

2. 2 (個人)／(株)バスクデザイン

2. 2. 1 建築物の仕様一覧

事業名		御徒町狭小CLTハイブリッドビルの設計実証		
実施者（担当者）		個人（株式会社バスクデザイン）		
建築物の概要	用途	店舗、事務所、住宅		
	建設地	東京都台東区		
	構造・工法	鉄骨造（一部CLT）		
	階数	5		
	高さ（m）	18.01		
	軒高（m）	17.51		
	敷地面積（㎡）	48.17		
	建築面積（㎡）	34.86		
	延べ面積（㎡）	159.45		
	階別面積（㎡）	1 階	25	
2 階		28.91		
3 階		35.18		
4 階		35.18		
5 階		35.18		
C L T の仕様		C L T 採用部位		壁、床（構造剛性付与要素として）
	C L T 使用量（m³）		壁：5.55 m3，床：10.88 m3，合計 16.43 m3	
	壁パネル	寸法	150mm厚	
		ラミナ構成	5層5プライ	
		強度区分	Mx60A相当	
	樹種	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		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		－	
仕上	主な外部仕上	屋根	鋼製下地 + 硬質木片セメント板(15)+ シート防水	
		外壁	押出成形セメント板	
		開口部	アルミサッシ+二層複層ガラス（PG6.8-A12-LowE3）	
	主な内部仕上	界壁	強化PB12.5×2両面貼り + ビニルクロス（LGS下地）	
		間仕切り壁	PB12.5 + ビニルクロス（LGS下地）	
		床	CLT(150) + 強化石膏ボード21mm+21mm +樹脂製パネル(50mm) 置敷タイプ+ タイルカーペット	
構造	天井	PB12.5 + ビニルクロス（LGS下地）		
	構造計算ルート		ルート3	
	接合方法		鉄骨ラーメン構造（一部CLT設置、接合金物なし）	
	最大スパン		2.65m	
	問題点・課題とその解決策		塔状比が高く開口が狭いため平面形状も縦横比が大きくなり、鉄骨ラーメンの剛性に余分が生じる。調整スパンを設けてCLTを用いた剛性付与による耐震性向上で対応する。	
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階：2時間耐火，2階以上：1時間耐火	
	問題点・課題とその解決策		鉄骨造の耐火被覆を阻害しないようにCLTの設置が必要 CLTは鉄骨梁とは接合せず剥落の恐れのない設置方法として、エポキシ樹脂での充填を行う。	
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		鉄骨造の外皮性能に準じて対応する。	
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	ロックウール（0.3g/cm3 t=35mm）吹付け	
		外壁	ロックウール（0.3g/cm3 t=35mm）吹付け	
		床	－	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		住戸と事務所間の遮音性確保が必要	
	建て方における課題と解決策		繁華街の狭小地のため最小限の工期にて建方を完了させる必要がある。	
	給排水・電気配線設置上の工夫		－	
	劣化対策		－	
工程	設計期間		2023年6月～2024年1月（7ヵ月）	
	施工期間		2024年4月～2025年1月（9ヵ月） 予定	
	C L T 躯体施工期間		2024年8月中旬～下旬（1週間）	
体制	竣工（予定）年月日		2025年1月予定	
	発注者		個人	
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		株式会社バスクデザイン	
	構造設計者		田中哲也建築構造計画	
	施工者		未定	
	C L T 供給者		未定	
ラミナ供給者		未定		

2. 2. 2 実証事業の概要

実証事業名：御徒町狭小 CLT ハイブリッドビルの設計実証

建築主等／協議会運営者：（個人）／株式会社バスクデザイン

1. 実証した建築物の概要

用途		店舗、事務所、住宅		
建設地		東京都台東区		
構造・工法		鉄骨造（一部 CLT）		
階数		5		
高さ（m）		18.01	軒高（m）	17.51
敷地面積（㎡）		48.17	建築面積（㎡）	34.86
階別面積 （㎡）	1 階	25.00	延べ面積（㎡）	159.45
	2 階	28.91		
	3 階	35.18		
	4 階	35.18		
	5 階	35.18		
CLT 採用部位		壁、床（構造剛性付与要素として）		
CLT 使用量（m³）		壁：4.44 m³，床：8.70 m³，合計 13.14 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		－		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	150mm 厚/5 層 5 プライ/S60A 相当/スギ		
	床	150mm 厚/5 層 5 プライ/Mx60A/相当/スギ		
設計期間		2023 年 6 月～2024 年 1 月（7 カ月）		
施工期間		2024 年 4 月～2025 年 1 月（9 ヶ月）予定		
CLT 躯体施工期間		2024 年 8 月中旬～下旬（1 週間）		
竣工（予定）年月日		2025 年 1 月予定		

2. 実証事業の目的と設定した課題

繁華街に建つ塔状複合ビルの木質化を目指し、狭小敷地での厳しい施工条件を解決しながら、CLT を活用したハイブリッド構法による建設実証に向けた設計実証を行う。狭小地における建設で一般的な RC 造や S 造と比較して、軽量化や杭工事の合理化を図る。

これまででも他構造に CLT を加える構法は試みられてきたが、付加的な耐震要素として適切に作用させるための接合方法の開発は限られている。本事業では、鉄骨フレームに CLT パネルを設置することによる剛性付与の性能を検証することを目的とする。従来の CLT パネル工法等では、接合金物周辺の複雑なパネル加工が必要なことからコストが高く合理化が進んでいない。このため CLT を極力簡便に用いられるハイブリッド構法のモデルを示し

て狭小ビルの木質化の可能性を広げることを目的とする。

3. 協議会構成員

（設計）バスクデザイン：青島啓太（進行管理），酒井亮憲，studio[42]：宮崎孝夫

（構造設計）田中哲也建築構造計画：田中哲也，橋本琢人

（施工）渡辺富工務店：渡辺暁

4. 課題解決の方法と実施工程

狭小地に建つ塔状の建物の安定性を十分に確保するため、無駄のない鉄骨ラーメンを構成し、CLT の床及び壁を補足的に構造部材として用いる剛性付与の構造モデルを検討する。これに伴い、想定される建物の終局時の応力状態に対して、鉄骨フレームに組み込む CLT の安全性の確認を目的に性能試験を行なった。圧縮ストラット及び支圧部のめり込みが生じる様な静的水平加力試験を実施して構造計画に反映した。

<協議会の開催>

2023 年 9 月：第 1 回開催、事業趣旨共有・実施設計及び施工方法の検討、申請協議

10 月：第 2 回開催、解体工事を受けた実施方針の確認、性能検証検討の開始

11 月：第 3 回開催、詳細設計に伴う構法合理化の比較検討、性能検証

12 月：第 4 回開催、見積調整に向けた具体的な工法の決定

<設計>

2023 年 9 月：実施総合設計，詳細設計 11 月：構造設計（実施設計）

2024 年 3 月：建築確認申請（構造適合性判定）

<施工>

2023 年 7 月：敷地調査，解体工事（完了），8 月：地盤調査

10 月：施工方法と合理化の検討，12 月：工事見積り及び調整

2024 年 4 月：着工，8 月：鉄骨及び木部の建方工事，10 月内装設備工事

2025 年 1 月完工

<性能検証>

2023 年 10 月：性能試験方法の検討 12 月：性能試験（CLT 静的水平加力試験）

2024 年 1 月：構造解析モデルの検証

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。

（１）実施設計をもとにした施工性の検証の結果、CLT を用いた剛性付与モデルを狭小地で計画するとき、RC 造と S 造の混在を避け S 造を主体としたハイブリッド構法が合理的であることが分かった。

（２）CLT を用いた設計では、パネルの製造プロセスがコストに大きく反映し、ハイブリ

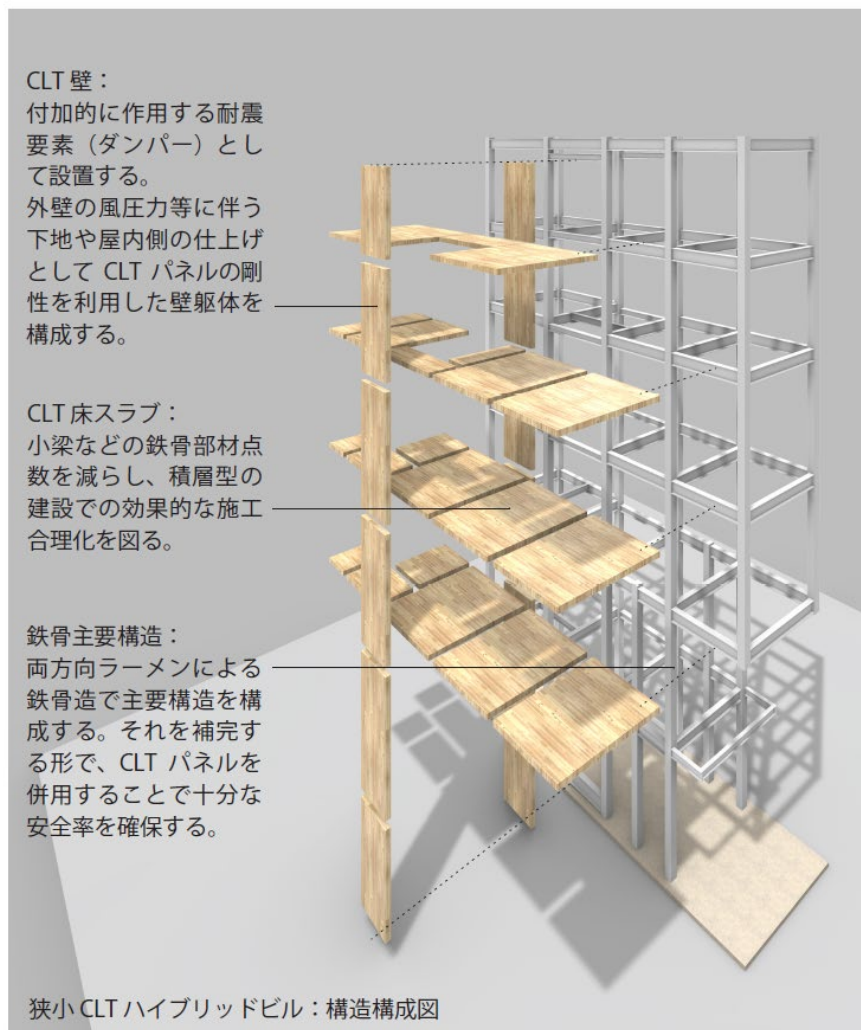
ッド構法において他構造との接合のための加工を簡易にすることがコスト低減にもつながることが分かった。

- (3) 性能試験により、圧縮ストラット及び支圧部のめり込みを評価したハイブリッドモデルにおいて、想定される建物の終局時の応力状態においても鉄骨フレームおよび組み込む CLT の安全性は確保できることが確認された。

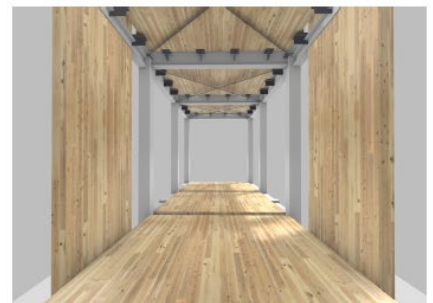
6. 本実証により得られた成果

本事業で得られた性能試験のデータは、鉄骨造の建物に対する剛性付与型の CLT 活用モデルとして活用することができる。CLT の高い剛性を用いて塔状比や平面の縦横比が大きな狭小地のペンシルビルでも合理的な設計ができる。全国の市街地にある狭小ビルの木質化が可能となると考えられる。

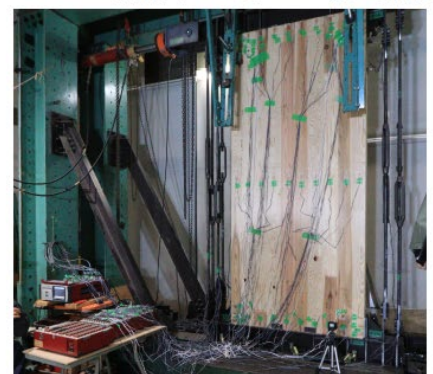
7. 建築物の平面図・立面図・写真等



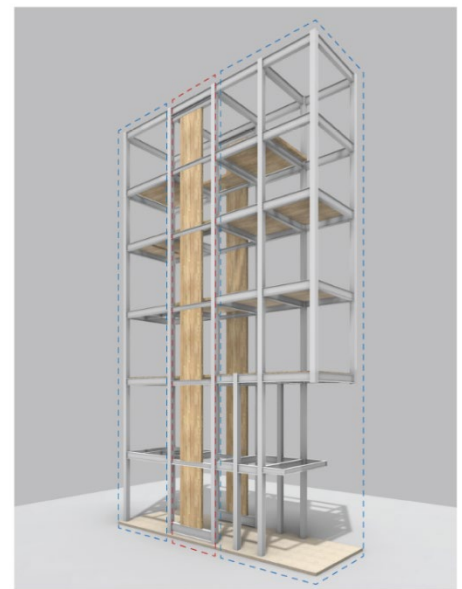
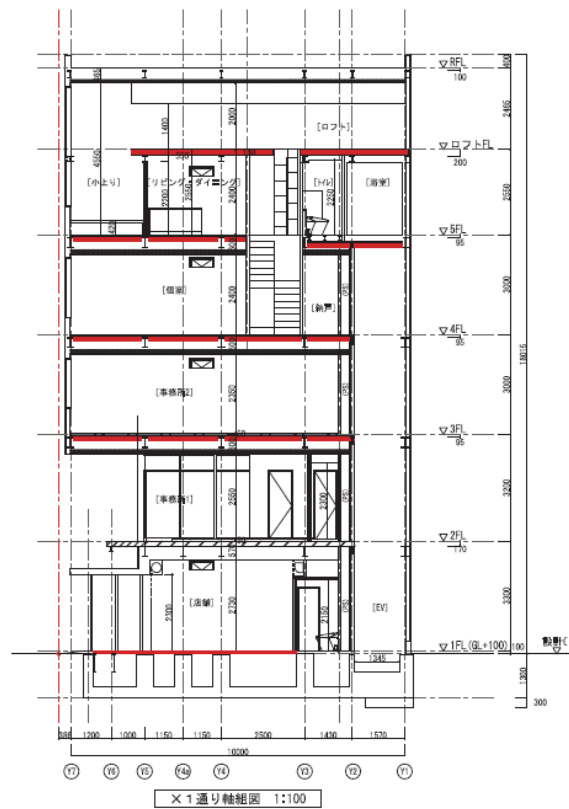
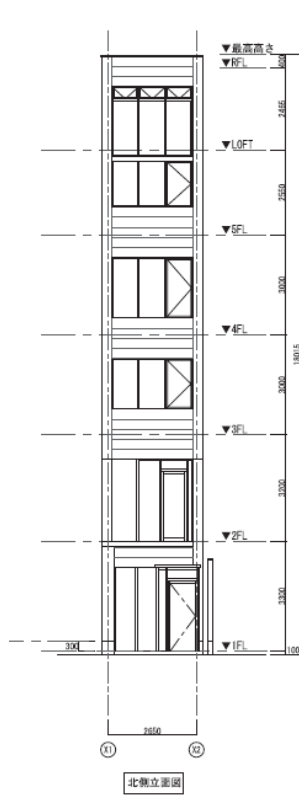
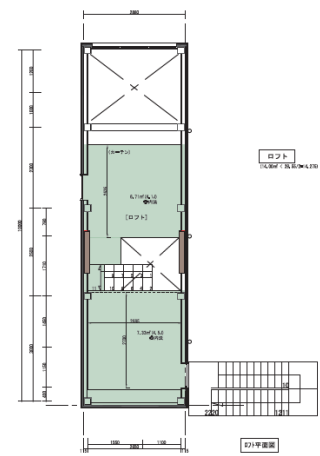
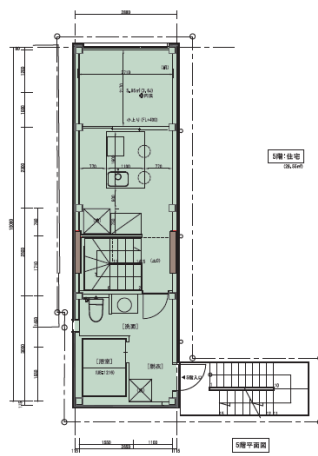
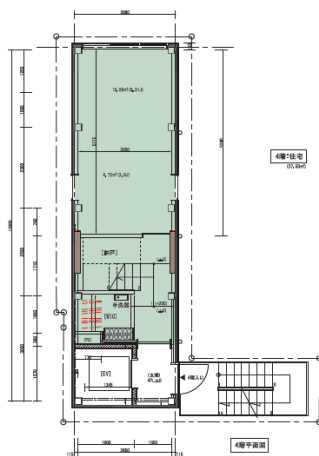
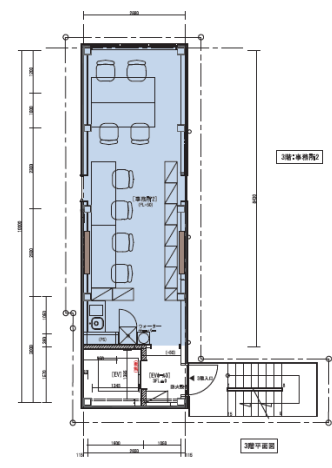
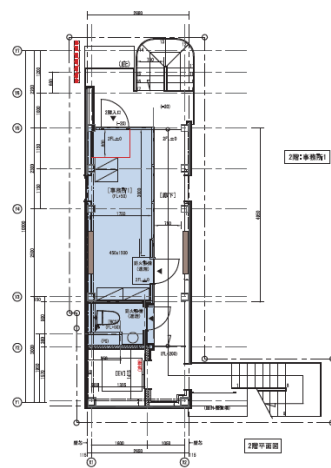
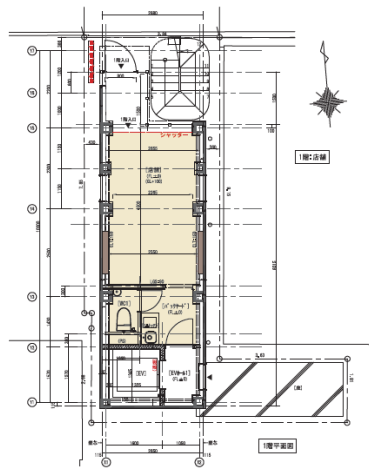
オフィス内観イメージ



鉄骨フレームと CLT パネルの構成



性能試験の様子（静加力実験）



変形しやすいラーメン架構に高剛性のCLTを組込むため、建物を分割し赤の調整スパン (CLT連装耐震壁) を設けることで、ラーメン架構のメリットである靱性を損なわずに、剛性付与 (変形を小さく) することを可能にした。

御徒町狭小 CLT ハイブリッドビル設計実証

建築物の設計実証：鉄骨と CLT のハイブリッド構法による、都心狭小地における計画の合理化

□ 繁華街の狭小地を活かす狭小 CLT ビルモデル 間口 3.8m 奥行き 10.9m

都市部でも好立地に多い狭小の敷地では、フットプリントの小さな塔状のペンシルビルとならざるを得ない。狭小敷地の地盤改良や杭工事などは不利になることが多く、CLT を用いた軽量化や構法的合理化が必要である。

重量に対して剛性の高い CLT を用いることで、鉄骨造の耐震性能を向上させ、全体的な合理化を示す。

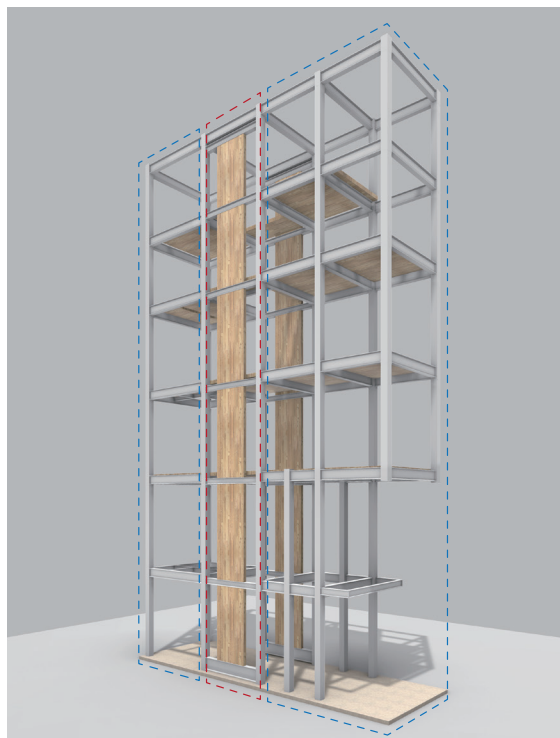
狭小ビルモデルとして、全国の都市部で木質化需要が高い 6 ～ 8 層の多層型都市オフィスへの展開が期待できる。

□ 付加的な耐震要素としての CLT

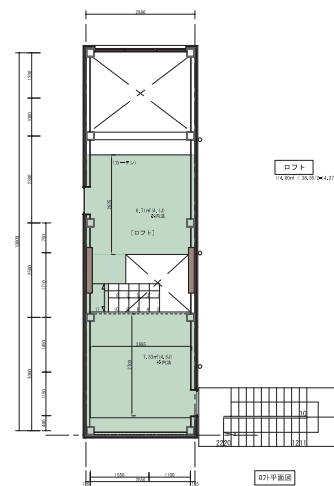
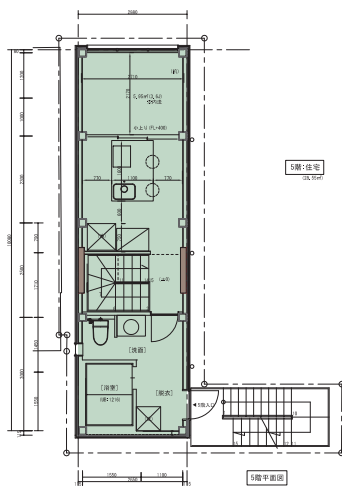
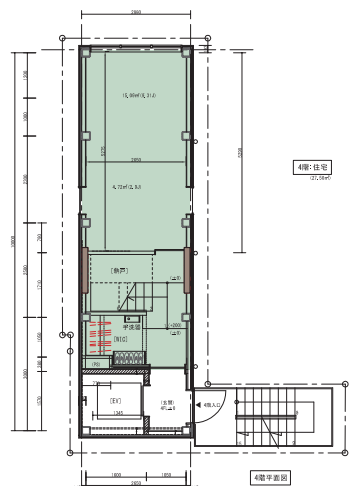
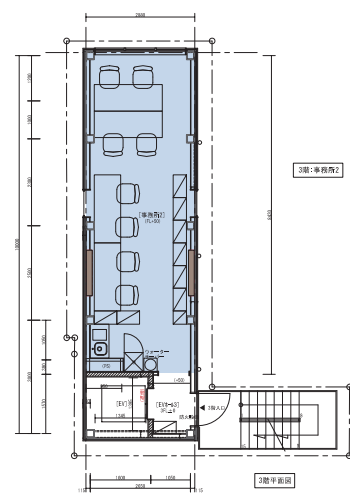
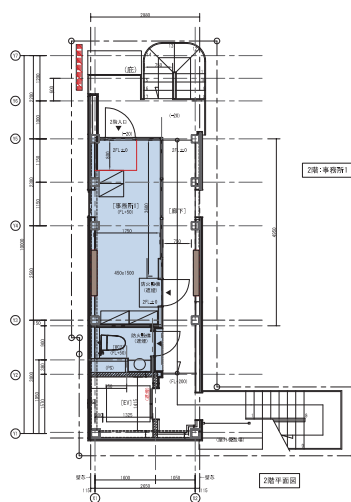
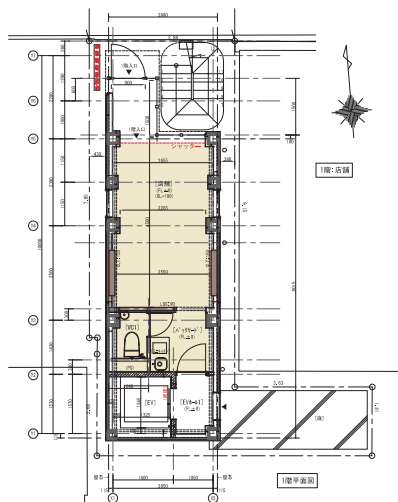
法令上の要求される耐震性能は鉄骨ラーメンで満足し、構造安全性に支障のない範囲で、付加的な耐震要素として CLT を用いるために、躯体と接合する。

非常に塔状比が高いので、本来であれば間口方向に CLT を入れることが理想だが、奥行き方向に長いことを利用して、構造的に建物をふたつに分けながら、壁面の CLT で付加的に剛性付与させたスパンを設けた。

それによりラーメン架構の特性を生かしつつ、CLT の効果を最大限に発揮させて耐震性能を上げる計画とした。



変形しやすいラーメン架構に剛性の高い CLT を組み込むために、建物を分割して、赤の調整スパン（CLT 連層耐震壁）を設けることで、ラーメン架構のメリットである靱性を損なわずに、剛性付与する（変形を小さくする）ことを可能にした。



CLT 壁：

付加的に作用する耐震要素として設置する。外壁の風圧力等に伴う下地や屋内側の仕上げとして CLT パネルの剛性を利用した壁躯体を構成する。

CLT 床スラブ：

小梁などの鉄骨部材点数を減らし、積層型の建設での効果的な施工合理化を図る。

鉄骨主要構造：

両方向ラーメンによる鉄骨造で主要構造を構成する。それを補完する形で、CLT パネルを併用することで十分な安全率を確保する。

狭小 CLT ハイブリッドビル：構造構成図



オフィス内観イメージ



鉄骨フレームと CLT パネルの構成



性能試験の様子（静加力実験）

<接合部の性能検証>

CLT パネル工法を中心に用いられているクロスマーク金物など高耐力の接合方法は、いくつかの選択肢がある。しかし、鉄骨造とのハイブリッドで CLT パネルを活かすために不可欠な、弱い接合方法は十分な知見が少ないことから、性能検証において接合部の剛性と降伏に関するデータを取得してモデル解析を行うことで、CLT を構造体に複合的に用いるためのハイブリッド構法向けの接合方法を検証する。具体的な設置方法は、せん断金物を用いずに CLT パネルを、鉄骨フレームのはめ込み形として圧縮時のストラットで抵抗することを期待している。これによって地震動に対し耐震要素として作用する。

接合金物を用いないため、金物のための CLT への複雑な加工が無く、原版から切り出したパネルをそのまま出荷することが可能となった。

1 実施計画の概要

1.1 計画の条件

- ・ 現在木造のブティックが建つ上野御徒町駅近くの繁華街の建替え計画
- ・ 高層化により、1階店舗、2，3階事務所、4，5階住居として建替え
- ・ 狭小地であり繁華街の中であることから、地盤改良や建方、仮設工事等の難易度が高い

繁華街に建つ塔状複合ビルの木質化を目指し、狭小敷地での厳しい施工条件を解決しながら、CLT を活用したハイブリッド構法による建設実証に向けた設計実証を行う。狭小地における建設で一般的な RC 造や S 造と比較して、軽量化や杭工事の合理化を図る。

CLT パネルの製造・加工・搬入の一連のプロセスを経て供給されるため、パネル形状や端部接合金物のための加工などが複雑化することでパネルのコストが高くなってしまっていた。これまで、他構造に CLT を加える構法は試みられてきたものの、いずれも鉄骨造などの主要構造部と構造的に接合することを目的としたものが多く、CLT パネルを簡易的に用いられる構法は選択されてこなかった。本計画では、こうした CLT パネルのスムーズで安価な供給を目指して、極力接合加工をシンプル化した CLT による鉄骨造に対する剛性付与によって建物の耐震性能を向上させるハイブリッド構法の開発を目指すものである。

1.2 構造設計の方針

- ・ 塔状比が大きく転倒がないように設計するため鋼管杭で計画
- ・ 床は水平ブレースを設けて CLT は自重・床荷重を支持するシンプルな構成で計画
- ・ 鉄骨ラーメン構造は変形することで地震のエネルギーを吸収する架構であるため、ラーメン構造の良さを残しながら剛性の高い CLT の壁パネルを設置することで耐震性能を上げる計画（剛性の高い CLT 壁パネルが効きすぎないように配慮）
- ・ CLT 壁パネルは切り欠きをなしとして、鉄骨との接点をエポキシ樹脂で設置
- ・ 鉄骨フレームのみで基準法上の耐力を確保し、そのうえで制振ダンパーのように付加要素として CLT パネルを設置することで耐震性能を向上させる。（耐震等級 1 ⇒ 耐震等級 3（1.5 倍）を想定）

1.3 基本設計と実施設計における変更点

実証事業提案時(基本計画段階)までは、1, 2 階を RC 造で設計してきたが、施工上の合理性から総鉄骨造とすることでコスト低減が図れると分かったことで、1 階から 5 階までをすべて鉄骨ラーメン構造として設計を変更した。



図 1.2-1 実施計画における CLT ハイブリッド構法の合理化

1. 4 実施設計における CLT 設置方法の検討

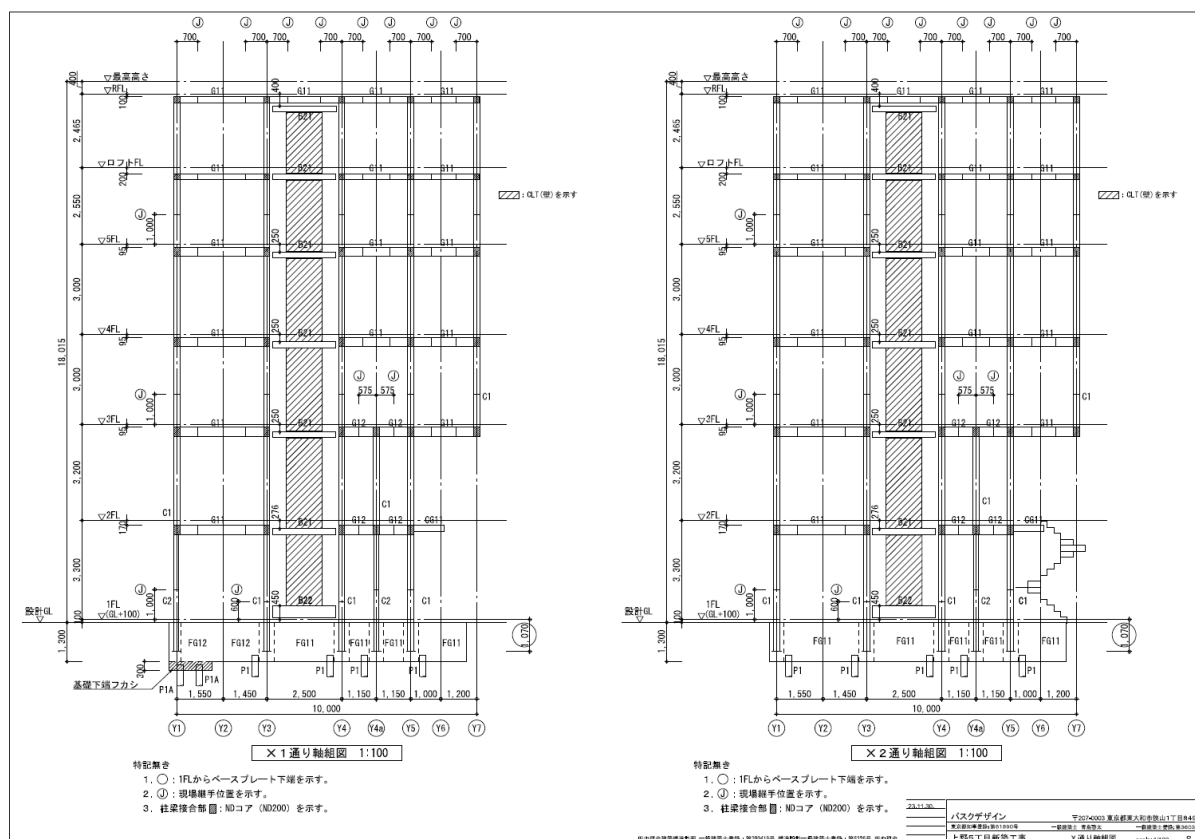


図 1.3-1 鉄骨ラーメン構造と CLT 壁の配置

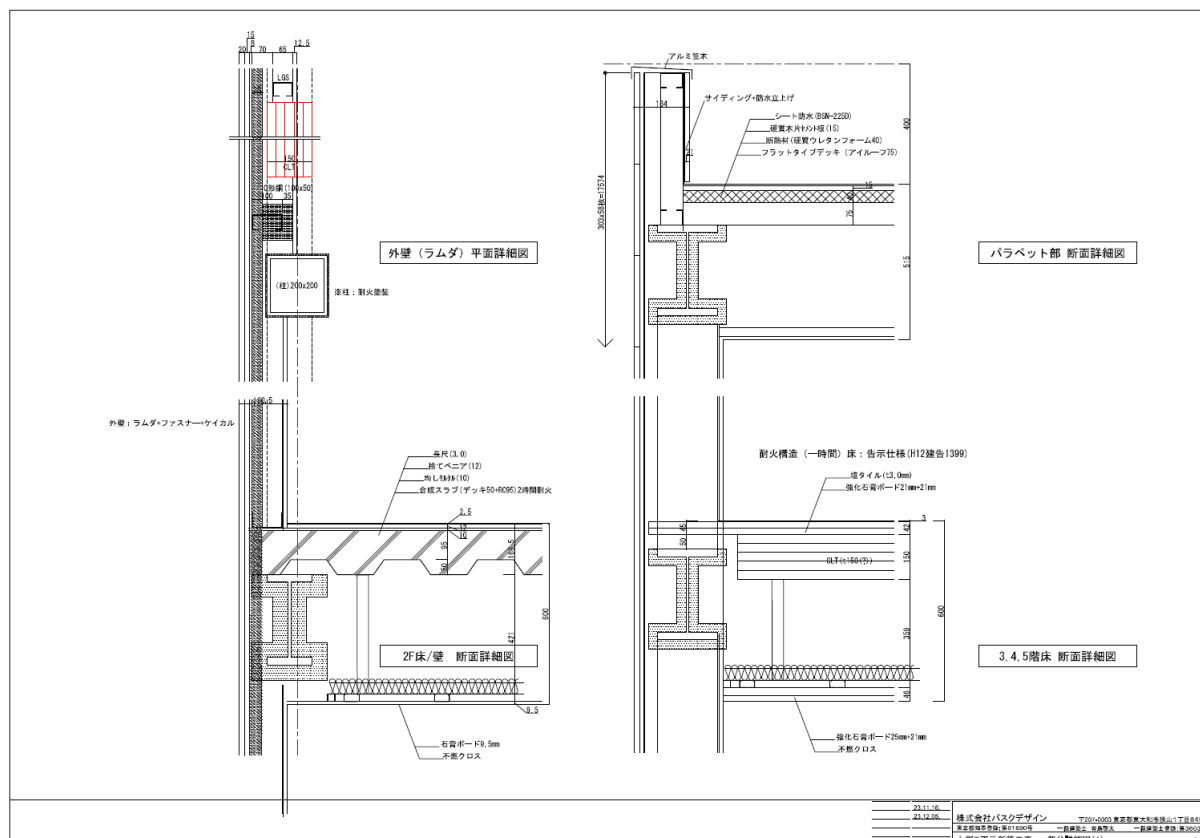
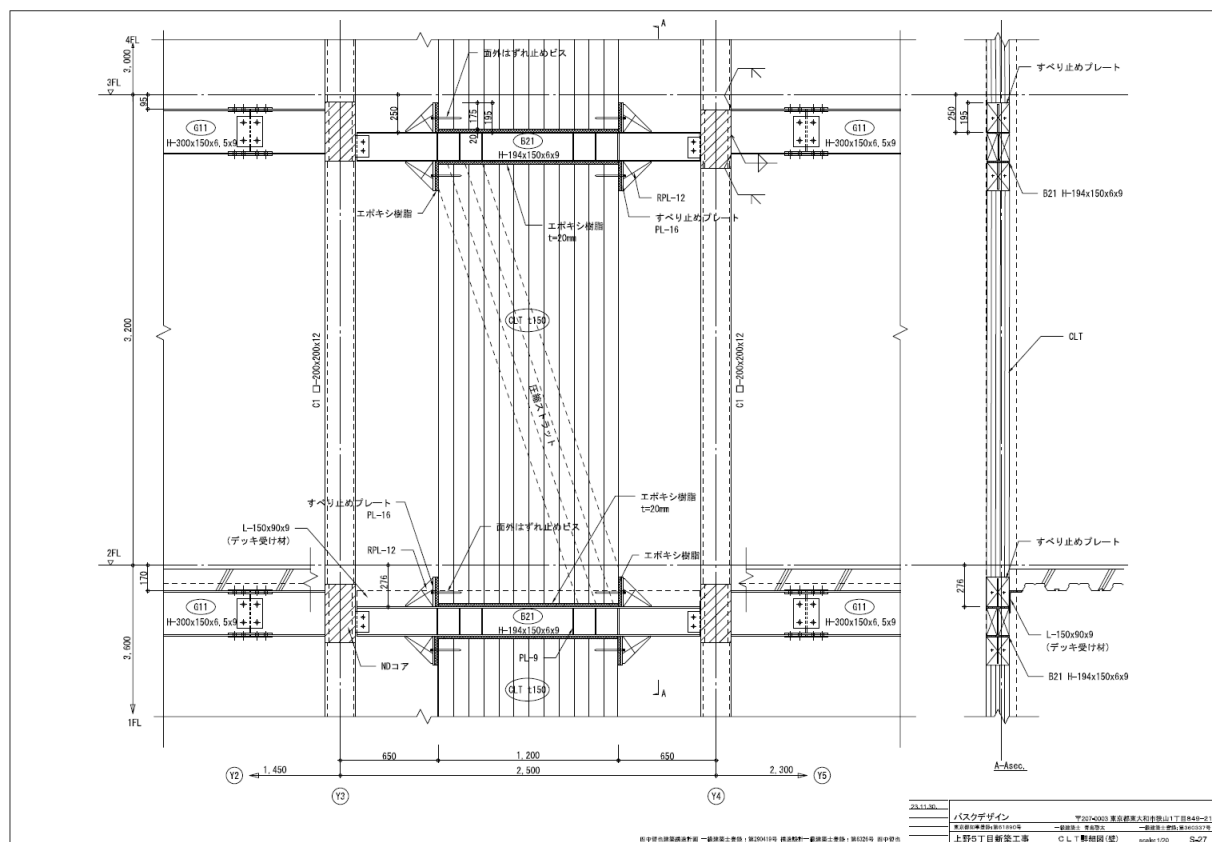
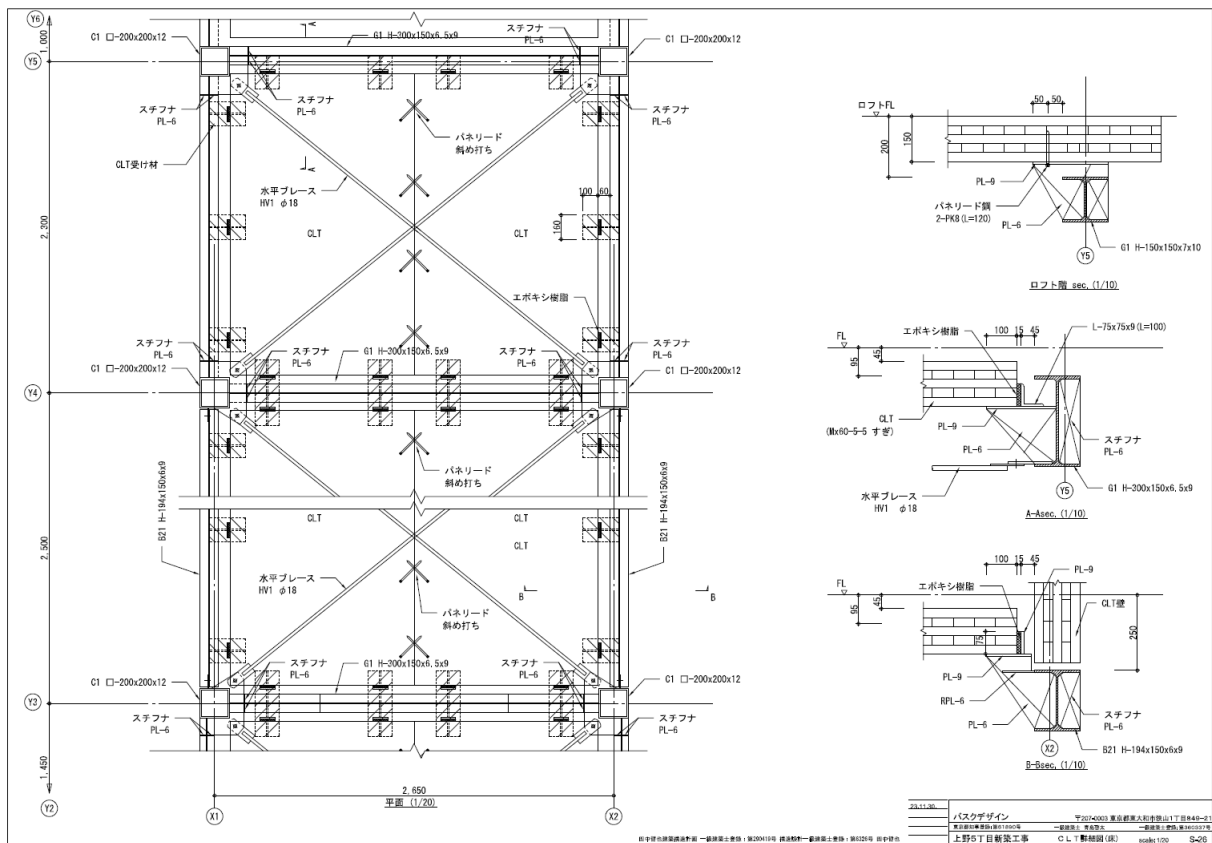


図 1.3-2 断面詳細



2 性能検証

2.1 CLT 壁の剛性付与モデル評価

CLT の四隅には、三角形のすべり止めプレートを取り付けて水平方向の支圧を受ける納まりにすることで、水平力が作用した際に CLT に圧縮ストラットが生じる機構をつくり、その圧縮筋かいとしての効果により耐震性能の向上を期待する。

CLT 壁の上下の境界梁は両端ピン接合にして、梁断面を小さくする(H-194x150x6x9)ことで、CLT 壁が水平力を負担した際に連層耐震壁の耐力が鉄骨の曲げ降伏で決まるように設計した。CLT と鉄骨の接合は、面外方向へのズレを拘束するビス留めのみとして、加工を最小限にとどめるように配慮して計画した。

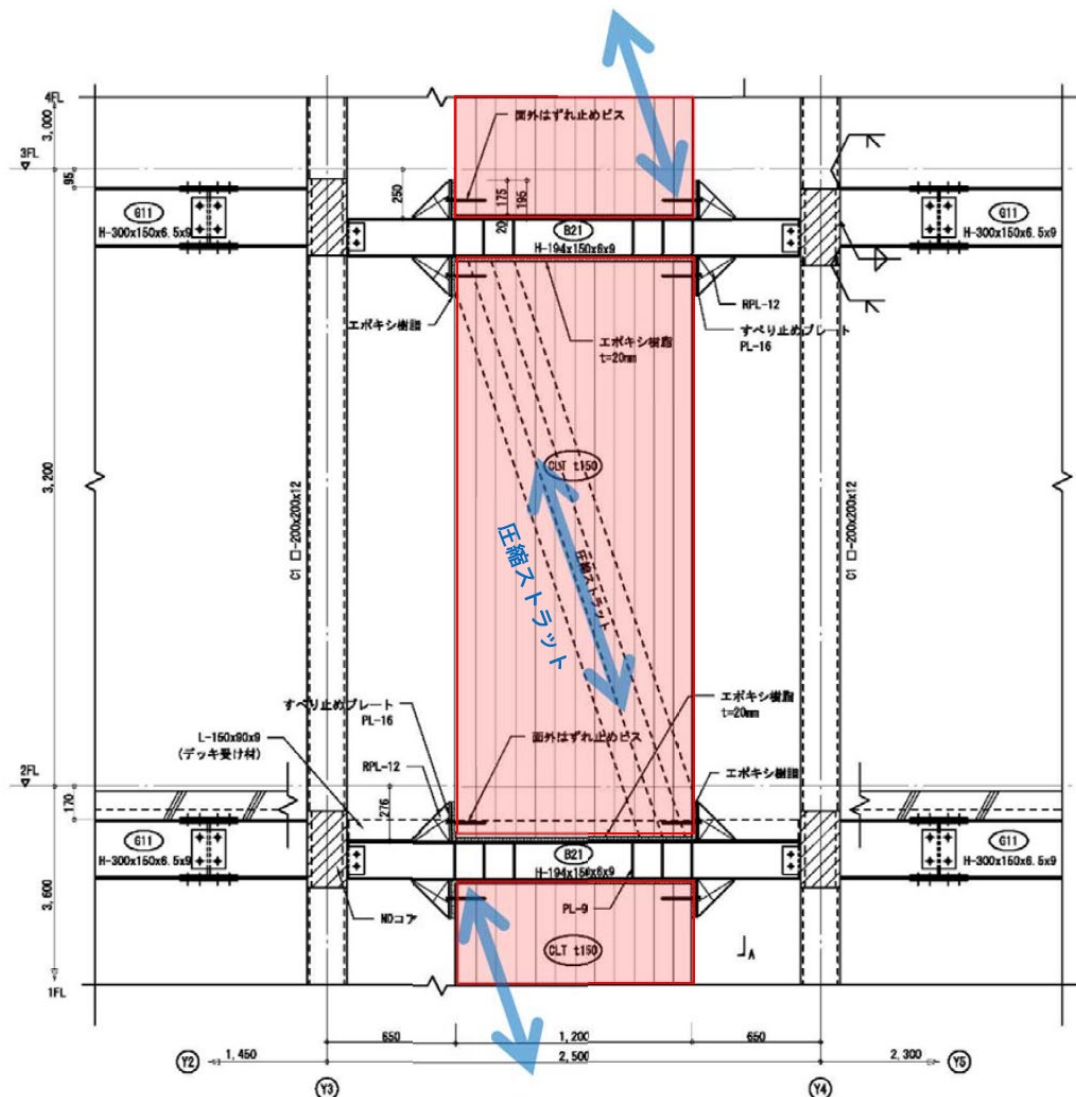


図 2.1-1 CLT 壁と鉄骨の納まり

2.2 性能検証実験の概要

(1) 実験の目的

想定される終局時の応力状態に対して、鉄骨フレームに組み込む CLT 版の安全性の確認を目的とする。構造計画としては、鉄骨の境界梁の梁降伏を想定するため、終局時の CLT 版の破壊は想定しない。検証項目は、ラミナ方向に対して任意角度がついた場合の CLT の力学的性状の確認であり、具体的な内容は以下である。

- a) 圧縮ストラットにおける協力幅
- b) 座屈耐力、モードの確認 (150mm 厚)
- c) 支圧部のめり込み剛性・耐力

(2) 実験の概要

実大試験体に、大地震時に CLT 版に生じる応力状態を想定し、圧縮ストラット及び支圧部のめり込みが生じる様な正負交番荷重による静的水平加力試験とする。

(3) 実験仕様

- a) 実験会場 : 京都大学生存圏研究所
- b) 実験期間 : 令和 5 年 12 月 19 日～20 日、令和 6 年 1 月 9,12 日
- c) 実験仕様 : 正負交番 3 回繰り返し水平力載荷による静的載荷試験
※柱頭部の変位制御で行う
※サイクルの部材角は下記による
(1/450,1/300,1/200,1/150,1/125,1/100,1/75,1/50)
- d) 最大加力 : 150kN 以上 (ロードセル最大加力 200kN)
※境界梁が降伏する際の CLT の負担せん断力が約 110kN なので、実験では 3 割増しした荷重を目標として計画する
※ジャッキ最大加力 押し 500kN 引き 250kN(ストローク±250mm)



図 2.2-1 試験体設置状況

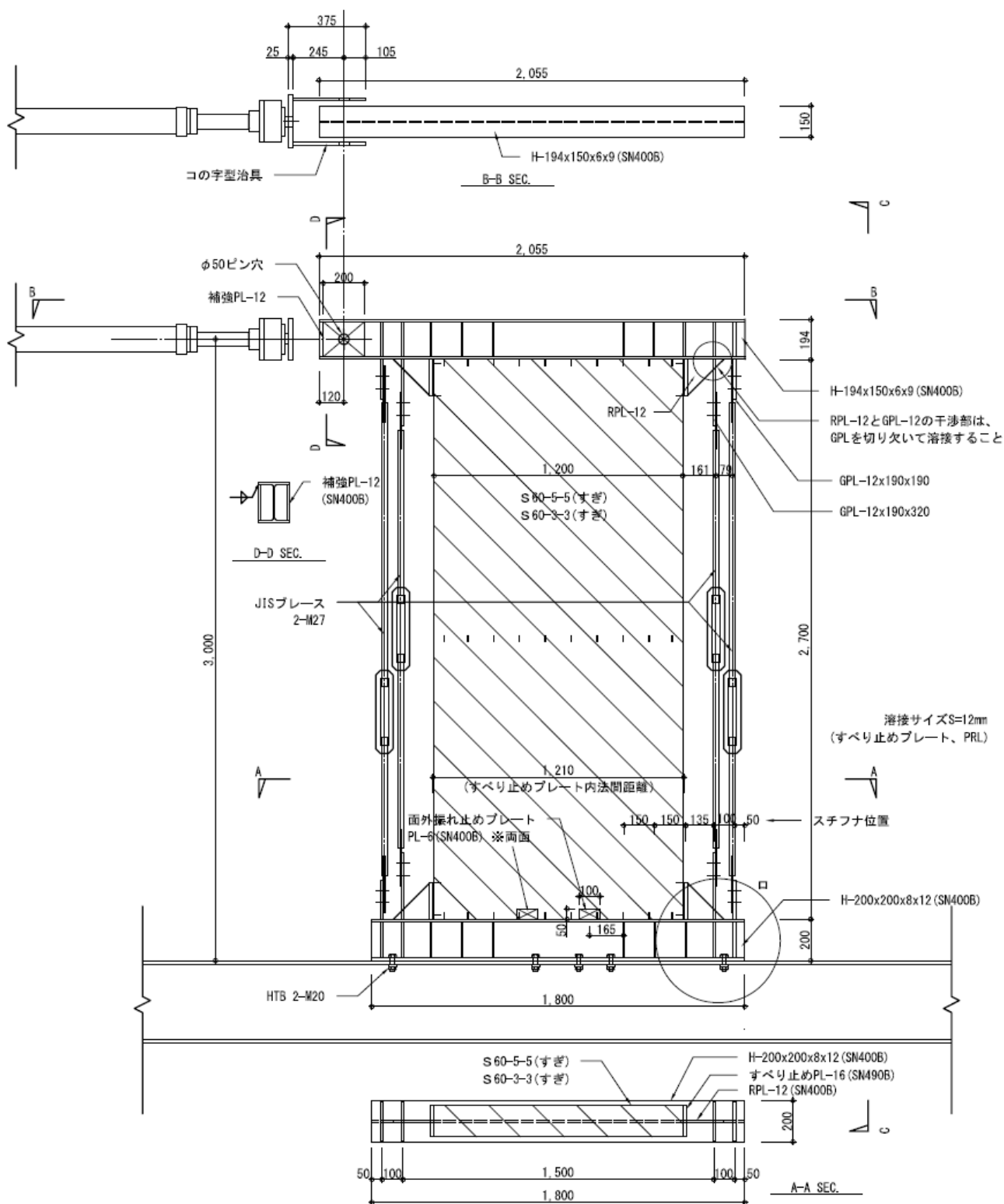


図 2.2-2 試験体の図面

2.3 実験結果

2.3.1 全体の荷重 Q と水平変位 δ の関係

- ・ 全体の水平変位 δ は、横滑りを考慮して#1 - #2 とする。
- ・ 荷重 Q と全体の水平変位 δ より、 Q - δ グラフを作成する。

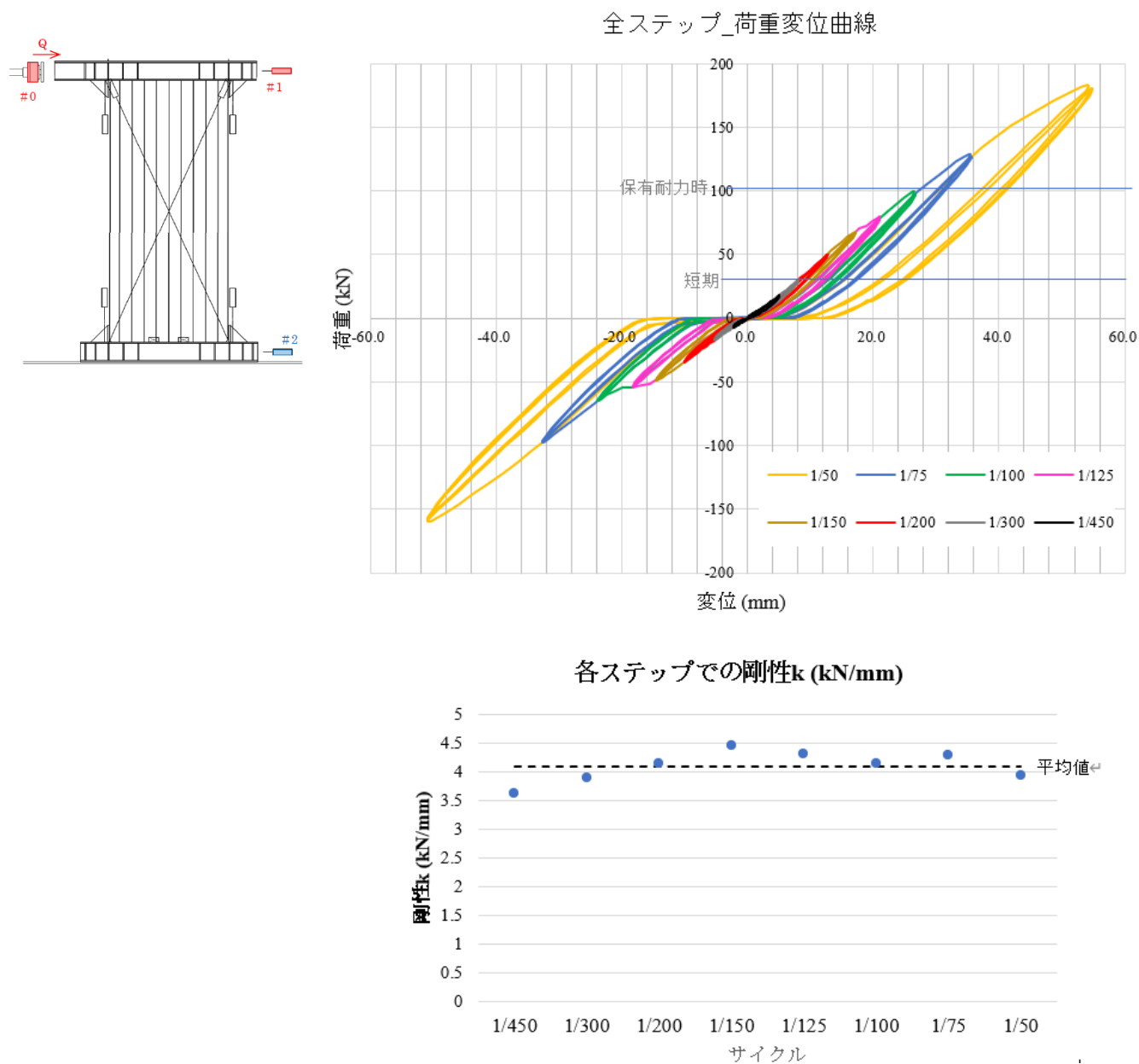


図 2.3-1 荷重変位曲線と剛性

下図は各サイクルでの $P_{\max}$ と $0.1P_{\max}$ をとる点の傾き(各サイクルの剛性)を示したものである。ただし 1/75 と 1/50 のサイクルについては、保有水平耐力算定時(変形角 1/100)の荷重 P と $0.1P_{\max}$ を取る点の傾きとした。

以上より、保有水平耐力時までの加力では 1/200-1/50 ステップではほぼ同じ剛性が確認できる。

2.3.2 CLT の圧縮ストラット-軸変形の関係

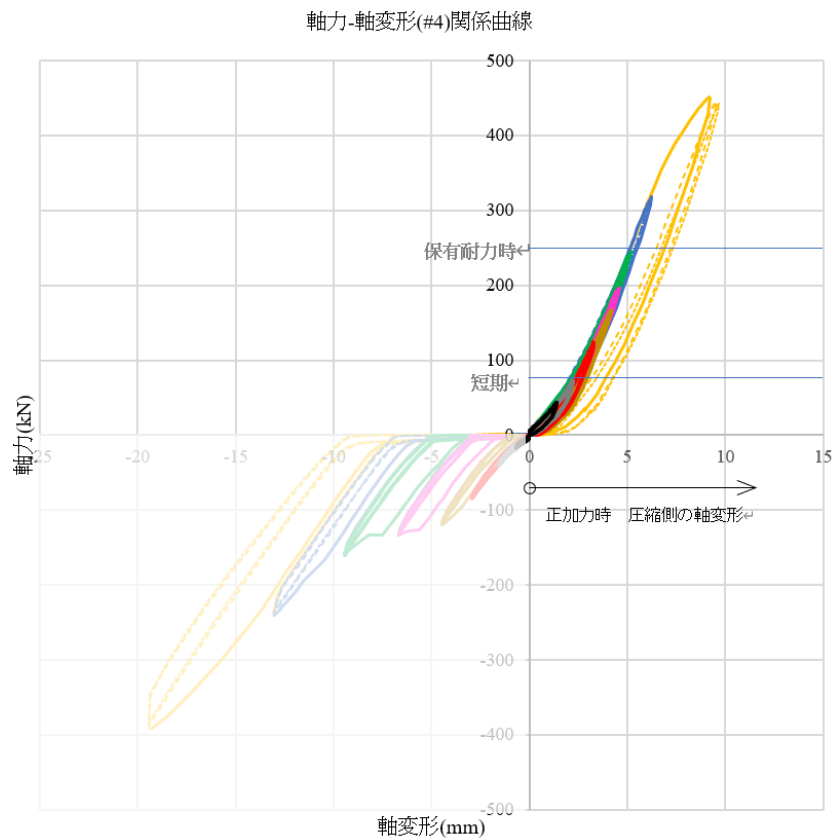


図 2.3-2 軸力-軸変形(#4 パネル対角変位)関係曲線

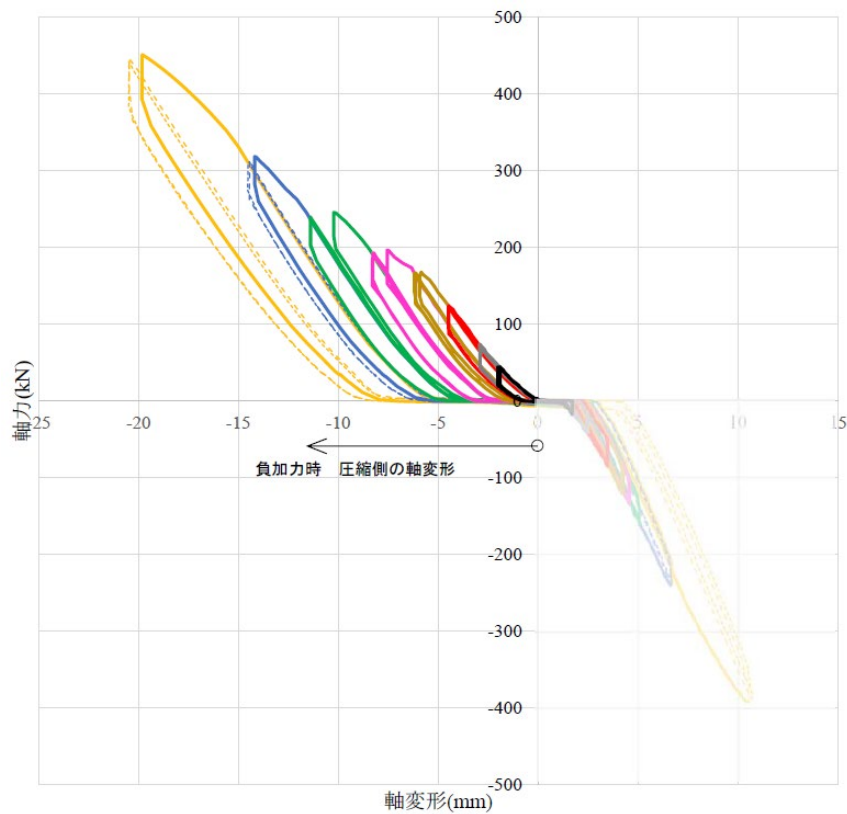


図 2.3-3 軸力-軸変形(#3 パネル対角変位)関係曲線

2.3.3 CLT 壁のストラット協力幅

下に示す荷重変異曲線の各サイクルで○をつけた点の時のひずみを下図に示す。

CLT 端部ほどひずみが大きく出る結果となった。

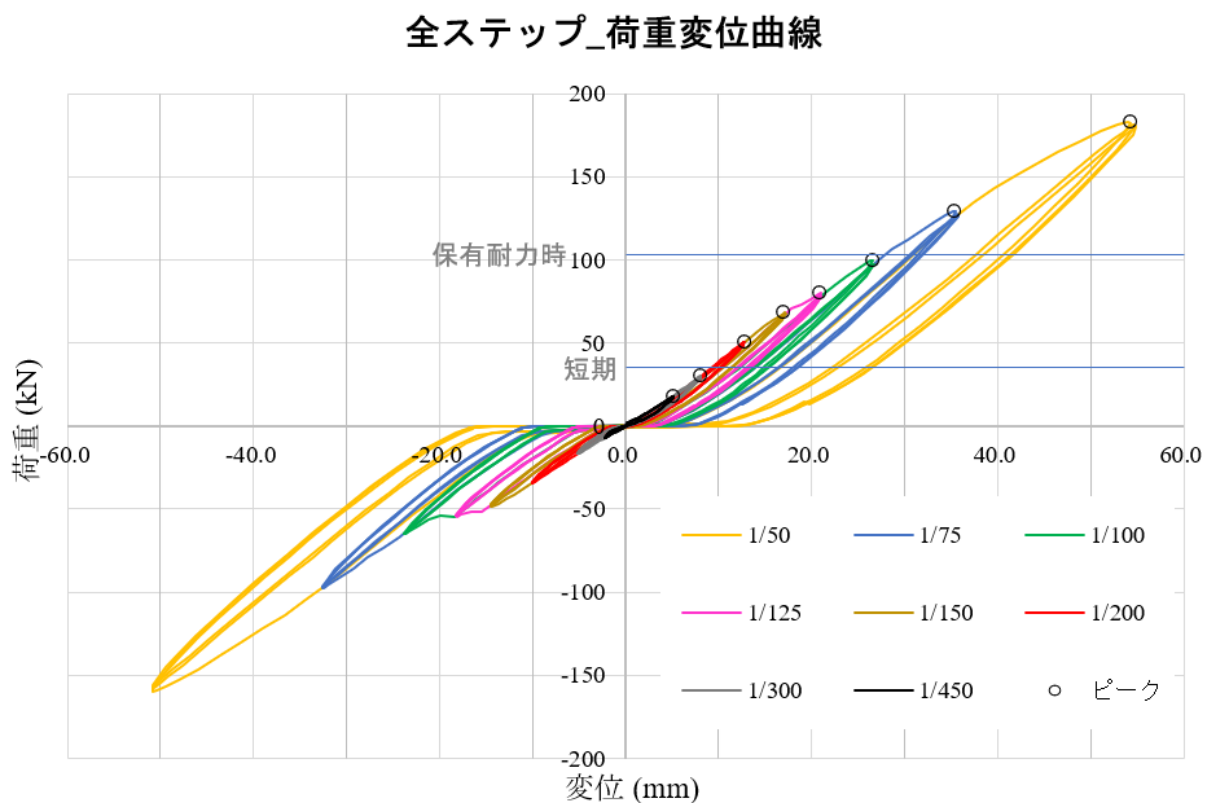


図 2.3-4 荷重変位曲線と各サイクルのピーク時のひずみ

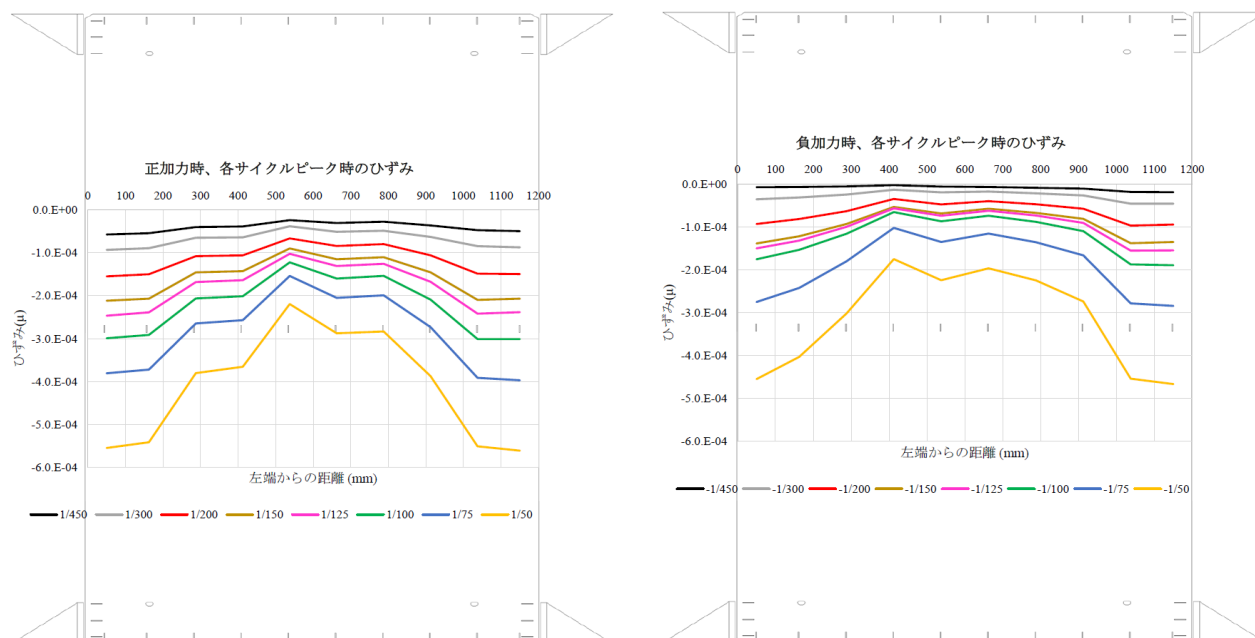


図 2.3-5 正加力時（左） 不加力時（右）の各サイクルピーク時のひずみ

2.3.4 CLT 上下端のめりこみ

○で示す正加力時のサイクルのピークとその反対にあたる負加力時のピークにおける CLT 上下端のひずみゲージで計測したひずみを一覧できるようにまとめた。ひずみの発生したゲージの位置によって加力を受けたとき CLT の端からおおむねどのくらいの幅で力を受けているかが明らかになった。

CLT 上端・下端に貼ったひずみゲージの結果から、右上部・左下部共に約 300mm の範囲にめり込みが生じた。左上部の支圧領域幅は約 300mm 程度で正方向加力時と同様の傾向が見て取れたが、右下部は約 200mm 程度の範囲しかひずみゲージの反応がなくほかの箇所に比べて支圧境域幅が小さかった。

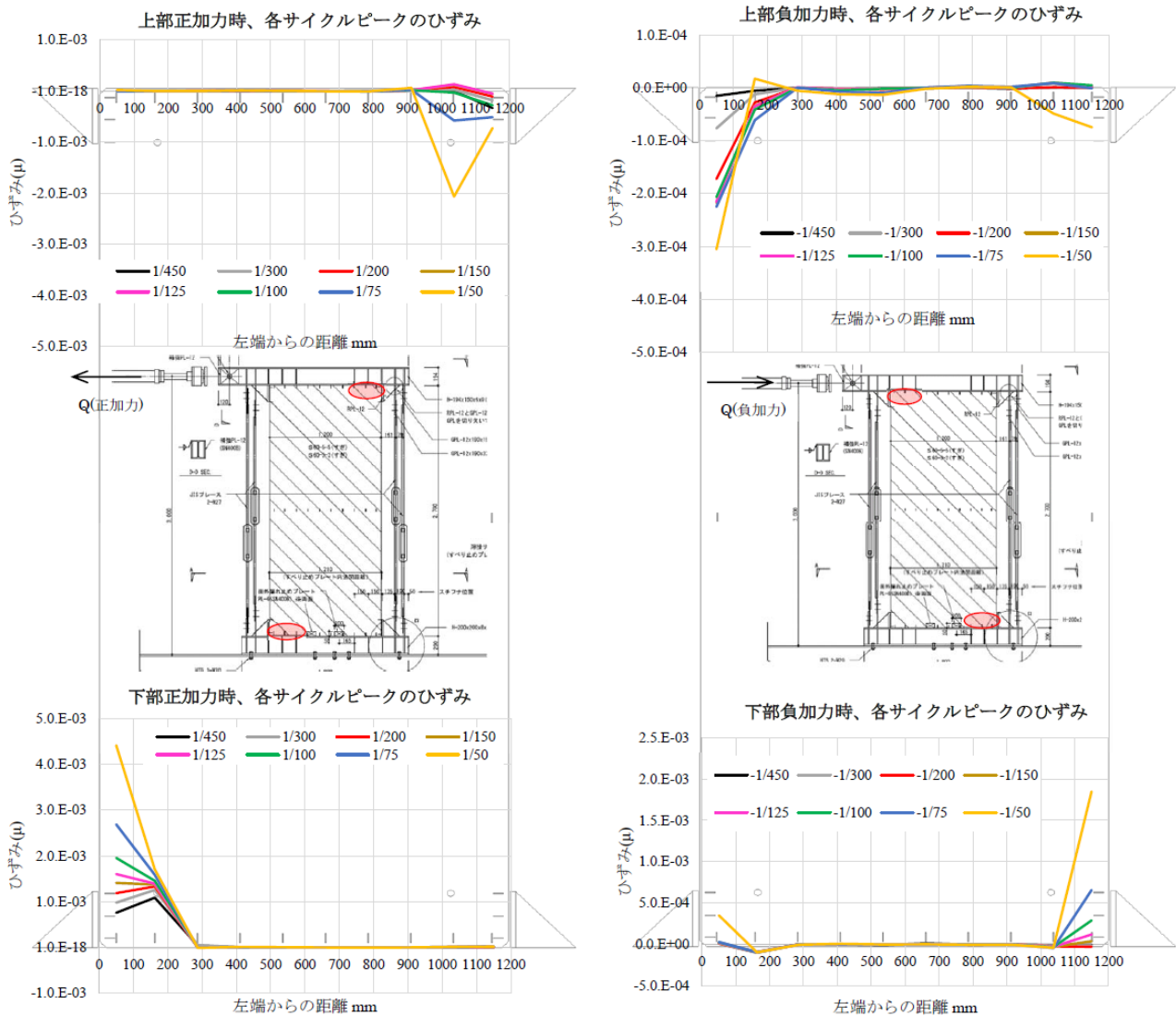


図 2.3-6 各サイクルピーク時の CLT パネル端部のひずみ

