

2.5 ライフデザイン・カバヤ(株)

事業名		CLT中層化project『NISHISHIMADA 1』新築工事の設計実証
実施者（担当者）		ライフデザイン・カバヤ株式会社
建築物の概要	用途	事務所
	建設地	岡山県岡山市北区
	構造・工法	CLTパネル工法、一部鉄骨柱及び梁、一部CLT充腹梁
	階数	6
	高さ（m）	30.87m
	軒高（m）	27.37m
	敷地面積（㎡）	3,487.59㎡
	建築面積（㎡）	625.00㎡
	延べ面積（㎡）	3,630.00㎡
	階別面積	1階
		2階
		3階
		4階
		5階
		6階
CLTの様	CLT採用部位	壁、床、屋根
	CLT使用量（㎡）	建築物使用量 概算1,042㎡
	壁パネル	寸法
		ラミナ構成
		強度区分
		樹種
	床パネル	寸法
		ラミナ構成
		強度区分
		樹種
	CLT充腹梁（フランジ）	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）	無
	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	0㎡
仕上	主な外部仕上	屋根
		外壁
		開口部
	主な内部仕上	界壁
		間仕切り壁
		床
構造	天井	CLT+PB21×2
	構造計算ルート	ルート3
	接合方法	引張及びせん断金物、ビス接合
	最大スパン	充腹梁による最大スパン10m
	問題点・課題とその解決策	CLT耐力壁による片持ち6層コア構造の脚部の設計が最大の課題。各階間に鉄骨梁を設置することによる曲げ戻し効果が解決の糸口。大スパンを構成するCLT充腹梁は生産性とコストが課題。ウェブ材の検討とフランジ部CLTとの接合方法の検討が必要。
防火	防火上の地域区分	その他地域
	耐火建築物等の要件	3階以上2時間耐火、1,2階1時間耐火
	本建築物の防耐火仕様	3階以上2時間耐火、1,2階2時間耐火
	問題点・課題とその解決策	CLT充腹梁が1時間及び2時間耐火の告示仕様対象外。個別に大臣認定を取得予定。
温熱	建築物省エネ法の該当有無	該当あり：規制対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策	構造プロトタイプモデルとしては外皮を全面開口としている。実設計ではCLTスラブ持出しによる庇で日射遮蔽効果に期待。
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）
		外壁
施工	遮音性確保に関する課題と解決策	床
		無
	建て方における課題と解決策	
	給排水・電気配線設置上の工夫	
工程	劣化対策	
	設計期間	プロトタイプの設計期間 2021年6月～2022年1月（8カ月）
	施工期間	
	CLT躯体施工期間	
体制	竣工（予定）年月日	2024年10月頃予定
	発注者	ライフデザイン・カバヤ株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）	基本設計：日本CLT技術研究所1級建築士事務所
	構造設計者	株式会社構造計画研究所
	施工者	ライフデザイン・カバヤ株式会社
	CLT供給者	銘建工業株式会社
	ラミナ供給者	

実証事業名：CLT 中層化 project『NISHISHIMADA 1』新築工事の設計実証事業
 建築主等／協議会運営者：ライフデザイン・カバヤ(株)／ライフデザイン・カバヤ(株)

1. 実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		岡山県岡山市		
構造・工法		CLT 工法、一部鉄骨利用		
階数		6		
高さ（m）		30.87	軒高（m）	27.37
敷地面積（㎡）		3,487.59	建築面積（㎡）	625.00
階別面積	1 階	505.00	延べ面積（㎡）	3,630.00
	2 階	625.00		
	3 階	625.00		
	4 階	625.00		
	5 階	625.00		
	6 階	625.00		
CLT 採用部位		壁、床、屋根		
CLT 使用量（m³）		概算 1,042 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		概算 107 m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	270mm 厚/9 層 9 プライ/S90/ヒノキ		
	床	150mm 厚/5 層 5 プライ S90/ヒノキ		
	複合スラブ	90mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60 /スギ		
設計期間		2021 年 6 月～2022 年 1 月（8 カ月）		
竣工（予定）年月日		2024 年 11 月 1 日予定		

2. 実証事業の目的と設定した課題

CLT の認知度向上、普及拡大のためには中層建築物への CLT の積極的な導入が欠かせないが、最大の課題として①コストの課題、②プレーヤーの課題がある。その中で本事業へ取り組む狙いは、①中層建築物において生産性で他工法を超えること、②中小工務店及び大工職にも中層非住宅建築への道を拓くこと、この 2 点である。国産材 CLT 活用を前提とする中で直接費での他工法との比較は難しく、まずは間接費での成果を目指すことに主眼を置くことと、住宅供給の生産性を野丁場に導入することで画期的な生産性改善を期待することが主たる狙いである。

設定した課題は以下の通り。

- ① 住宅設計中心の設計事務所がプランニング可能な汎用性のある簡易構造モデルの策定
経験の少ない設計者や中小工務店にでも着手しやすくする必要があった。
- ② 柱無大空間を実現するための CLT を活用した大スパンスラブの開発
設計空間が他工法と比較して見劣りしない様に大きな無柱空間を実現する必要があった。
- ② RC 造と比較した基準階ベースの構造躯体のコスト比較
直接工事費或いは建築材料費以外でコスト的な魅力を見つけ出す必要があった。

3. 協議会構成員

(設計) ライフデザイン・カバヤ(株)：守谷 和弘/ (開発系) 市村 直也
 (協議会運営者) 藤本 和典
 (構造設計) (株)構造計画研究所：篠原 昌寿/野田 卓見、京都大学生存圏研究所：辻 拓也
 (積算施工) ライフデザイン・カバヤ(株)：平田 拓也/ (開発系) 小宮 秀則
 (材料) 銘建工業(株)：田中 宏明/車田 慎介
 (金物) BX カネシン(株)：槇田 剛/大井 涼
 (試験) 広島大学大学院先進理工系科学研究科：森 拓郎
 (指導) 京都大学生存圏研究所：五十田 博
 計 14 名

4. 課題解決の方法と実施工程

- ① CLT 耐力壁について T 型、H 型等様々な複合壁での構造検討を行い、片持ちのコア型で構成される構造プロトタイプモデルに辿り着き、6 層の片持ちコア型の主に変位と脚部の強度を中心に検討して設計を実現した。コア型の脚部の検討では階層間に鉄骨梁を活用するなど負担軽減策を検討した。
- ② CLT をフランジとして使用する充腹梁により最大 12m スパンを実現するための、ウェブ材の検討、ウェブとフランジの接合方法等部材実験を通して検証した。ウェブ材をトラス、合板ボックス型等で実験を通じて剛性、耐力を把握、ウェブ材と CLT フランジの接合方法について実験を通じて剛性、耐力を把握した。また大スパン床構造としての汎用性のために配管スペースの検討も実施した。
- ③ 設計実証の範囲では具体的なコスト比較にならないため、基準階を抽出して材料費、施工費、工期、環境負荷といった項目で簡易に比較をした。

<協議会の開催>

令和 3 年 5 月：第 1 回開催	開催日 5/20	事業内容の説明と今後の進め方
令和 3 年 6 月：第 2 回開催	開催日 6/22	意匠計画変更案の検討、製造検証確認
令和 3 年 7 月：第 3 回開催	開催日 7/27	中層向け新規部材の設計検討 構造計画の再検討
令和 3 年 8 月：第 4 回開催	開催日 8/31	大スパン構造予備試験経過報告 構造計画の検討

令和3年9月：第5回開催 開催日 9/27 構造プロトタイプモデルの汎用性の確認
 構造プロトタイプ設計の再検証
 各部接合の検討及び後半のスケジュール確認

令和3年10月：第6回開催 開催日 10/27 構造プロトタイプの解析検討
 大スパン構造せん断試験報告

令和3年11月：第7回開催 開催日 11/22 構造プロトタイプの解析検討_継続
 大スパン構造のせん断検討

令和3年12月：第8回開催 開催日 12/20 構造プロトタイプの構造設計の検討
 接合方法の検証

令和4年1月：第9回開催 開催日 1/24 設計実証事業のとりまとめ進捗確認
 RC とのコスト比較の方法

<性能評価実験>

令和3年6月：製造検証試験（B. 大スパンスラブ）
 令和3年8月～11月：構造部材予備試験（大スパンスラブのウェブの剛性検証）
 令和4年1月：構造部材評価試験（B. 大スパンスラブ）

<設計>

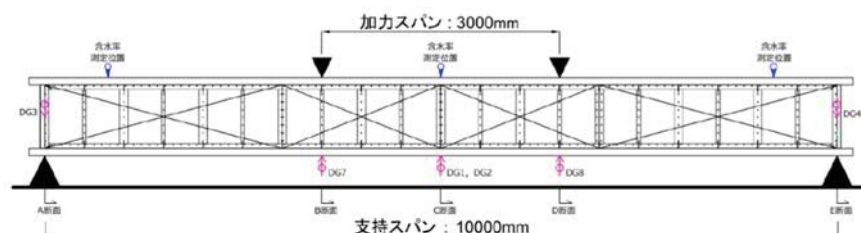
令和3年6月：B. 大スパンスラブのウェブ部分の再検討
 令和3年6月：意匠計画(空間設計)の変更
 令和3年7月：意匠計画と構造計画の調整、モデル解析による検討
 令和3年8月：大スパン構造ウェブ部分の設計検証、構造シミュレーション
 令和3年9月：構造プロトタイプの確定及び汎用タイプモデルの設計
 令和3年10月：『NISHISHIMADA 1』の実施設計（断面計画の検討）
 令和3年11月：『NISHISHIMADA 1』の実施設計_継続（矩計の確定）
 令和3年12月：『NISHISHIMADA 1』の構造設計
 令和4年1月：構造計算書作成、実施設計と構造設計の照合

5. 得られた実証データ等の詳細

CLT 充腹梁(複合スラブ:厚 920 mm、スパン 10m)の曲げ試験

(建材試験センター西日本試験所)

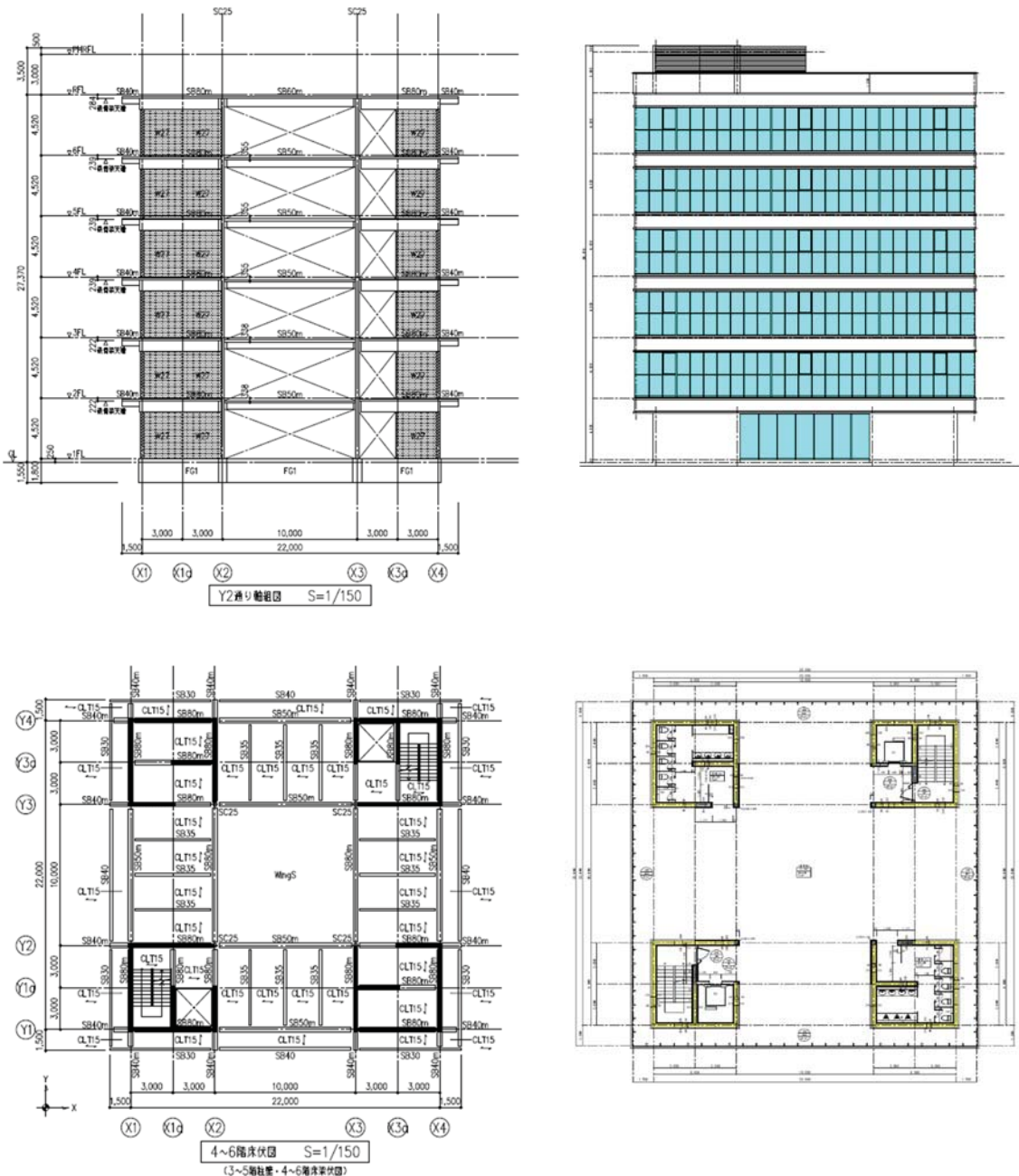
- a.ビス固定 最大荷重 281Kn たわみ 138.8 mm
- b.ビス接着併用 最大荷重 310Kn たわみ 137.5 mm

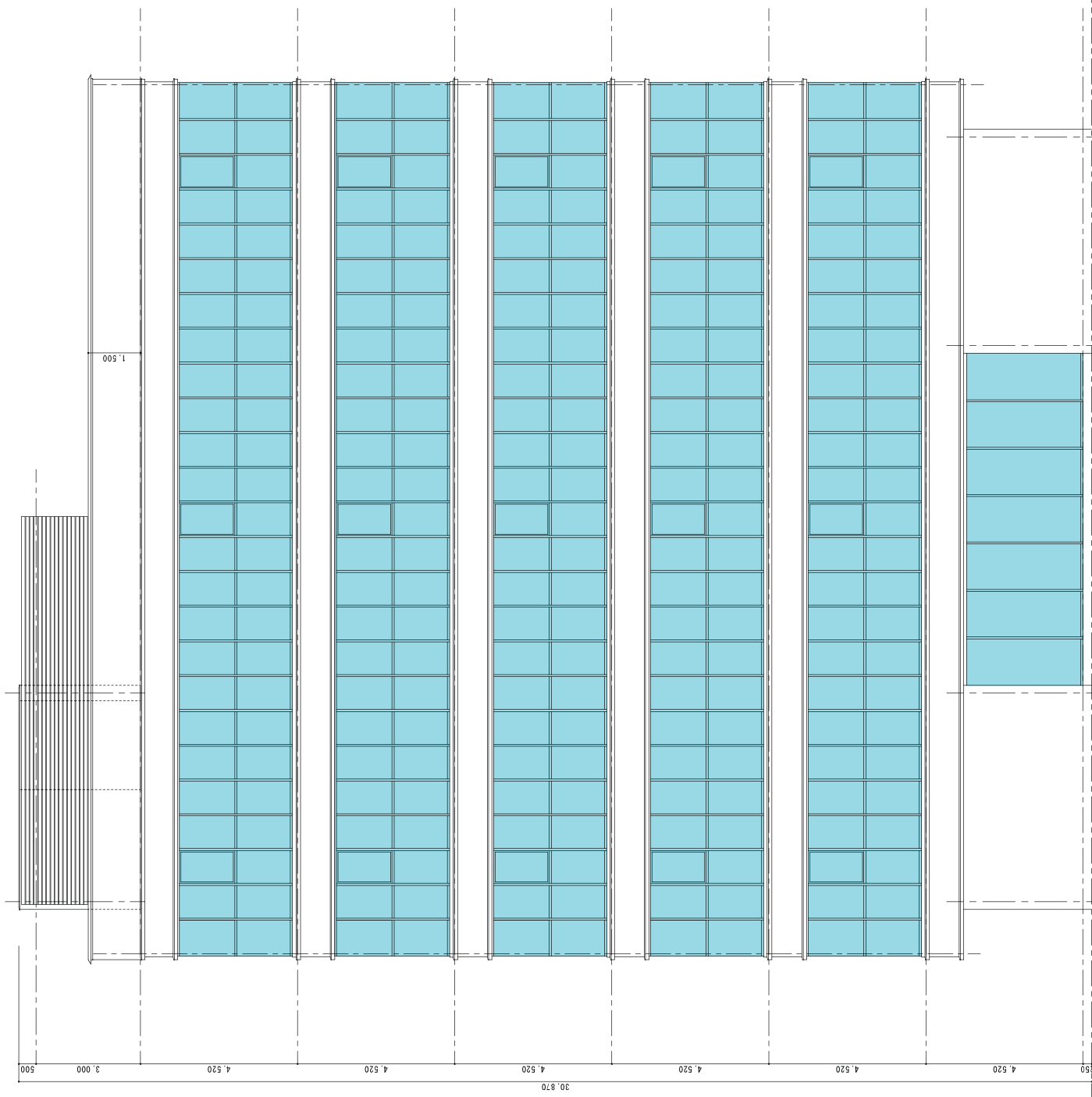



6. 本実証により得られた成果

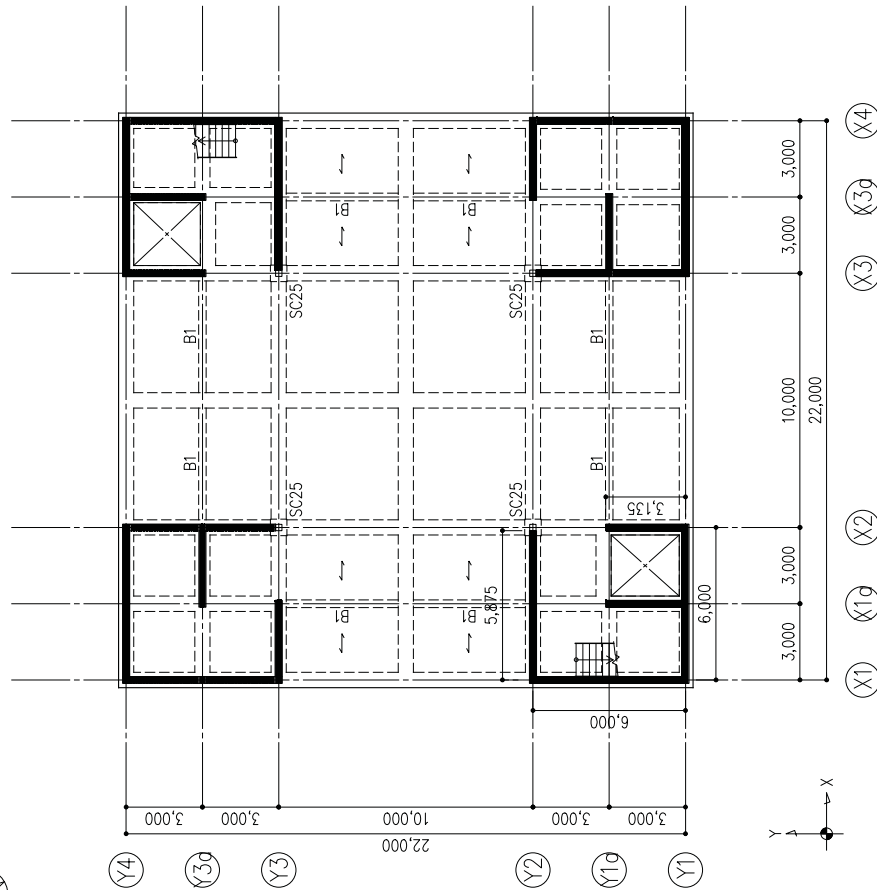
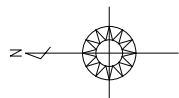
- ◆CLT 耐力壁を片持ちのコア型にすることで、コアの耐力壁量とその負担する床面積で6階建て以下の事務所系建築物の簡易設計が可能となった
- ◆90 mm以下の薄い CLT をフランジとする充腹梁(複合スラブ)で 10m の大スパンで設計することが可能となった
- ◆材料費ではまだまだ検討の余地はあるが施工費、建築物総重量、環境への負荷、工期では大きなメリットが期待できることが分かった

7. 建築物の平面図・立面図・写真等





		ライフデザイン・カワヤ株式会社 岡山県北地区建設 二丁目9番11号 一級建築士事務所 岡山県 北地区建設 第1437号				設計
		図書	校	校	校	
商品名	西立敷図	図書	校	校	校	校
図面番号	2022.02.05	図書	校	校	校	校
共同開発者 岡山県建設 岡山県建設 (林野庁補助事業)						
市町村						
備考及びその他の事項						



1階状図 S=1/150

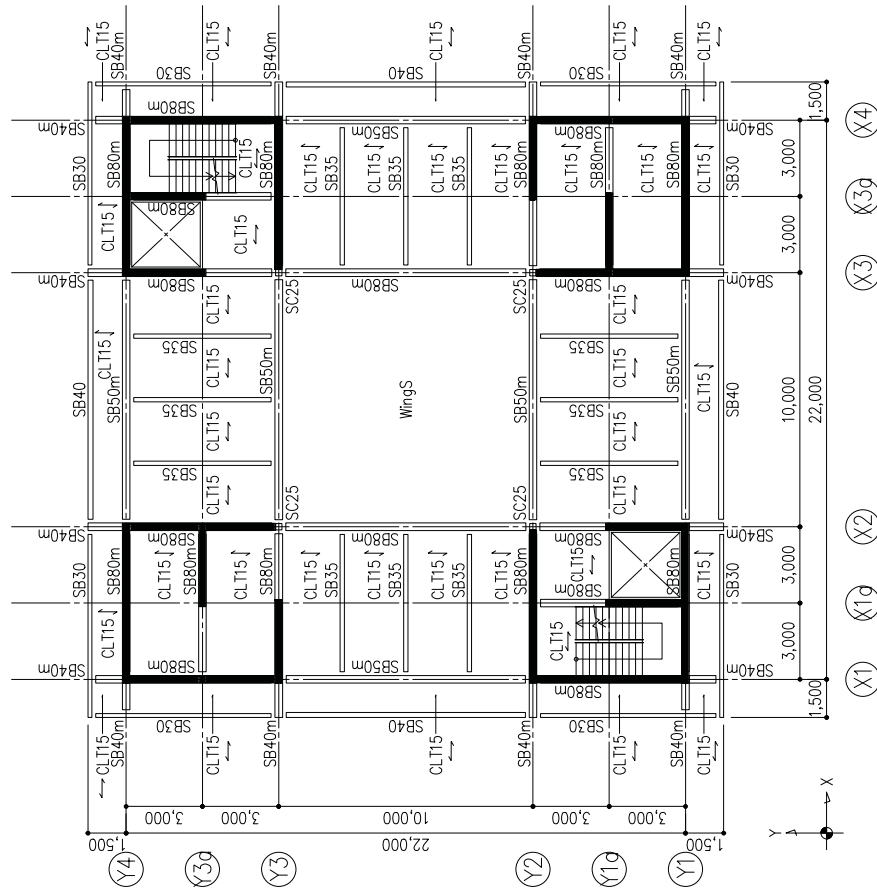
共通事項

特記なき限り下記による。

1. 1FL=GL+250
2. 壁符号は CLT壁パネル W27a とする。
3. スラブ符号は、S15 とする。
4. スラブ、基礎梁上階レベル

基礎梁上階
スラブ上階
1FL± 0 1FL± 0

5. へは、スラブ主筋方向を示し、特記なき限り短辺方向をY方向とする。



2～3階床状図 S=1/150

(1～2階柱壁・2～3階床梁状図)

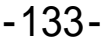
共通事項

特記なき限り下記による。

1. 壁符号は CLT壁パネル W27 とする。
2. スラブ符号は CLT15 とする。
3. スラブ、梁上階レベル

スラブ上階
FL- 100 FL- 250
鉄骨梁上階






4. へは CLT外周ラミナの隠蔽方向 (端部) 示す。



4. \longleftrightarrow は CLT 外層ラミナの繊維方向（強軸）を示す。

スラブ上端 RFL- 100 鉄骨梁上端 RFL- 250

電 話 帳 録	備考及びその内	報告書名	scale	ライフデザイン・カバヤ株式会社 岡山県の北中岡通 ニード9番11号 一般建築士事務所 岡山県 加東郡豊後 4 37号		
		共同開発会議～西島田計画（林野行補助事業）	—			
		採伐量関係 4～6期採伐量・関係状況	1/150			
		申請日	作成日		検 査	計 算
			2022.01.03	S-03		
			発注日 2022.01.09			

基 礎 梁 · 小 梁 斷 面 表						S=1/50
符 号	FG1	FG2	FG11	FG12	B1	
位 置	全断面	全断面	全断面	全断面	全断面	
断面						
b × D	600 × 2,000	600 × 2,000	600 × 2,000	600 × 2,000	300 × 650	
上 横 筋	5/5-D25	5/2-D25	5/5-D25	5/2-D25	3/3-D19	
下 横 筋	5/5-D25	5/2-D25	5/5-D25	5/2-D25	3/3-D19	
S T P	□D13@200	□D13@200	□D13@200	□D13@200	□D10@200	
備 考						

共通事項

特記を先取り下記による。

1. $b \times D$

2. 鉄結材質

SD390
SD345
SD295A

D29~D32
D19~D25
D10~D16

3. 要 筋

$900 \leq D < 1,200$ (2 段)
 $1,800 \leq D$ 8~D13 (4 段)
D10@1,000

4. 端止め筋

床版配筋表					
符号	版厚	位置	短辺方向	長辺方向	備考
S15	150	上端筋	D13@200	D13@200	
		下端筋	D13@200	D13@200	
FS20	200	上端筋	D13@200	D13@200	
		下端筋	D13@200	D13@200	
LS1	—	—	—	—	ルーフデッキ 柱間梁仕替
WingS	—	—	—	—	CLT集合スラブ S-08 に示す。

共通事項

特記なき限り下記による。

1. 床スラブ開口補強

本要項は軟骨帯の仕とブレースまわりにも適用する。

(1) 在来工法 およびフラットデッキスラブ（開口の大きさは600まで）

40d

40d

40d

40d

400

400

400

400

600

600

使用される最大主筋で
nx/2 本以上の断面積

使用される最大主筋で
ny/2 本以上の断面積

10y本

開口 400 までは（使用される最大主筋1本）
開口 600 までは（使用される最大主筋2本）

使用される最大主筋で
nx/2 本以上の断面積

使用される最大主筋で
ny/2 本以上の断面積

10y本

開口 400 までは（使用される最大主筋1本）
開口 600 までは（使用される最大主筋2本）

X-U

X-U

開口補強筋は、スラブ主筋の内側に設けること。

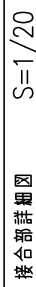
鉄 骨 柱 断 面 表			
符 号	断 面	材 質	備 考
SC1	□— 250 × 250 × 16	STKR490	

鉄 骨 梁 断 面 表							
符 号	断 面	ウ ェ ブ 断 手					
		HTB	m x n	G.P.L-1	PL-2 (2重断面兼え板)	材質	備考
SB30	H- 300 x 150 x 6.5 x 9	3 - M20	3 x 1	G.P.L-9	——	SS400	
SB35	H- 350 x 175 x 7 x 11	3 - M20	3 x 1	G.P.L-9	——	SS400	
SB40	H- 400 x 200 x 8 x 13	4 - M20	4 x 1	G.P.L-9	——	SS400	
SB40m	H- 390 x 300 x 10 x 16	4 - M20	4 x 1	G.P.L-12	——	SS400	
SB50m	H- 488 x 300 x 11 x 18	5 - M20	5 x 1	G.P.L-12	——	SS400	
SB60m	H- 588 x 300 x 12 x 20	14 - M22	7 x 1	G.P.L-12	2.P.L-9	SS400	
SB80m	H- 800 x 300 x 14 x 26	16 - M22	8 x 1	G.P.L-16	2.P.L-12	SM490A	

壁パネル断面表 (CLT)				
階	符号		W27	W27a
	厚さ (t) × 幅 (B)	270 × 3000		
	高 さ (H)	軸間図による		軸間図による
	種 類	CLT		CLT
	材 種	ヒノキ		ヒノキ
	強度等価	S90-9-9		S120-9-9
2~PH階	壁 頂	S-07 に示す。		S-07 に示す。
	接合部			
	壁 脚	S-07 に示す。		S-07 に示す。
	備 考			

木質床 (CLT)						
符 号	t	材 質	樹 種	強度等級	接 合 部 (床一床)	備 考
CLT15	150	CLT	スギ	Max60・5-5	合板スプライン (t=28, B=149, CN75#100)	床パネル下部の構造材への接合：鋼なしスタッドボルトφ13@50
WingS						CLT複合スラブ S-08 に示す。

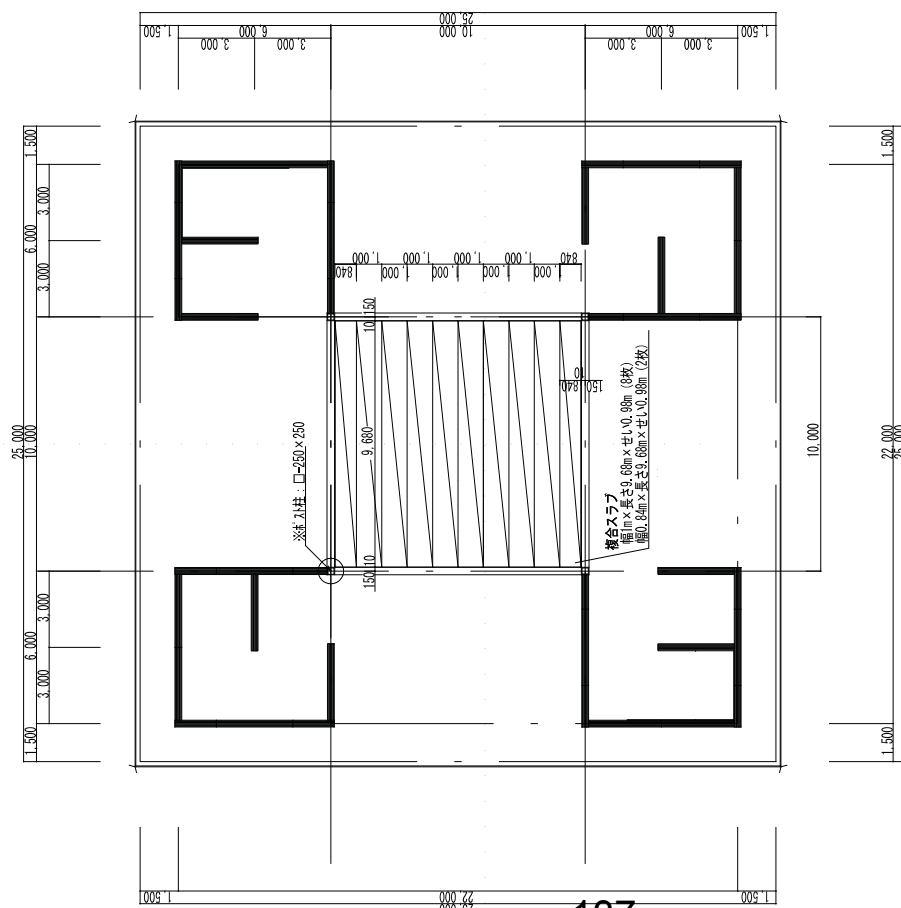
	特記事項	備考及びその他	発注者 共同開発会館～西島田計画(林野庁補助事業)	発注者名 ライフデザイン・カバヤ株式会社 岡山県北区的山通 二丁目9番11号 一般建築工事務所 岡山県 知事登録 第1437号	scale 1/50
			部材断面表		図面 S-06
			申請期日	作成日 2022.01/03	検 検 設計
				更新日 2022.01/09	



共通事項

特記なき限り下記による。

1. スタットボルトは頭なし仕様とする。
2. スタット部の床穴はスタットボルト径+10φ以内とする。
3. 補間プレートとの間隔が600未満の場合は接部にも入れる。

[illegible]

2～6階 平面図
複合スラブ配置図

構 造 計 算 書

工事名称

西島田計画（林野庁補助事業）

令和 4 年 2 月

ライフデザイン・カバヤ 株式会社

株式会社 構造計画研究所

一級建築士事務所（東京都知事登録） 第 2546 号

一級建築士（大臣登録） 第 334108 号 石塚広一

構造設計一級建築士 第 9192 号 石塚広一

目次

1 一般事項

1.1	全体計画概要、本計算書該当建物	1- 1
1.2	建築概要	1- 3

2 構造設計概要

2.1	基本方針	2- 1
2.2	構造設計方針	2- 5
2.3	使用構造材料	2- 9
2.4	応力解析概要	2-13
2.5	準拠資料	2- 14

3 荷重・外力計算条件

3.1	固定荷重	3- 1
3.2	積載荷重	3- 5
3.3	積雪荷重	3- 5
3.4	風荷重	3- 8
3.5	地震力算定用重量及び地震荷重	3- 11
3.6	荷重の組み合わせ	3- 14

4 上部構造の設計

4.1	全体解析モデル概要	4- 1
4.2	鋼板 2 枚挿入 DP 接合部の設計	4- 1
4.3	許容応力度計算	4- 1
4.4	保有水平耐力計算	4- 1

5 基礎の設計

5.1	地盤概要	5- 1
5.2	基礎の設計方針	5- 7
5.3	杭の設計	5- 8
5.4	基礎梁の設計	5- 8

6 複合スラブ部分の設計

6.1	複合スラブ部分の検討	6- 1
6.2	複合スラブの仕様	6- 2
6.3	複合スラブ曲げ試験結果	6- 3
6.4	荷重	6- 4
6.5	検定	6- 5

別紙①： 複合スラブ試験成績書

1. 一般事項

1.1. 全体計画概要、本計算書該当建物

本計画は中高層木造建築物の量産化に向けた汎用的な構造システムの実証プロジェクトである。本計算書ではそのプロトタイプとして、地上 6 階建て、延べ床面積約 3600 m²のオフィスビルを仮想の敷地に設定し、一連の構造検討を行う。本構造システムの将来造として、以下に示すような中高層木造建築物への展開を想定している。

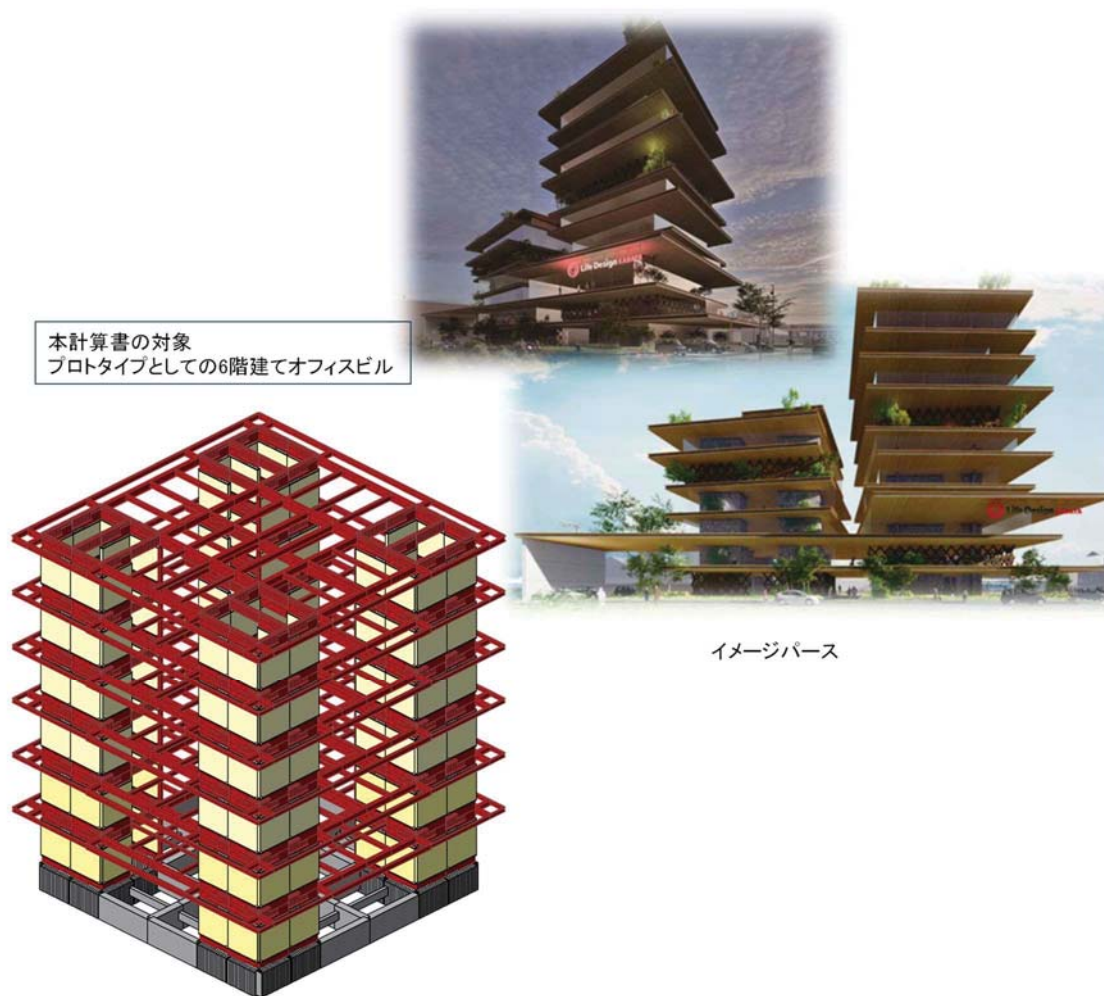


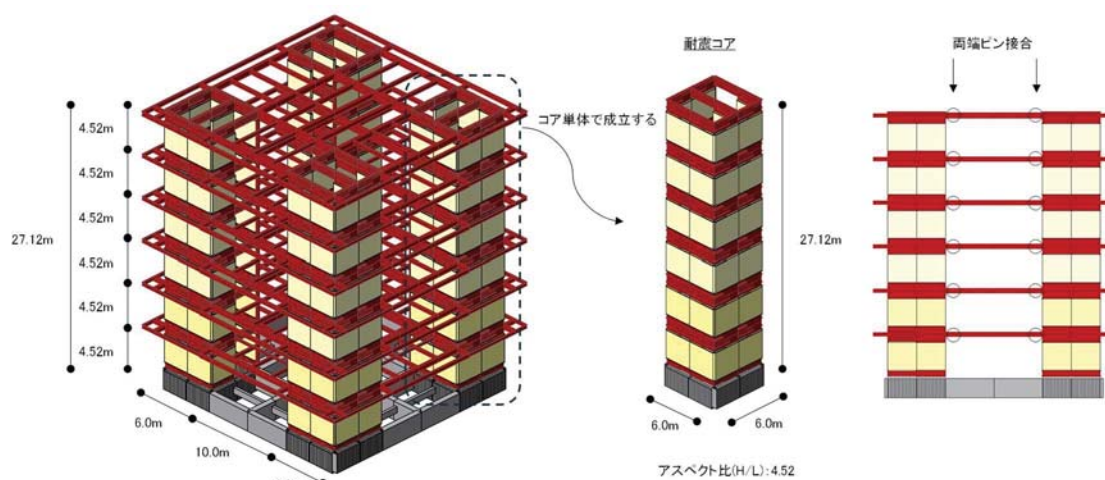
図 1.1.1 計画概要

2. 構造設計概要

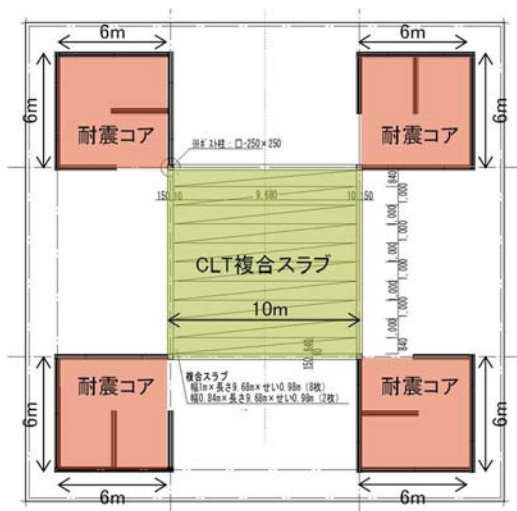
2.1. 基本方針

(1) 構造計画概要

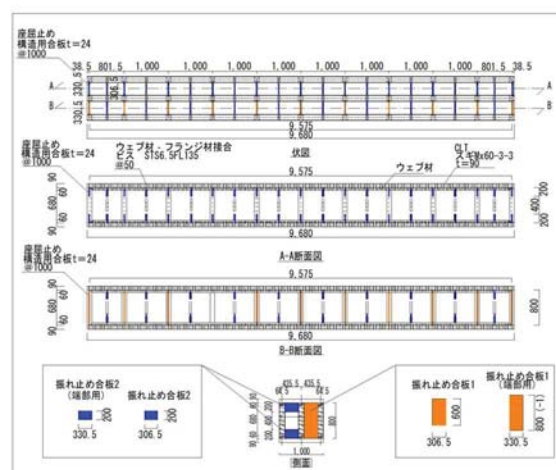
本建物の平面は階段やエレベータ等の設備を集約した 6m×6m の耐震コア及び 10m スパンの事務室空間により構成される。耐震コアは CLT 壁パネルを BOX 型に配置し、各階床レベルにまわした鉄骨梁により直交壁と一体化する。耐震コア間をつなぐ 10m スパンの鉄骨梁は両端ピン接合として境界梁としての効果を見込まず、耐震コア単体がひとつの片持ち柱構造として成立するよう計画する。各階の床は木造スラブとし建物全体重量の軽減や鉄骨数量の削減を図る。中央の 10m×10m の床梁には CLT を上下弦材とした木質複合スラブを採用し、それ以外の床は通常の CLT スラブとする。



(a) 構造パース



(b) 平面計画



(c) CLT 複合スラブ

図 2.1.1 構造計画概要

木造片持ち柱構造の場合、鉄骨造やRC造と比べて部材の剛性が低く、また接合部の変形が卓越するため、層間変形角の制限がクリティカルとなることが予想される。本設計では事前のパラメトリックスタディにより得られた、片持ち柱構造のアスペクト比と層間変形角の関係から、耐震コアの実現性を確認した。以下に本建物の地震力に対する設計条件を示す。

本建物は1階で壁倍率換算43倍相当の壁配置となっており、CLT壁パネルの平均せん断応力度 τ は 0.32N/mm^2 である。コアのアスペクト比及び平均せん断応力度から予想される、本片持ち柱構造の層間変形角は $1/320\text{rad}$ 程度であり、十分にクライテリアを満たすことを確認した。

層せん断力	総壁長	壁倍率	壁厚	平均せん断応力度	コアのアスペクト比
$Q_i[\text{kN}]$	$\Sigma L_w[\text{m}]$	-	$t[\text{mm}]$	$\tau [\text{N/mm}^2]$	H/L
4085.29	48	43.42	270	0.32	4.52

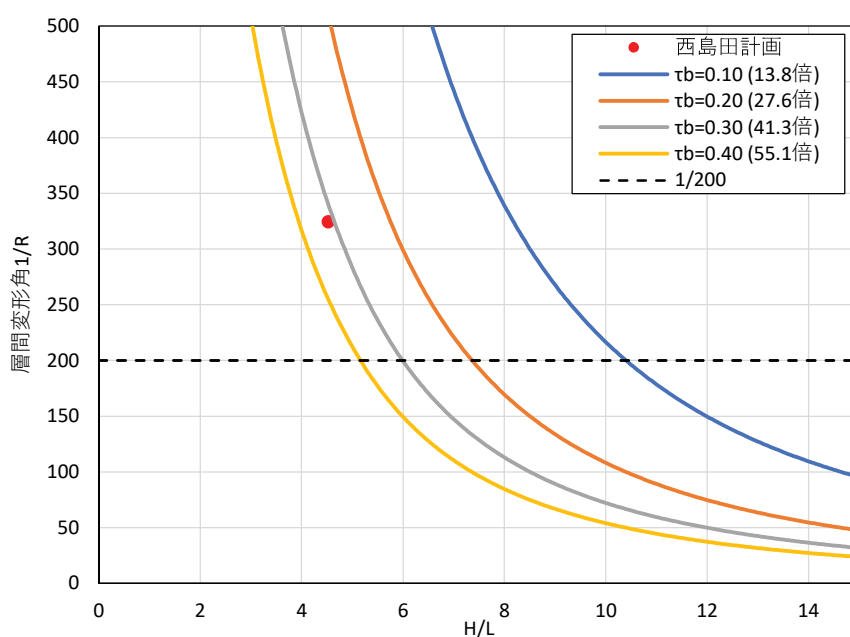


図 2.1.2 アスペクト比と層間変形角の関係

4. 上部構造の設計

4.1. 全体解析モデル概要

- ・ 構造階高は設計 GL から算定し、各階鉄骨梁の図心までの高さとする。
- ・ CLT 壁パネルは直交異方性を考慮した等価線材置換とし、鉄骨梁は線材でモデル化する。
- ・ CLT 壁パネルと鉄骨梁及び基礎梁間の支圧は、圧縮専用分布ばねによりモデル化する。
- ・ CLT 壁パネルの鋼板挿入ドリフトピン接合部は、支圧バネ及び回転バネを適宜配置する。
- ・ 水平構面は鉄骨梁に CLT 床をスタッドで接合するため剛な床を仮定し、剛床としてモデル化する。
- ・ 杭位置をピン支点としてモデル化する。

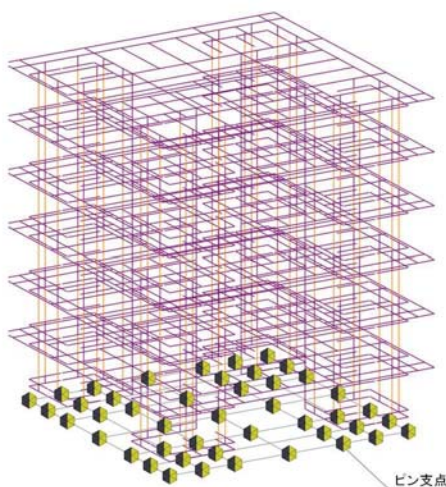


図 4.1.1 解析モデル図（全体）

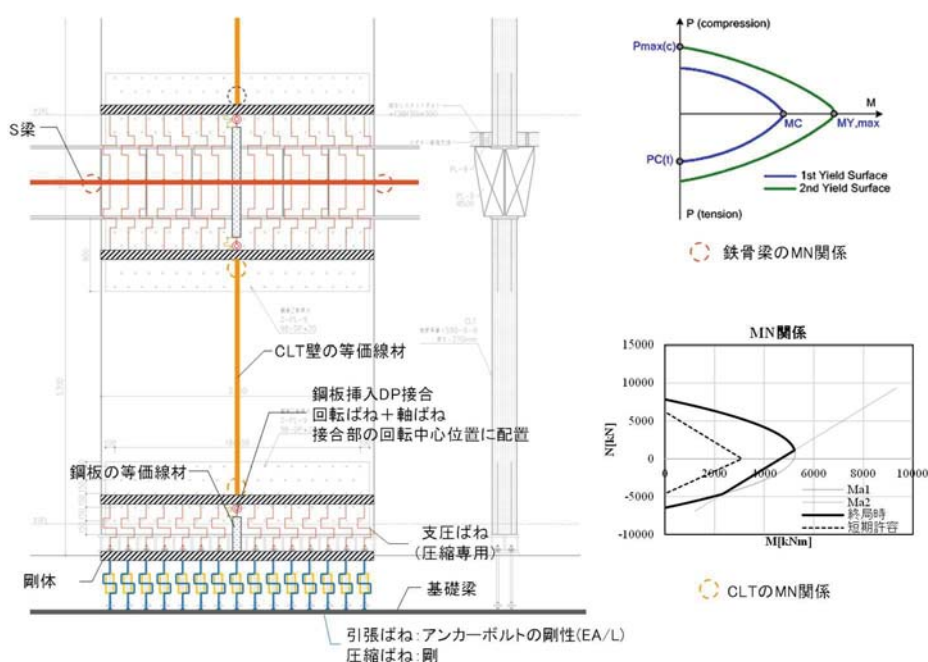
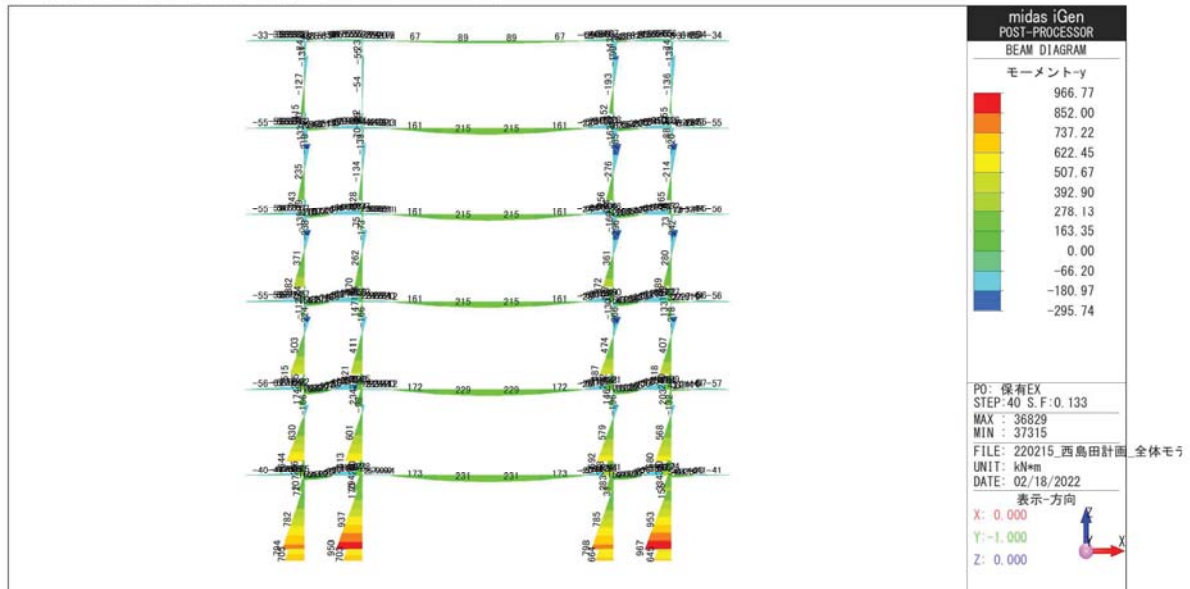


図 4.1.2 解析モデル図（接合部）

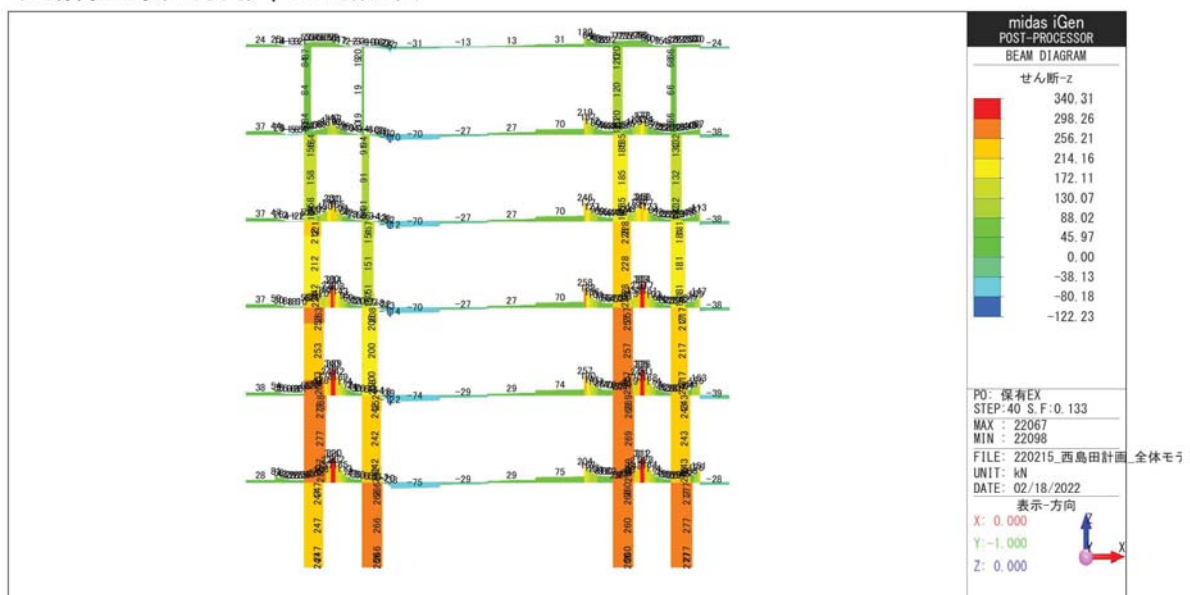
(2) 短期荷重時

代表構面の短期応力解析結果を以下に示す。

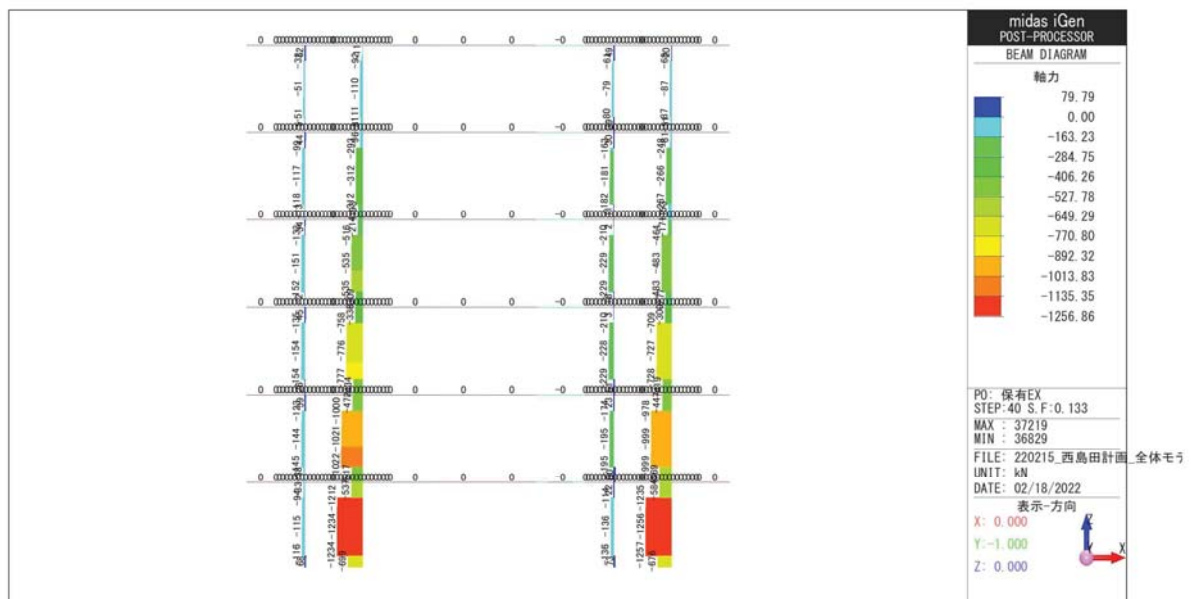
短期荷重時(+X方向) | 曲げモーメント図



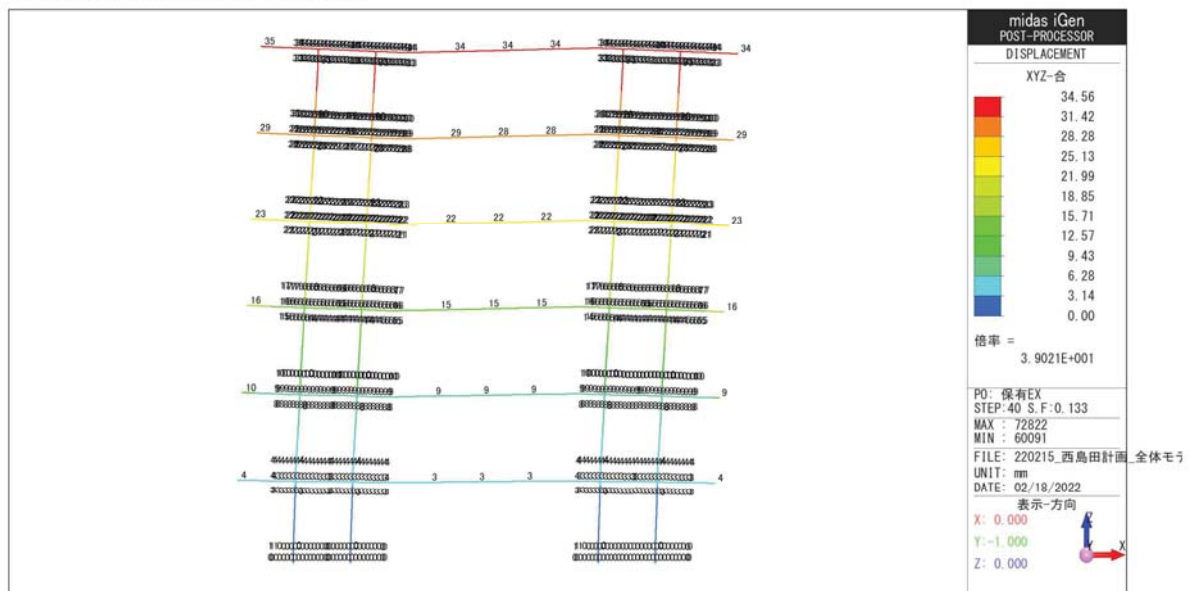
短期荷重時(+X方向) | せん断力図



短期荷重時(+X方向) | 軸力图



短期荷重時(+X方向) | 変形図



4.4. 保有水平耐力計算

4.4.1. 計算方針

- ・ 解析モデルは 1 次設計で用いたモデルと同様の 3 次元モデルとする。
- ・ 本建物は完全に対称配置のため、荷重ケースは+X 方向のみを対象とする。
- ・ 保有水平耐力計算は A_i 分布に基づいた水平力を作用させた荷重増分解析によって行う。
- ・ 保有水平耐力 Q_u は表 4.4.1 に示す決定要因に基づき決定した。
- ・ 構造特性係数 D_s は、表 4.4.2 に示すように平 28 国交告第 611 号第八第二号の規定に準拠し、X 方向、Y 方向共に 0.55 とした。

表 4.4.1 保有水平耐力 (Q_u) の決定要因

検討部位	保有水平耐力の規定値	
層間変形角	1/50rad に達する時点	
CLT 壁パネル	終局耐力に達する時点	
接合部	アンカーボルト	終局変形
	鋼板挿入 DP 接合	終局強度

※鉄骨部材は保有水平耐力時に弾性とする

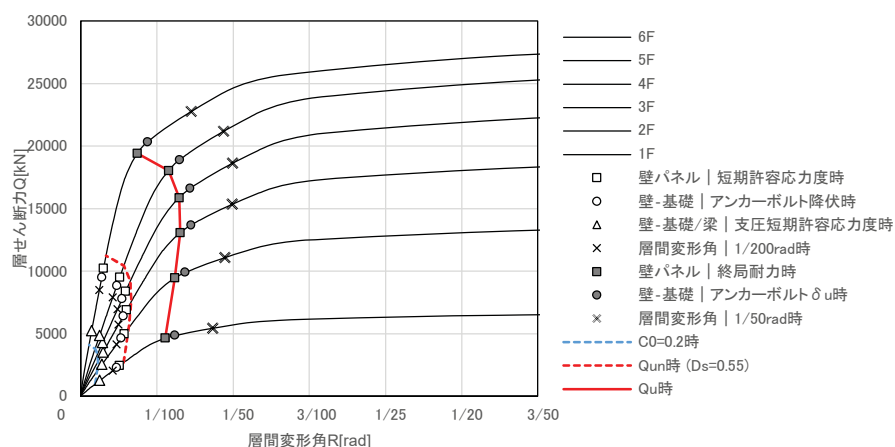
表 4.4.2 D_s の設定 (平 28 国交告第 611 号第八第二号に準ずる)

耐力壁の構造	無開口壁パネル等の長さ		
	九十センチメートル以上一・五メートル以下の場合	一・五メートルを超え二メートル以下の場合	二メートルを超える場合
第五号第二号及び第三号イ((2)を除く。)又はロ((2)を除く)に適合するもの。	0・四	0・五	0・五五
第五号第二号及び第三号ハ((1)(同号ロ(2)に係わる部分に限る。))を除く。)に適合するもの。	0・五五	0・五五	0・五五

4.4.2. 荷重増分解析結果

(1) 層せん断力 - 層間変形角関係

荷重増分解析によって得られた層せん断力と層間変形角の関係及び主要ステップにおける各層の層間変形角を以下に示す。



荷重増分解析結果 荷重ケース: +EX				解析ス テツプ	Ci	層間変形角[rad]					
許容 力点Qa	CLT	壁パネル 短期許容応力度時		100	0.50	6F	5F	4F	3F	2F	1F
	接合部	壁-基礎 アンカーボルト降伏時		93	0.47	1/197	1/176	1/167	1/171	1/196	1/335
	接合部	壁-基礎/梁 支圧短期許容応力度時		51	0.26	1/213	1/190	1/180	1/185	1/212	1/363
		層間変形角 1/200rad時		83	0.42	1/403	1/359	1/341	1/351	1/404	1/699
		C0=0.2時		40	0.20	1/240	1/214	1/203	1/208	1/239	1/410
終局 力点Qu	CLT	壁パネル 終局耐力時		190	0.95	1/525	1/468	1/445	1/458	1/528	1/921
	接合部	壁-基礎 アンカーボルトδu時		199	1.00	1/91	1/82	1/77	1/78	1/87	1/135
		層間変形角 1/50rad時		223	1.12	1/82	1/74	1/70	1/70	1/78	1/115
		Qu時		190	0.95	1/58	1/53	1/51	1/51	1/54	1/69
		Qun時 (Ds=0.55)		110	0.55	1/91	1/82	1/77	1/78	1/87	1/135

表 4.4.3 必要保有水平耐力と保有水平耐力(+X 方向)

方向	階	Ds	Fes	Qud[kN]	Qun[kN]	Qu[kN]	Qu/Qun	判定
+X方向	6F	0.55	1.00	4883.8	2686.1	4630.2	1.72	OK
	5F	0.55	1.00	9953.5	5474.4	9439.4	1.72	OK
	4F	0.55	1.00	13782.1	7580.2	13071.8	1.72	OK
	3F	0.55	1.00	16734.6	9204.0	15869.9	1.72	OK
	2F	0.55	1.00	19022.9	10462.6	18041.1	1.72	OK
	1F	0.55	1.00	20464.5	11255.4	19405.1	1.72	OK

以上より、保有水平耐力は必要保有水平耐力を上回ることを確認した。

4.4.3. 保有水平耐力時の検討

本建物では+X 方向については壁パネルが終局耐力に達した時点を保有水平耐力と設定した。
ここでは保有耐力の決定要因となった部材を示すと共に、その際、他の部材等が終局耐力および終局変形に至っていないことを示す。

(1) CLT パネルの断面検定

保有水平耐力時の CLT 壁パネルの検討結果を以下に示す。下式で算出した MN 関係により確認する。

$$M = \min(M_{a1}, M_{a2}) \quad (2.2.1)$$

ここで、

$$M_{a1} = \frac{D - 0.85x_n}{2} \cdot C + \frac{D + 2x_n}{6} \cdot T \quad (2.2.2)$$

$$M_{a2} = \left(\frac{N}{D \cdot t \cdot F_c} + 1 \right) \cdot Z \cdot F_b \quad (2.2.3)$$

$$x_n = \frac{N + F_b \cdot t \cdot D / 2}{(0.85^2 \cdot F_c + 1/2 \cdot F_b) \cdot t} \quad (2.2.4)$$

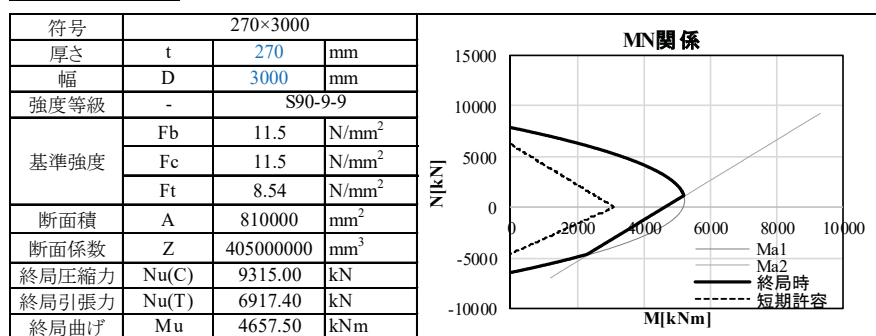
$$T = F_b \cdot t \cdot (D - x_n) / 2 \quad (2.2.5)$$

$$C = 0.85^2 F_c \cdot t \cdot x_n \quad (2.2.6)$$

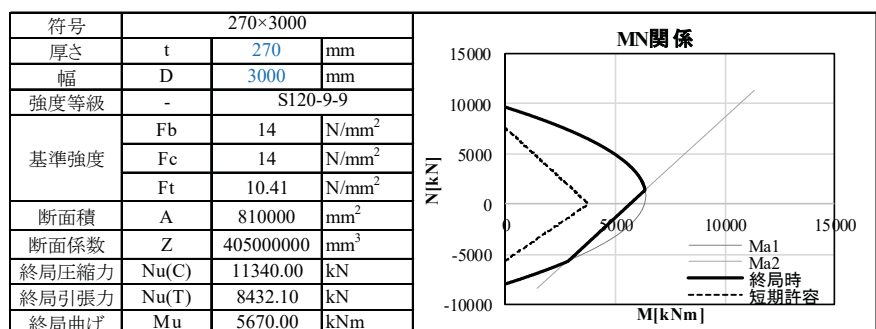
N : 壁パネルの軸力
 F_c : 面内圧縮の基準強度
 F_b : 面内曲げの基準強度
 Z : 壁パネルの断面係数(全断面有効として)
 t : 壁パネルの厚さ
 D : 壁パネルの幅

本建物で使用する壁パネルの強度等級及び断面ごとの MN 関係を以下に示す。

壁符号 : W27



壁符号 : W27a



検定対象: W27 | 270 × 3000

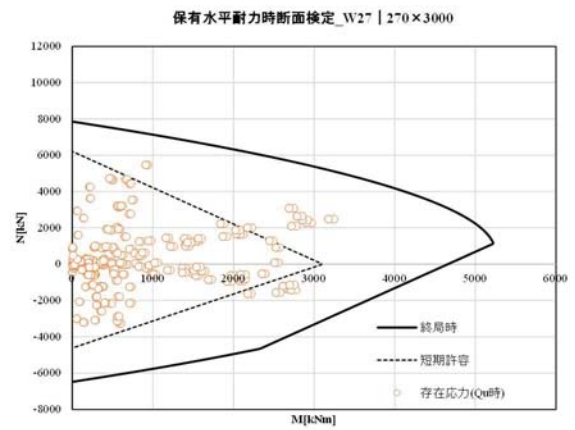
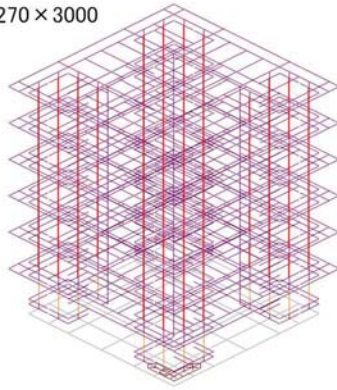


図 4.4.1 W27 の断面検定

検定対象: W27a | 270 × 3000

Qu決定要因:
CLT終局耐力
決定箇所:
Y2通り1階CLT壁脚

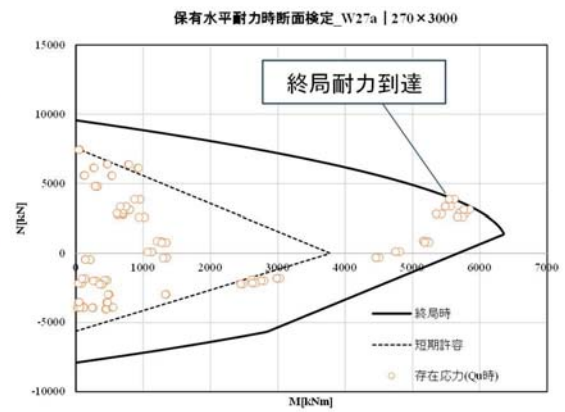
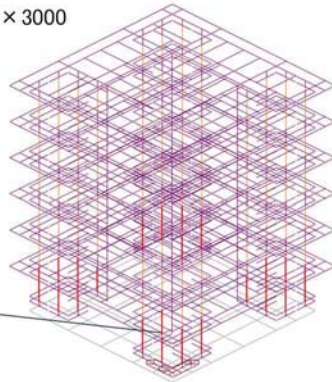


図 4.4.2 W27a の断面検定

上図に示した通り、1階 CLT 壁パネル脚部が終局耐力に至って保有水平耐力が決定した。また、その時点で他の CLT 壁パネルは終局耐力以内であることを確認した。

6. 複合スラブ部分の設計

6.1 複合スラブ部分の概要

モデルプラン中央部の 10m スパンの居室部は、フランジ材(上弦材、下弦材)に CLT(厚さ90mm)、ウェブ材を一般に流通しており調達しやすい製材・合板で構成した充腹梁とした複合スラブを用いる。

複合スラブの剛性及び耐力については、曲げ試験を実施し性能把握した。曲げ試験の結果については、「6.3 複合スラブ曲げ試験結果」に示す。

図 6-1 に複合スラブの配置図を示す。

※複合スラブは、試験時スパン 10m にて試験を実施しているが、複合スラブ配置図にも示す通り設計時は、 $L=9.68m$ にて設計を行う。

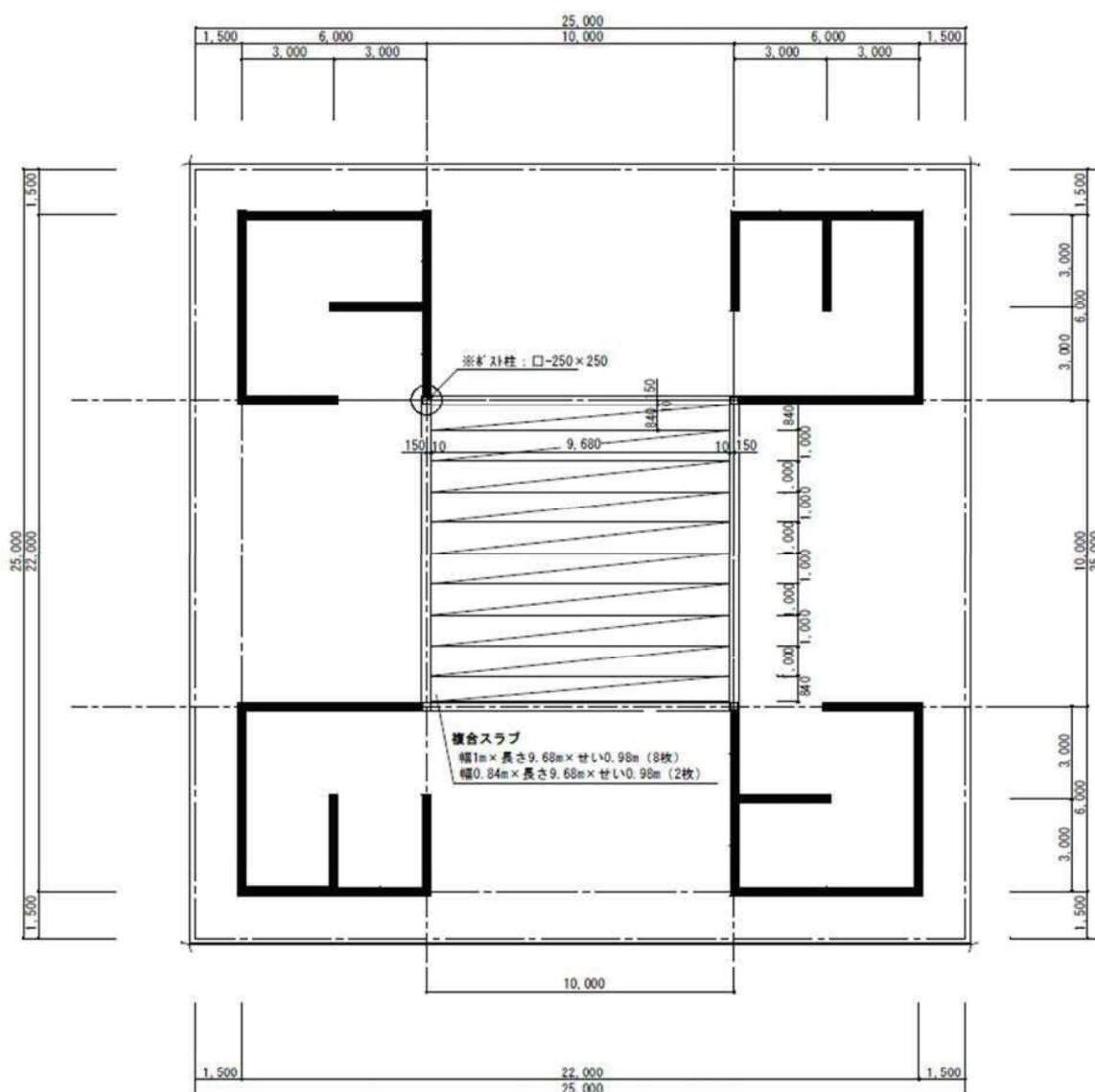


図 6-1 複合スラブ配置図

6.5 荷重

設計荷重は下表の値とする。

表 6-3 設計荷重

		単位荷重		幅 1m あたりの線分布荷重	
複合スラブ固定荷重 G (4F-6F 用 / 2F-3F 用)		2600/2900	[N/m ²]	2600/2900	[N/m]
積載荷重 P (事務所)	床用	2900	[N/m ²]	2900	[N/m]
	地震・たわみ	800	[N/m ²]	800	[N/m]
G + P (4F-6F / 2F-3F)	床用	5500/5800	[N/m ²]	5500/5800	[N/m]
	地震・たわみ	3400/3700	[N/m ²]	3400/3700	[N/m]

6.6 検定

検定は「6.5 荷重」にて、固定荷重の大きい 2F-3F 用複合スラブにて実施する。

1) セン断力の検定

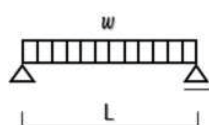
「6.3 複合スラブ曲げ試験結果」より、複合スラブの短期許容せん断耐力は、

$${}_sQ = 59.5 \text{ [kN]}$$

よって、長期許容せん断耐力は、

$${}_LQ = (1.1/2){}_sQ = 32.73 \text{ [kN]}$$

複合スラブが負担するせん断力(長期)は、



$$Q = WL/2 = 28.08 \text{ [kN]}$$

$$w : 5800 \text{ [N/m]}$$

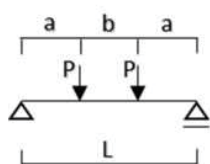
$$L : 9.68 \text{ [m]}$$

$$Q/{}_LQ = 0.86 < 1 \therefore \text{OK}$$

2) 曲げモーメントの検定

試験結果の長期許容耐力時の最大曲げモーメント $M1_{\max}$ と実際負担する長期荷重での最大曲げモーメント $M2_{\max}$ にて確認を行う。

試験結果より長期許容耐力時の最大曲げモーメントは、

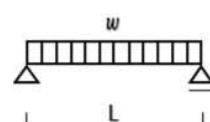


$$M1_{\max} = P \times a = 114.54 \text{ [kNm]}$$

$$P : 32.73 \text{ [kNm]} (= {}_LQ)$$

$$a : 3.5 \text{ [m]}$$

実負担する床荷重での曲げモーメントは、



$$M2_{\max} = wL^2/8 = 64.4204 = 67.93 \text{ [kNm]}$$

$$w : 5800 \text{ [N/m]}$$

$$L : 9.68 \text{ [m]}$$

$$M2_{\max} / M1_{\max} = 0.6 < 1 \therefore \text{OK}$$



写真2 試験体の状況

試験体番号 : No1

試験体の状況：試験終了時 試験体全景



写真3 試験体の状況

試験体番号 : No1

試験体の状況：合板突合せ部の座屈



写真4 試験体の状況

試験体番号 : No1

試験体の状況：釘のパンチングシア

品質性能試験報告書



一般財団法人 建材試験センター
西日本試験所長 眞 田 孝 一
山口県山陽小野田市大字山川



試験名称	複合床の曲げ試験			
依頼者	名称：ライフデザイン・カバヤ株式会社 所在地：岡山県岡山市北区中仙道2-9-11			
試験体	名称：複合床			
	番号	仕様		
		ウェブ材	フランジ材	ウェブ材とフランジ材の接合方法
	No1	充腹梁（孔無し）	CLT厚さ90mm 強度等級：Mx60-3-3	ビス（ピッチ50mm）
	No2	充腹梁（孔無し）	CLT厚さ90mm 強度等級：Mx60-3-3	ビス（ピッチ50mm） 接着併用
	No3	充腹梁（孔有り）	CLT厚さ90mm 強度等級：Mx60-3-3	ビス（ピッチ50mm）
	[備考] ・図1～図3（試験体） ・記載事項は、依頼者の提出資料による。			
試験方法	試験は、試験体を図4（試験方法）及び写真1（試験実施状況）に示すように試験装置に設置し、試験体が破壊に至るまで連続的に荷重を加えた。この間、試験体の上下方向変位を計測するとともに、試験体の状況を目視観察した。			
	加力装置：1000kN構造物曲げ試験機 計測装置：変位計；500mm及び25mm，データロガー			
試験結果	番号	最大荷重時		試験体の状況
		荷重 P (kN)	たわみ δ^1 (mm)	
	No1	281	138.8	・合板突合せ部の座屈及び釘のパンチングシア
	No2	310	137.5	・CLT床板と枠材接着部の剥離による床板の割れ ・合板突合せ部の座屈及び釘のパンチングシア
	No3	303	156.0	・合板突合せ部の座屈及び釘のパンチングシア ・合板の割れ
	[備考] ・図5～図8（荷重－変位曲線） ・表1（含水率測定結果 ²⁾ ） ・写真2～写真10（試験体の状況）			
	注 ¹⁾ たわみ δ は、次式による。 $\delta = (DG1+DG2) / 2 - (DG3+DG4) / 2$ 注 ²⁾ 含水率測定は、試験後に木材水分計（測定範囲：7%～80%）を用いて依頼者が行った。			
試験期間	2022年 1月24日～27日			
担当者	試験課長 藤村俊幸 早崎洋一（主担当） 小森谷誠 品末竹彦			
試験場所	西日本試験所（山口県山陽小野田市大字山川）			

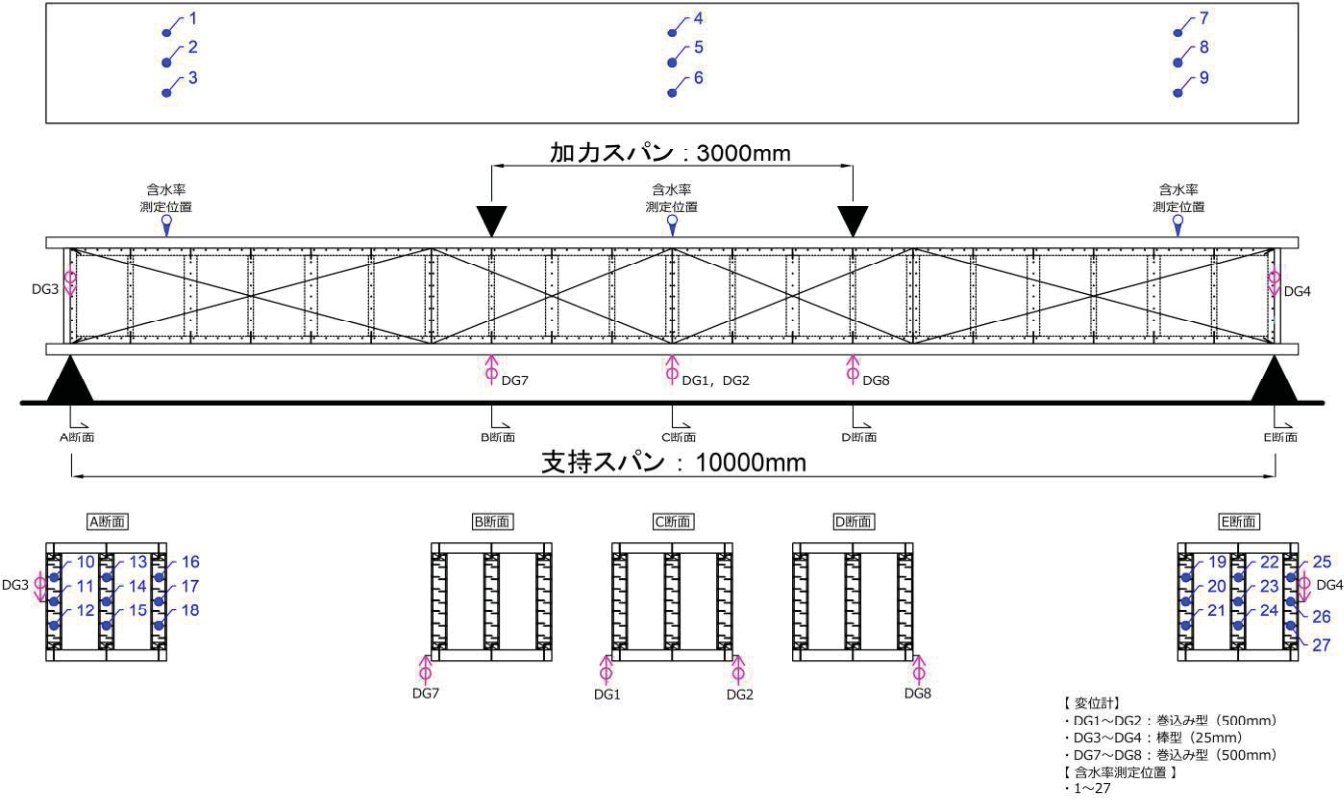


図4 試験方法

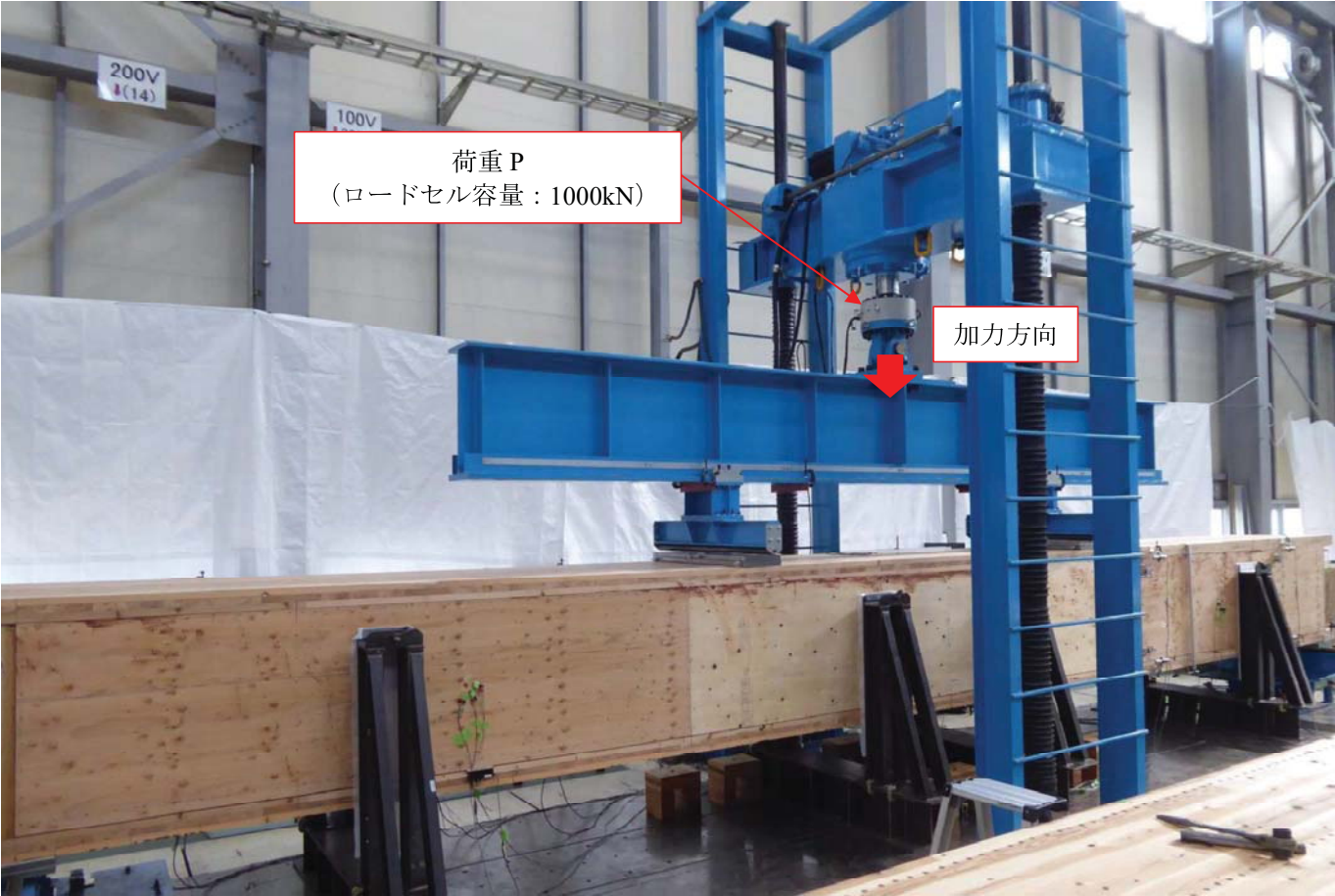


写真1 試験実施状況

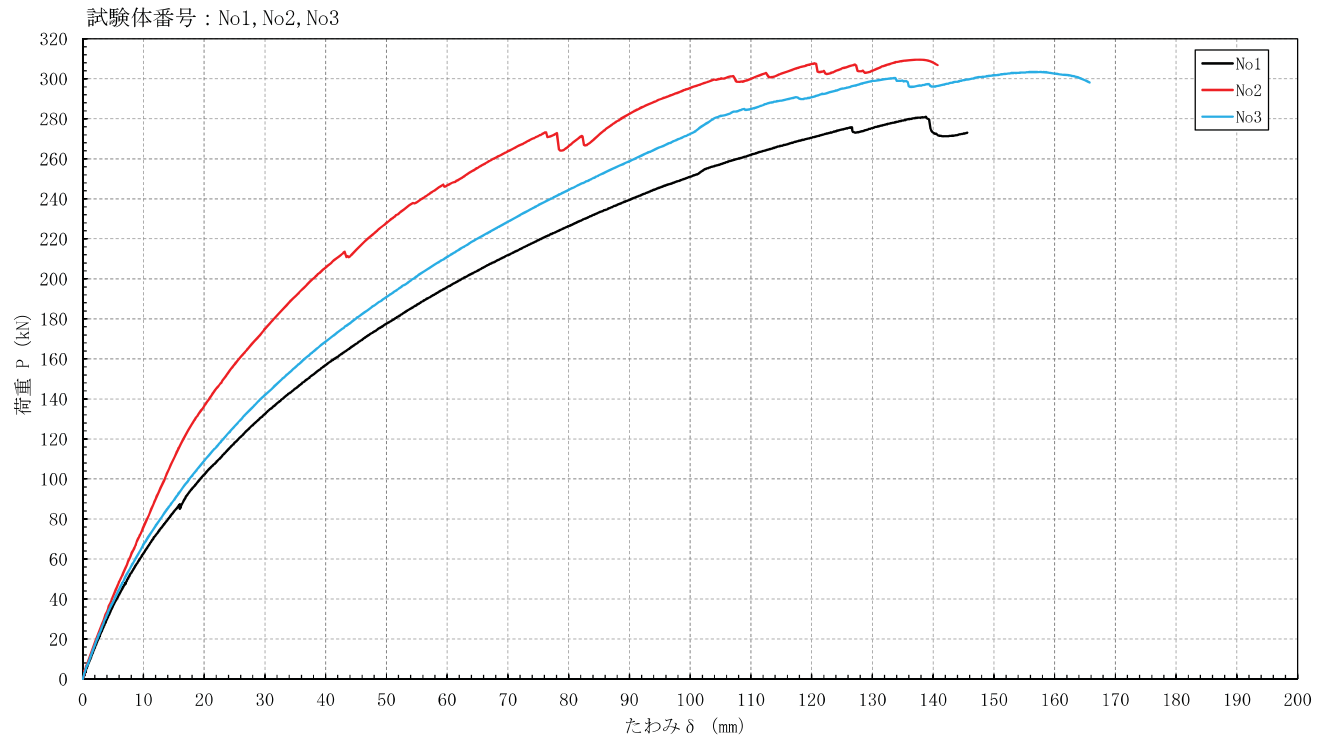


図8 荷重－変位曲線（試験体番号：No1, No2, No3）



写真8 試験体の状況

試験体番号：No3

試験体の状況：試験終了時 試験体全景



写真9 試験体の状況

試験体番号：No3

試験体の状況：合板突合せ部の座屈及び釘のパンチングシア



写真10 試験体の状況

試験体番号：No3

試験体の状況：合板の割れ

以上

■基準階1層を対象とした他工法との比較

		CLT工法(一部鉄骨)	RC造	備考
材料費	CLT	32,376,000		
	複合スラブ	6,950,000		
	コンクリート		7,570,500	
	鉄骨ビーム	9,476,300		
	鉄筋		4,292,400	
	接合金物	7,260,000		
	小計	56,062,300	11,862,900	
施工費	現場施工費	2,393,800	13,085,000	※RCの型枠、支保工等含む
	耐火被覆	4,230,000		※材工で計上
	揚重機費	840,000		
	ポンプ車費		240,000	
	小計	7,463,800	13,325,000	
合計		63,526,100	25,187,900	

建て方工期(日)	4.0	12.0	※上階へ進むのに必要な日数
----------	-----	------	---------------

構造躯体重量(t)	159.9	754.5	CLT : 0.4 石膏ボード : 0.95 鉄:7.85 コンクリート : 2.3
-----------	-------	-------	---

CO2排出量(t・C)	18.16	170.91	※材料製造時のみ
-------------	-------	--------	----------

参考：「建築物のライフサイクル二酸化炭素排出量」大林組

参考:石膏ボード製造時CO2排出量 821.33kg/m² ⇒ 比重0.9、0.91kg・C/kg