は鋼板挿入ドリフトピン形式を採用し、CLT 端部の支圧降伏による最大せん断耐力を上回るようにドリフトピンの本数を決定する。また挿入鋼板及びドリフトピンは工場でプレセットして現場に搬入し、鉄骨梁のガセットプレートと挿入鋼板を高力ボルトを用いて現場で接合する。

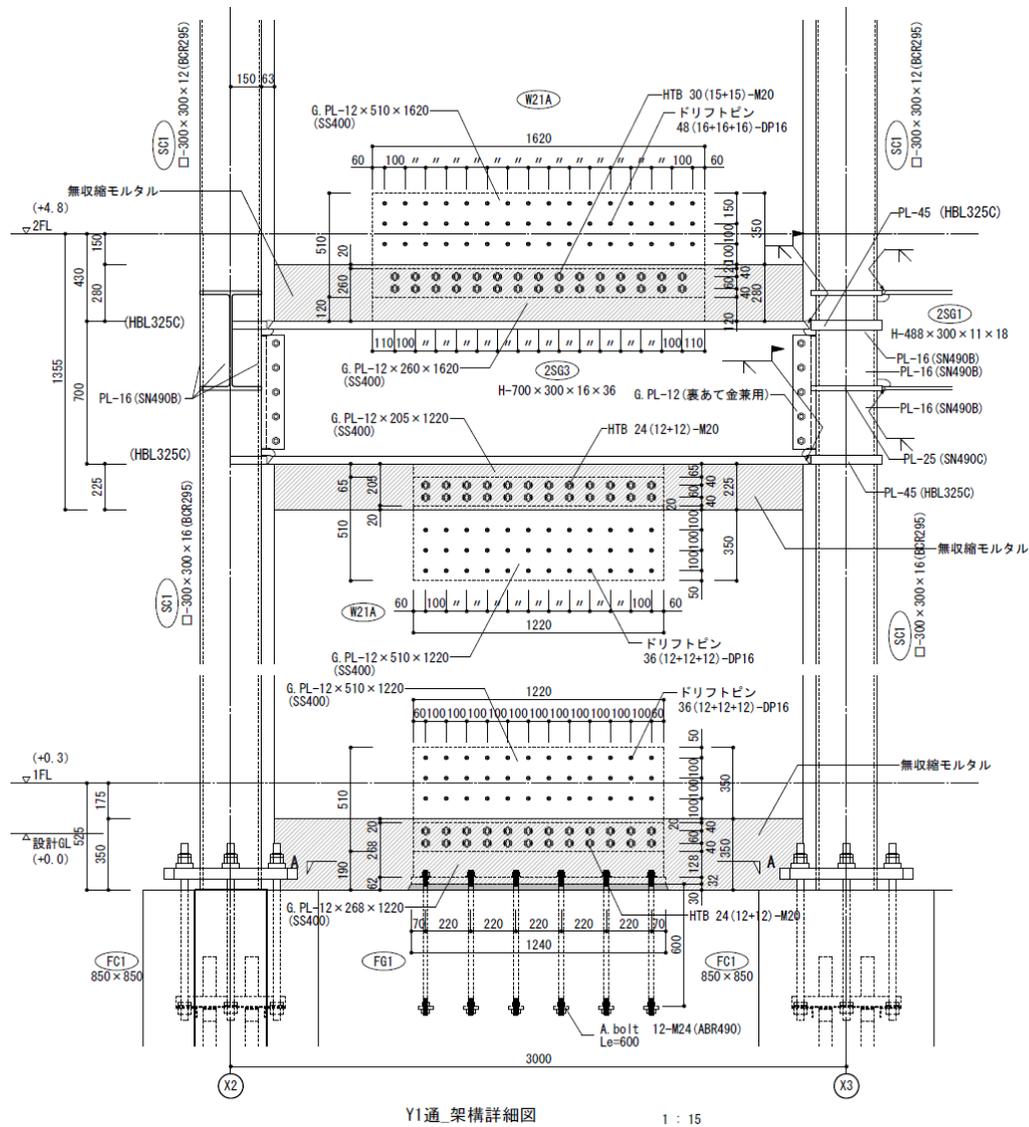


図 2.1.4 CLT 耐震壁の接合部詳細図

## 2.2. 構造設計方針

### (1) 構造種別、架構形式

構造種別： S 造

架構形式： X 方向：S 造ラーメン構造+CLT 耐震壁

Y 方向：S 造ラーメン構造+CLT 耐震壁

### (2) 重要度係数

1.00 とする

### (3) 計算ルート、適判の要否

#### ① 計算ルート

X 方向：  ルート 3  ルート 2  ルート 1

Y 方向：  ルート 3  ルート 2  ルート 1

#### ② 建築基準法第 20 条の区分

第 1 号  第 2 号  第 3 号  第 4 号

#### ③ 建築基準法施行令第 81 条の区分

第 1 項各号に掲げる規準に従った構造計算（大臣認定ルート）

第 2 項第 1 号イに掲げる構造計算（保有水平耐力計算）

第 2 項第 1 号ロに掲げる構造計算（限界耐力計算）

第 2 項第 2 号イに掲げる構造計算（ルート 2）

第 3 項に掲げる構造計算（ルート 1）

平成 28 年国土交通省告示第 611 号第八に掲げる構造計算

（CLT パネル工法による保有水平耐力計算）

#### ① 特定構造計算規準の該当

特定構造計算規準に該当  する  しない

#### ② 構造計算適合性判定の要否

構造計算適合性判定が  必要  不要

### 2.3. 全体解析モデル概要

- ・ 構造計算プログラムは SuperBuild/SS7(ユニオンシステム)を使用する。
- ・ 一時設計の弾性解析モデルと保有水平耐力時の荷重増分解析は、同じモデルを使用する。
- ・ 一貫構造計算に入力した建物の階高は、意匠階高を入力し、意匠上の FL より梁天端レベルまでのレベル差を考慮して入力をしている。
- ・ CLT 耐震壁は、既往の文献を参考に、水平方向加力に対して CLT の隅角部をつなぐ斜め圧縮力によるストラット効果を期待した等価な X 形状の圧縮ブレースによりモデル化する。

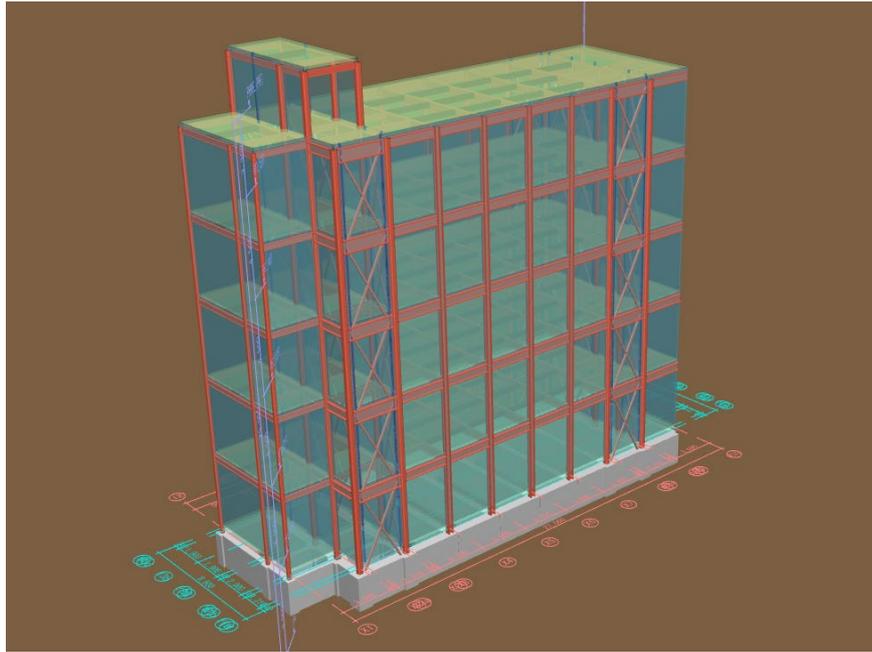


図 2.3.1 解析モデル図 (全体)

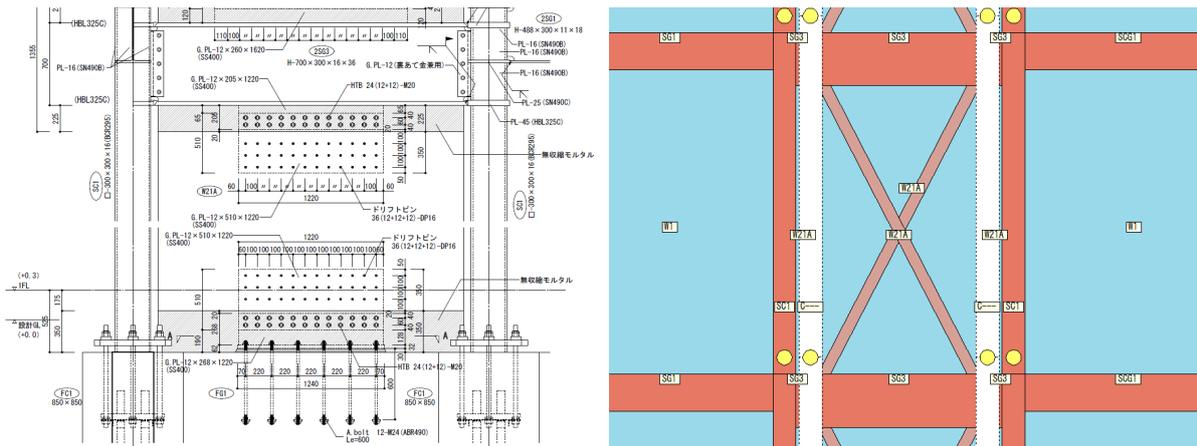


図 2.3.1 解析モデル図 (CLT 耐震壁)

## 2.4. CLT 耐震壁の設計

### 2.4.1. CLT 耐震壁の設計概要・目的

本設計では一貫構造計算プログラムで入力可能な解析モデルとして「圧縮ブレースモデル」を採用する。そのため既往文献を題材にして解析モデルの妥当性を確認する。

「圧縮ブレースモデル」の検証および CLT 耐震壁の設計は下記のフローで行う。X 方向の CLT 耐震壁（高さ:3662mm、幅:2574mm）を対象として、詳細モデルとの比較を行い精度を検証する。詳細は次項以降に示す。また、解析プログラムは MIDAS/iGen を用いる。

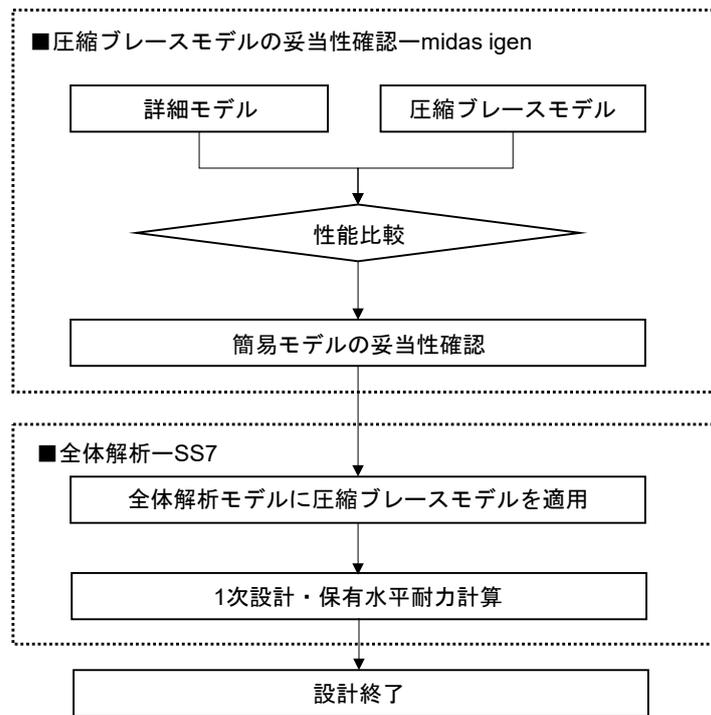


図 2.4.1.1 設計フロー

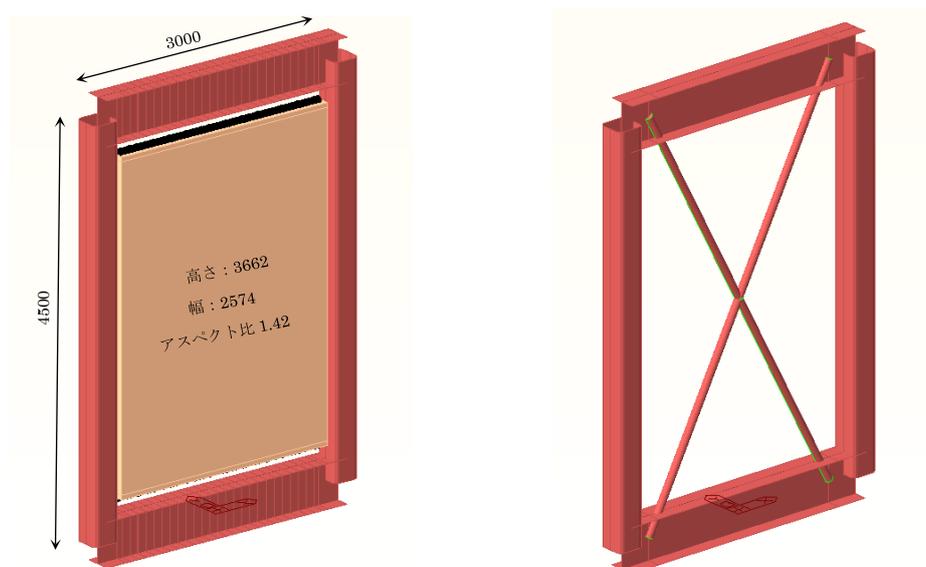


図 2.4.1.2 解析モデル（左：詳細モデル、右：圧縮ブレースモデル）

## 2.4.2. CLT 耐震壁のモデル化（詳細モデル）

解析モデルを以下に示す。CLT 耐震壁のモデル化は、CLT 設計施工マニュアルに準拠したエレメント置換モデルとし、上下の鉄骨梁との接合部部分には 100mm に分割した圧縮専用バネ ( $K_e=15.6\text{N/mm}^2$ ) を配置し、支圧強度で降伏するバイリニアモデルとした。

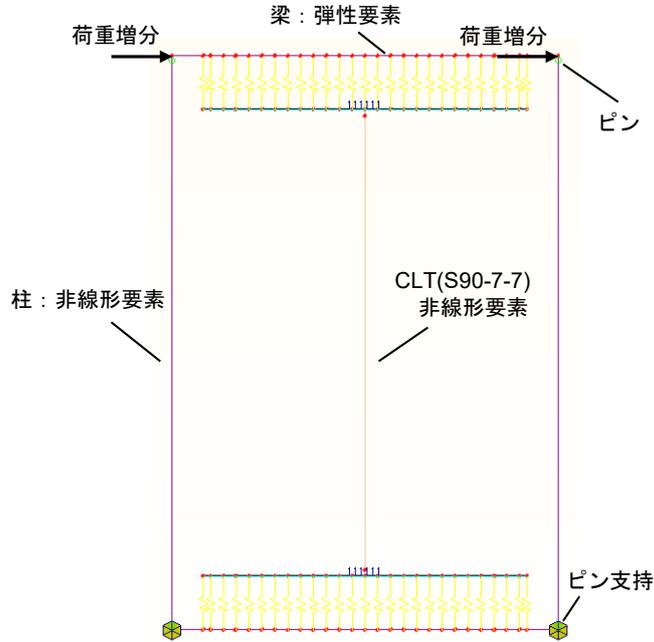


図 2.4.2.1 詳細モデル構成

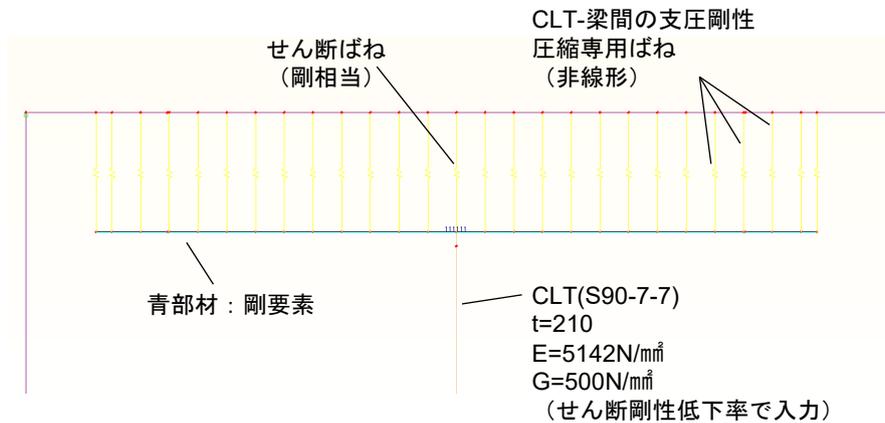


図 2.4.2.2 詳細モデル構成

### 2.4.3. CLT 耐震壁のモデル化（圧縮ブレースモデル）

CLT 耐震壁の圧縮ブレースモデルは、既往文献<sup>1)</sup>を参考に、水平方向加力に対して CLT の隅角部をつなぐ斜め圧縮力によるストラット効果を期待した等価な X 形状の圧縮ブレースとする。

下図に水平剛性算定モデルを示す。幅 $L$ (mm)、内法高さ $H$  (mm)、厚さ $t$  (mm)、ヤング係数 $E$  (N/mm<sup>2</sup>)、支圧剛性 $k_c$ (N/mm<sup>3</sup>)の CLT パネルの上下が剛体で拘束されているとき、水平力 $Q$ により CLT パネルに $\theta_R$ の微小な回転、 $\Delta H$ の軸変形が生じ、幅 $x$ の範囲に支圧力が三角形分布で生じているものとする。圧縮ストラットによる支圧剛性、軸剛性による回転水平剛性  $K_R$ 、CLT パネルのせん断剛性  $K_s$  ( $=G \cdot t \cdot L/H$ )、せん断接合部の水平剛性  $K_J$  とすると、それらの直列バネとしている。

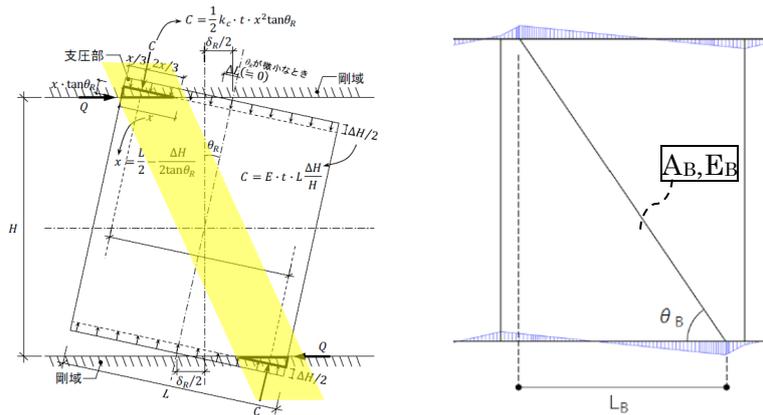


図 2.4.3.1 圧縮ストラットに期待した等価圧縮ブレースモデル

本設計では CLT 耐震壁と上下の鉄骨梁との境界部は摩擦による水平力伝達にも期待するため、せん断接合部の水平剛性  $K_J$  は無視できるものとして十分に高い値を入れて評価する。また、支圧剛性 $k_c$  およびせん断弾性係数  $G$  は文献<sup>2)</sup>に準拠し  $k_c=15.6$ (N/mm<sup>3</sup>)、 $G=500$ (N/mm<sup>2</sup>)とした。

既往の文献を参考に算出した CLT 耐震壁の圧縮ブレースモデルの諸元を下表に示す。構造階高の異なる 1F とその他 2~5F、壁の幅の異なる X 方向 (W21A,B) と Y 方向 (W30A と W30B の 2 種) 別に性能を算定する。いずれの要素も圧縮専用トラス要素でモデル化し、CLT パネル工法の設計と同様に、終局強度 (支圧耐力) でバイリニアに折れる非線形性能とする。

表 2.4.3.1 CLT 耐震壁の圧縮ブレースモデルの諸元

	CLT壁の諸元														支圧降伏時水平耐力														
	高さ		幅	厚さ	等級	ヤング係数	せん断弾性係数	面内せん断強度	面内せん断強度	面内せん断強度	支圧剛性	せん断接合部剛性	回転水平剛性	パネル全体の水平剛性	パネル全体の水平剛性 (実数)	置換ブレース配置幅	ヤング係数	有効面積	置換ブレース軸剛性	ブレース降伏時軸剛性	支圧降伏時の水平耐力	支圧降伏時の水平耐力	支圧降伏時の層間変位	支圧降伏時の変形角	パネルのせん断耐力	短期許容せん断力	許容せん断力	等価F値	
	H	L	t		E	G	Fb	Fc	Fs	kc	KJ	x	KR	K	K	LB	EB	AB	KB	Cc	Cc	Qy	dy	dy/h	Qs			Fu	
W21A,B	2F~5F	3662	2574	210	"S90A-7.7"	5142	500	11.82	11.82	3.6	15.6	10000	723.0	133.6	47.1	15.2	2316.6	<b>205000</b>	<b>5549.4</b>	491.1	<b>2239.9</b>	1794.6	1025.2	21.8	5/841	1945.9	265.5	7126.0	<b>269.1</b>
	1F	3947	2574	210	"S90A-7.7"	5142	500	11.82	11.82	3.6	15.6	10000	706.5	110.4	41.9	15.2	2316.6	<b>205000</b>	<b>8430.9</b>	746.1	<b>2439.8</b>	1753.7	934.4	22.3	1/177	1945.9	242.0	7680.6	<b>192.9</b>
W30A	2F~5F	3662	1574	300	"S90A-5.5"	5400	500	12.42	12.42	2.59	15.6	10000	448.7	44.8	26.3	15.2	1416.6	<b>205000</b>	<b>6710.1</b>	971.0	<b>1938.3</b>	1671.9	582.0	22.1	5/827	1223.0	246.5	2845.4	<b>192.6</b>
	1F	3662	1574	300	"S90A-7.7"	5400	500	12.42	12.42	2.59	15.6	10000	448.7	44.8	26.3	15.2	1416.6	<b>205000</b>	<b>12242.8</b>	1771.7	<b>2368.5</b>	1671.9	582.0	22.1	5/827	1223.0	246.5	4478.6	<b>129.0</b>
W30B	2F~5F	3662	2037	300	"S90A-5.5"	5400	500	12.42	12.42	2.59	15.6	10000	580.7	97.1	44.5	15.2	1833.3	<b>205000</b>	<b>7405.2</b>	828.1	<b>2583.7</b>	2163.6	974.8	21.9	1/167	1582.7	319.0	2845.4	<b>232.8</b>
	1F	3662	2037	300	"S90A-7.7"	5400	500	12.42	12.42	2.59	15.6	10000	580.7	97.1	44.5	15.2	1833.3	<b>205000</b>	<b>13129.0</b>	1468.1	<b>3127.1</b>	2163.6	974.8	21.9	1/167	1582.7	319.0	5796.0	<b>158.8</b>

#### 参考文献

- 1) 福本晃治、五十田博：CLT を鉄骨造の耐震要素として用いたハイブリッド構造の接合部における支圧力の伝達に関する検討，日本建築学会構造系論文集 第 86 巻 第 788 号，1440-1451，2021.10
- 2) 2016 年版 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，日本住宅・木材技術センター

#### 2.4.4. 解析モデルの妥当性確認

以上 2 種類のモデルの荷重変形角関係を以下に示す。圧縮ブレースモデルは、詳細モデルと剛性及び終局耐力が概ね等価であることが確認できる。また、支圧の終局変形を 30mm と設定した場合、CLT 耐震壁構面の終局変形角は詳細モデルより 1/40rad であることが確認出来た。

以降に、1/200rad 時および 1/50rad 時の変形図、曲げヒンジ図、曲げモーメント図、軸力図、せん断力図を以下に示す。

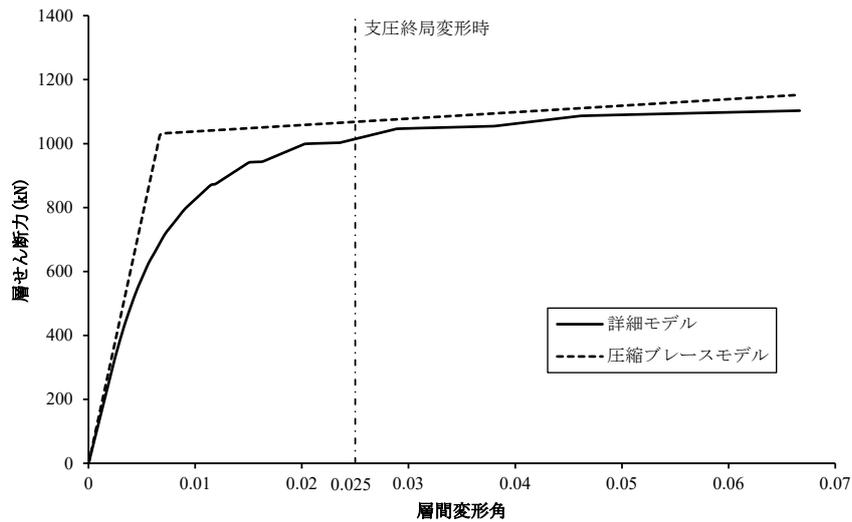


図 2.4.4.1 詳細モデルと圧縮ブレースモデルの荷重変形角関係

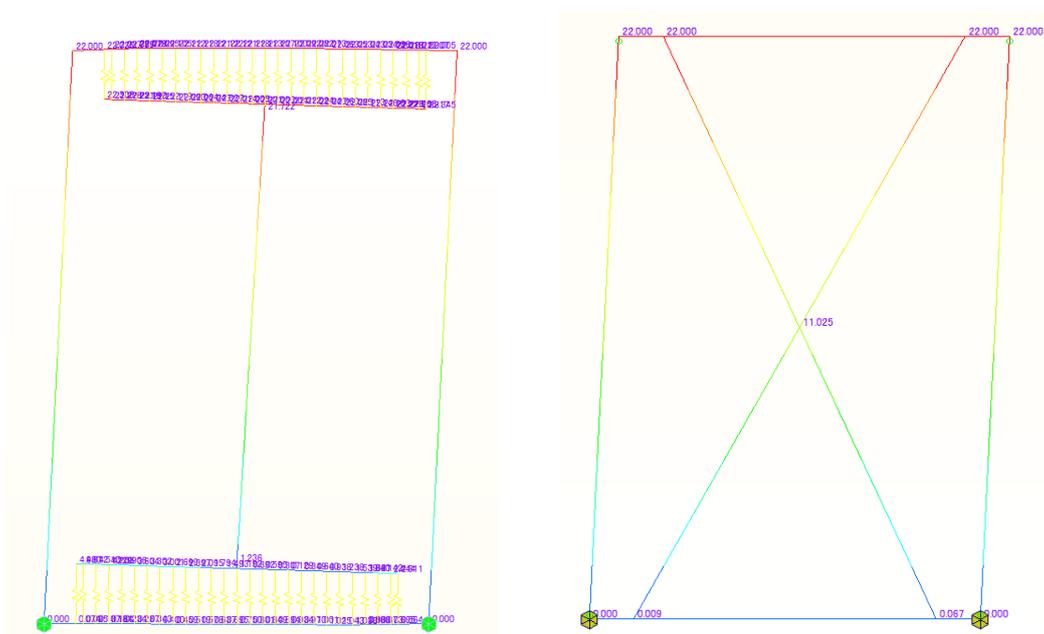


図 2.4.4.2 1/200rad 時の変形図  
(左：詳細モデル、右：圧縮ブレースモデル)

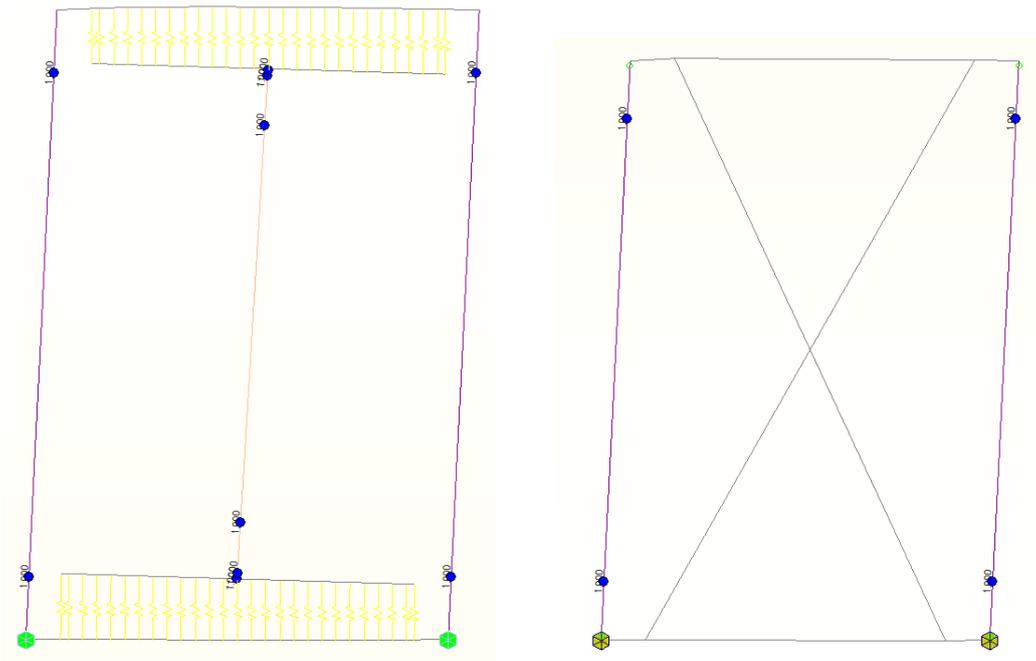


図 2.4.4.3 1/200rad 時の曲げヒンジ図  
(左 : 詳細モデル、右 : 圧縮ブレースモデル)

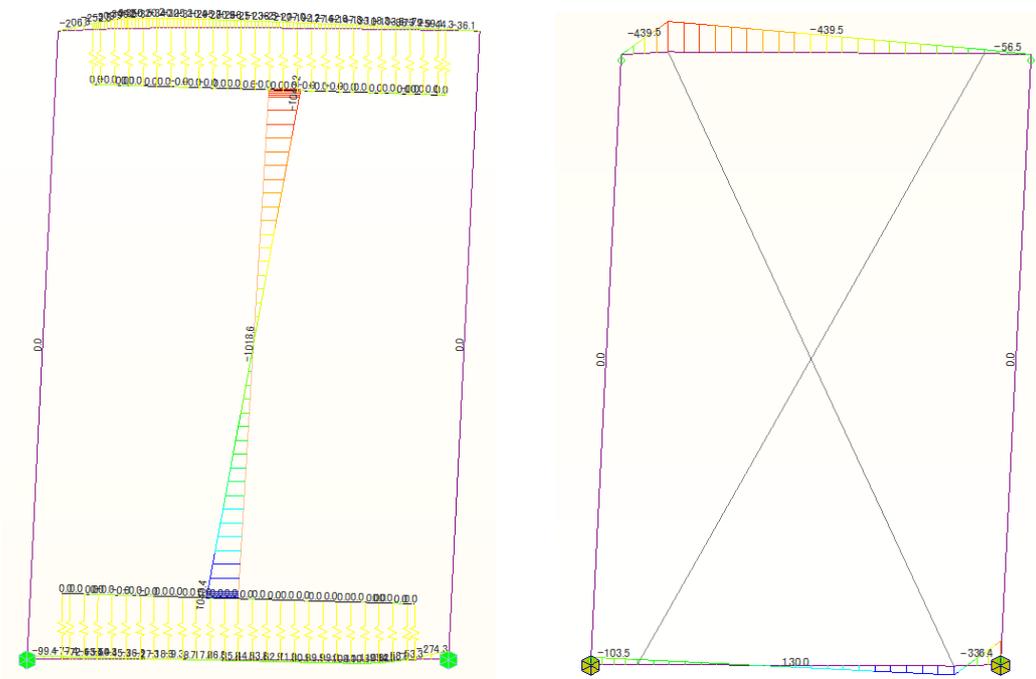


図 2.4.4.4 1/200rad 時の曲げモーメント図 単位 :  $\text{kN} \cdot \text{m}$   
(左 : 詳細モデル、右 : 圧縮ブレースモデル)



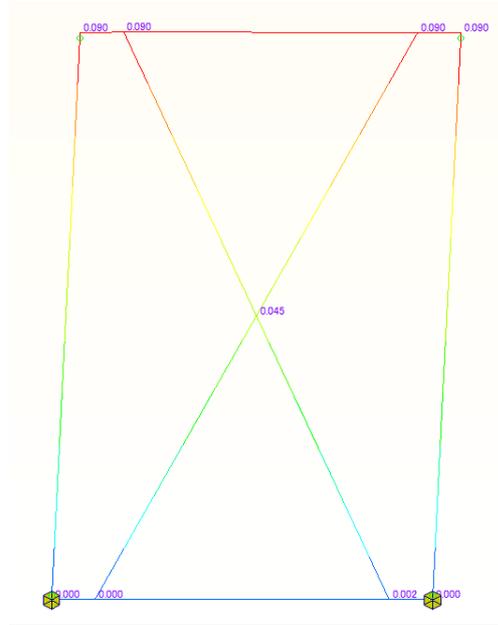
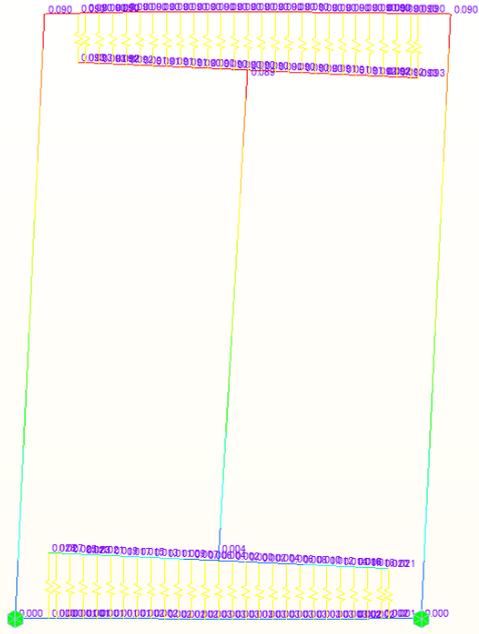


図 2.4.4.7 1/50rad 時の変形図  
(左：詳細モデル、右：圧縮ブレースモデル)

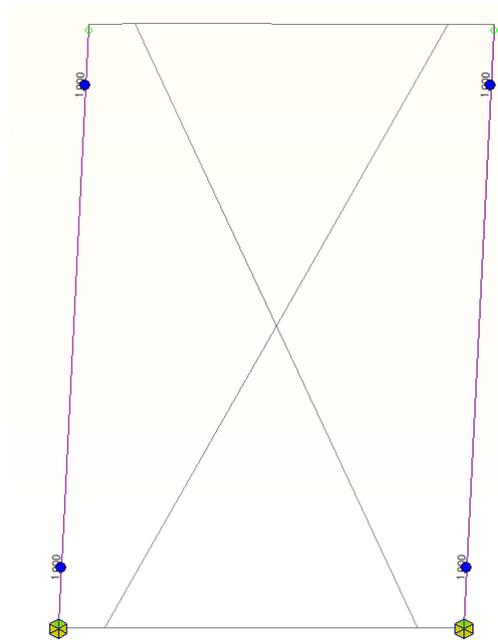
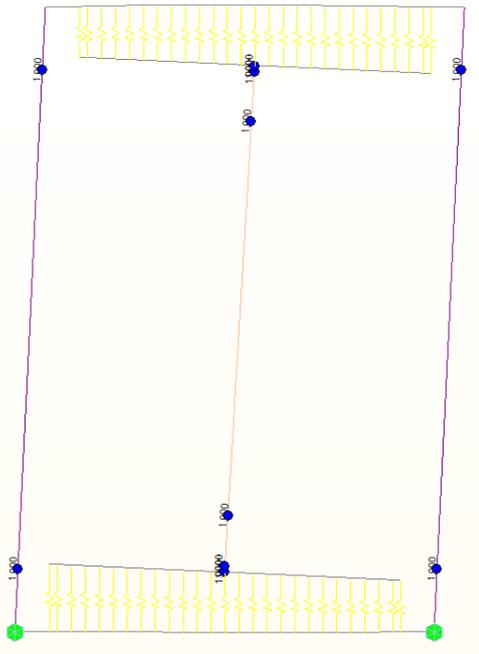


図 2.4.4.8 1/50rad 時の曲げヒンジ図  
(左：詳細モデル、右：圧縮ブレースモデル)

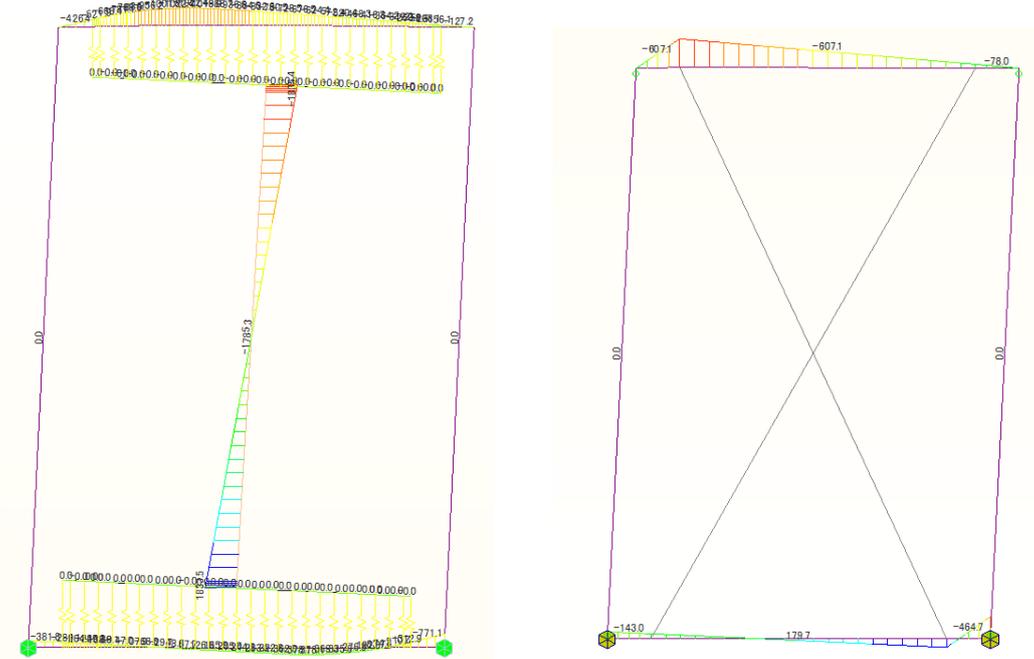


図 2.4.4.9 1/50rad 時の曲げモーメント図 単位 : kN · m  
(左 : 詳細モデル、右 : 圧縮ブレースモデル)

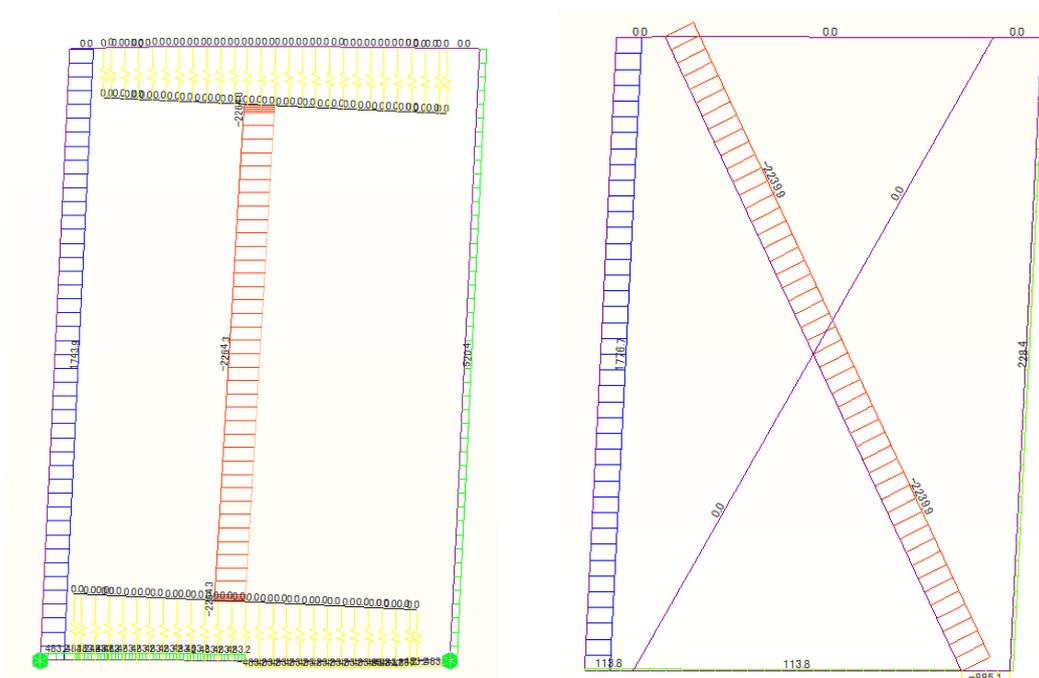


図 2.4.4.10 1/50rad 時の軸力図 単位 : kN  
(左 : 詳細モデル、右 : 圧縮ブレースモデル)

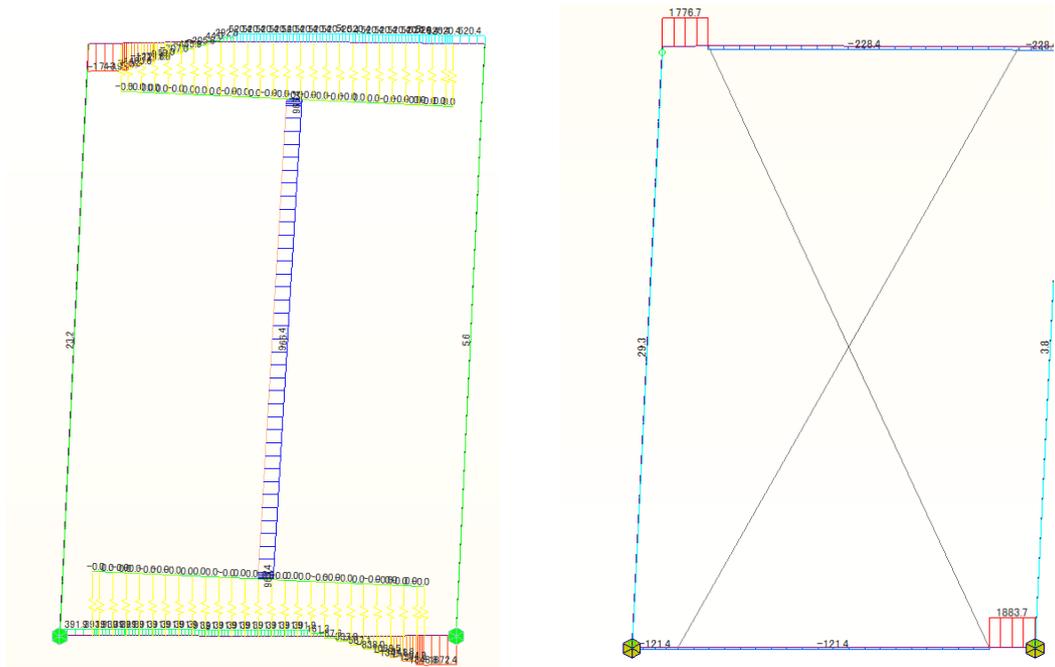


図 2.4.4.11 1/50rad 時のせん断力図 単位 : kN  
 (左 : 詳細モデル、右 : 圧縮ブレースモデル)

## 2.5. 一貫構造計算プログラムによる設計

2.3 で述べた全体解析モデルに対して、2.4.3 で求めた圧縮ブレースモデルを適用して、1次設計および保有水平耐力の検討を行った。なお CLT 上部の鉄骨梁は、破壊形式等を踏まえて妥当性検討時の梁成から変更している。また、保有水平耐力時のクライテリアは層間変形角 1/100 とした。

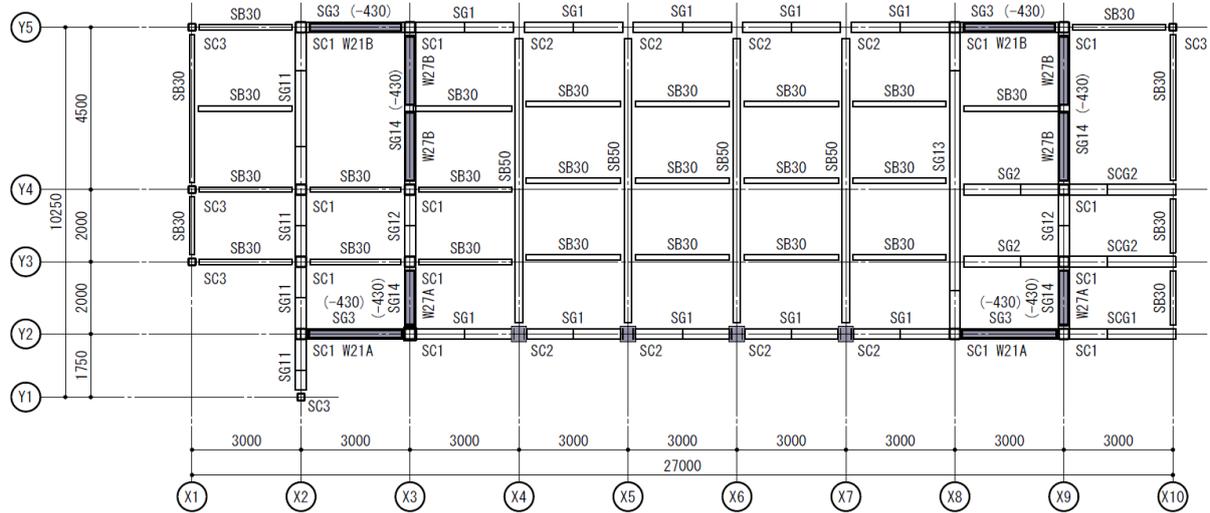


図 2.5.1 2階伏図（見上げ図）

柱断面リスト：結果3

		SC3	SC1	SC2
PHF 階	符号名		SC1	
	断面			
	鉄骨		X □-300*300*12*30 BCR295	
5F 階 ~ 2F 階	符号名	SC3, SC3, SC3, SC3	SC1, SC1, SC1, SC1	SC2, SC2, SC2, SC2
	断面			
	鉄骨	X □-200*200*9*22.5 BCR295	X □-300*300*12*30 BCR295	H-300*300*10*15*13 SN490B
1F 階	符号名	SC3	SC1	SC2
	断面			
	鉄骨	X □-200*200*9*22.5 BCR295	X □-300*300*16*40 BCR295	H-300*300*10*15*13 SN490B

図 2.5.2 柱断面リスト

大梁断面リスト：結果1 (1/3)

		SB30	SB50	SG1	SG2	SG3
		全断面	全断面	全断面	全断面	全断面
PHRFL 層	符号名	PHRSB30				
	断面	I				
	鉄骨	H-300*150*6.5*9*13 SS400				
RFL 層 ~ 2FL 層	符号名	SB30, SB30, SB30, SB30, SB30	SB50, SB50, SB50, SB50, SB50	SG1, SG1, SG1, SG1, SG1	SG2, SG2, SG2, SG2, SG2	SG3, SG3, SG3, SG3, SG3
	断面	I	I	I	I	I
	鉄骨	H-300*150*6.5*9*13 SS400	H-500*200*10*16*13 SS400	H-488*300*11*18*13 SN490B	H-488*300*11*18*13 SN490B	SH-700*300*16*36*18 SN490B

大梁断面リスト：結果1 (2/3)

		SG11	SG12	SG13	SG14	SCG1
		全断面	全断面	全断面	全断面	全断面
PHRFL 層	符号名					
	断面					
	鉄骨					
RFL 層 ~ 2FL 層	符号名	SG11, SG11, SG11, SG11, SG11	SG12, SG12, SG12, SG12, SG12	SG13, SG13, SG13, SG13, SG13	SG14, SG14, SG14, SG14, SG14	SCG1, SCG1, SCG1, SCG1, SCG1
	断面	I	I	I	I	I
	鉄骨	H-488*300*11*18*13 SN490B	H-700*300*13*24*18 SN490B	H-488*300*11*18*13 SN490B	SH-900*300*19*36*18 SN490B	H-488*300*11*18*13 SN490B

大梁断面リスト：結果1 (3/3)

		SCG2
		全断面
PHRFL 層	符号名	
	断面	
	鉄骨	
RFL 層 ~ 2FL 層	符号名	SCG2, SCG2, SCG2, SCG2, SCG2
	断面	I
	鉄骨	H-488*300*11*18*13 SN490B

図 2.5.3 大梁断面リスト

図.2.5.4 に短期検定比図を示す。鉄骨部材および CLT 耐震壁の短期検定値が 1 以内であることを確認した。また 1 次設計時の層間変形角は、X 方向で 1/300 程度、Y 方向で 1/320 程度であった。

また、2 次設計時は層間変形角 1/100 で保有水平耐力が決定しており、2.1 で述べた通り  $D_s=0.5$  とした場合、 $Q_u/Q_{un}$  は X 方向で 1.14、Y 方向で 1.16 となった。図.2.5.7 に CLT 耐震壁の荷重変形角関係と保有水平耐力時の変形角をプロットした。保有水平耐力時に CLT 耐震壁の変形角は 1/100rad であり、終局変形角 1/40rad まで十分に余裕があることが確認できた。

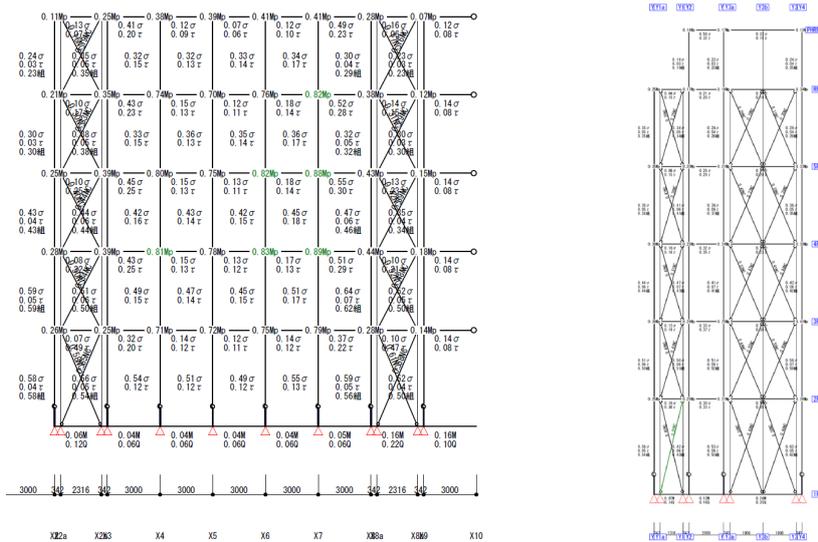


図 2.5.4 短期検定図 (左 : Y2 通り、右 : X3 通り)

構造特性係数：結果1 <X方向正加力>

階	主体構造	柱・梁群 Q kN	種別	ブレース群 Q kN	種別	Q(合計) kN	$\beta u$	$D_s$	備考
5F	S	1914.9	B	1233.4	A	3148.3	0.392	0.50*	
4F	S	2412.9	B	2575.9	A	4988.8	0.517	0.50*	
3F	S	2725.2	B	3666.5	A	6391.7	0.574	0.50*	
2F	S	3604.5	B	3823.9	A	7428.3	0.515	0.50*	
1F	S	4484.3	A	3653.9	A	8138.2	0.449	0.50*	

構造特性係数：結果1 <X方向負加力>

階	主体構造	柱・梁群 Q kN	種別	ブレース群 Q kN	種別	Q(合計) kN	$\beta u$	$D_s$	備考
5F	S	1832.1	B	1275.7	A	3107.7	0.411	0.50*	
4F	S	2466.1	B	2458.5	A	4924.5	0.500	0.50*	
3F	S	2504.1	B	3805.3	A	6309.3	0.604	0.50*	
2F	S	3508.8	B	3823.9	A	7332.6	0.522	0.50*	
1F	S	4379.5	A	3653.9	A	8033.3	0.455	0.50*	

構造特性係数：結果1 <Y方向正加力>

階	主体構造	柱・梁群 Q kN	種別	ブレース群 Q kN	種別	Q(合計) kN	$\beta u$	$D_s$	備考
5F	S	1256.9	A	1925.8	A	3182.7	0.606	0.50*	
4F	S	1800.2	A	3243.2	A	5043.3	0.644	0.50*	
3F	S	2008.4	A	4453.2	A	6461.5	0.690	0.50*	
2F	S	2652.1	A	4857.4	A	7509.5	0.647	0.50*	
1F	S	4093.6	A	4133.5	A	8227.1	0.503	0.50*	

構造特性係数：結果1 <Y方向負加力>

階	主体構造	柱・梁群 Q kN	種別	ブレース群 Q kN	種別	Q(合計) kN	$\beta u$	$D_s$	備考
5F	S	1188.6	A	1931.5	A	3120.0	0.620	0.50*	
4F	S	1739.1	A	3205.0	A	4944.0	0.649	0.50*	
3F	S	2137.1	A	4197.3	A	6334.3	0.663	0.50*	
2F	S	2504.3	A	4857.4	A	7361.7	0.660	0.50*	
1F	S	3931.7	A	4133.5	A	8065.2	0.513	0.50*	

図 2.5.5 構造特性係数

必要保有水平耐力比較表：結果1 <X方向正加力>

階	主体構造	$D_s$	$F_e$	$F_s$	$F_{es}$	$Q_{ud}$ kN	$Q_{un}$ kN	$Q_u$ kN	$Q_u/Q_{un}$	判定	層間変形角	備考
5F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	4649.6	2324.8	2655.9	1.14	OK	1/147	
4F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	7367.8	3683.9	4298.6	1.14	OK	1/118	
3F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	9439.6	4719.8	5392.1	1.14	OK	1/107	
2F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	10970.6	5485.3	6266.6	1.14	OK	1/100	
1F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	12019.0	6009.5	6865.4	1.14	OK	1/104	

必要保有水平耐力比較表：結果1 <X方向負加力>

階	主体構造	$D_s$	$F_e$	$F_s$	$F_{es}$	$Q_{ud}$ kN	$Q_{un}$ kN	$Q_u$ kN	$Q_u/Q_{un}$	判定	層間変形角	備考
5F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	4649.6	2324.8	2690.8	1.15	OK	1/145	
4F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	7367.8	3683.9	4248.0	1.15	OK	1/117	
3F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	9439.6	4719.8	5442.5	1.15	OK	1/107	
2F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	10970.6	5485.3	6323.2	1.15	OK	1/103	
1F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	12019.0	6009.5	6929.7	1.15	OK	1/105	

必要保有水平耐力比較表：結果1 <Y方向正加力>

階	主体構造	$D_s$	$F_e$	$F_s$	$F_{es}$	$Q_{ud}$ kN	$Q_{un}$ kN	$Q_u$ kN	$Q_u/Q_{un}$	判定	層間変形角	備考
5F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	4649.6	2324.8	2698.8	1.16	OK	1/121	
4F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	7367.8	3683.9	4276.6	1.16	OK	1/167	
3F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	9439.6	4719.8	5479.2	1.16	OK	1/149	
2F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	10970.6	5485.3	6361.8	1.16	OK	1/153	
1F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	12019.0	6009.5	6978.4	1.16	OK	1/122	

必要保有水平耐力比較表：結果1 <Y方向負加力>

階	主体構造	$D_s$	$F_e$	$F_s$	$F_{es}$	$Q_{ud}$ kN	$Q_{un}$ kN	$Q_u$ kN	$Q_u/Q_{un}$	判定	層間変形角	備考
5F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	4649.6	2324.8	2698.2	1.16	OK	1/173	
4F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	7367.8	3683.9	4276.5	1.16	OK	1/142	
3F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	9439.6	4719.8	5477.8	1.16	OK	1/130	
2F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	10970.6	5485.3	6369.2	1.16	OK	1/118	
1F	S	0.50*	1,000	1,000	1,000	12019.0	6009.5	6974.6	1.16	OK	1/107	

図 2.5.6 必要保有水平耐力比較表

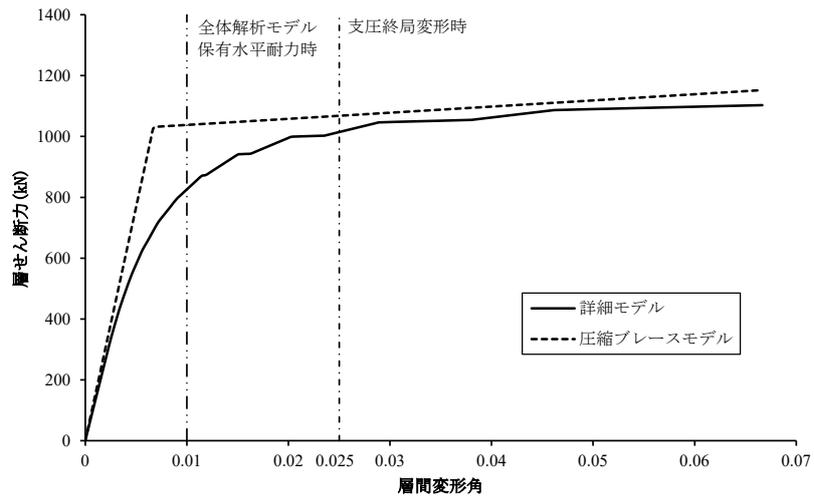


図 2.5.7 CLT 耐震壁の荷重変形角関係