

2.13 野村不動産(株)／野村不動産(株)一級建築士事務所

事業名		(仮称) H'0外苑前新築工事における遮音壁とCLTの複合構造による建築実証	
実施者(担当者)		野村不動産株式会社(野村不動産株式会社一級建築士事務所)	
建築物の概要	用途	事務所	
	建設地	東京都渋谷区	
	構造・工法	鉄骨造一部木造+CLT壁	
	階数	7	
	高さ(m)	30.98	
	軒高(m)	30.43	
	敷地面積(m ²)	453.07	
	建築面積(m ²)	316.81	
	延べ面積(m ²)	1814.42	
	階別面積	1階	234.95
		2階	283.48
		3階	271.04
		4階	271.04
		5階	246.54
		6階	246.54
		7階	246.54
		PH階	14.29
CLTの仕様	CLT採用部位		壁
	CLT使用量(m ³)		加工前製品量 8.5 m ³ 、建築物使用量 8.1 m ³
	壁パネル	寸法	90mm厚(2枚合わせ)
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	S120-3-3
		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 (CLT以外の構造材)		柱: スギ集成材 梁: スギ集成材
	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		24m ³
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(t=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	GB21(両面)+GBR9.5(両面)+LGS65@303(GW24kg(t=50)充填)
		間仕切り壁	GB21(両面)+GBR9.5(両面)+LGS65@303(GW24kg(t=50)充填)
		床	ネットワークフロアH=40+タイルカーペット貼
構造	天井		直天井(耐火被覆、木毛セメント板)
	構造計算ルート		ルート3
	CLTの接合方法		鉄骨梁とはせん断プレートによる接合、床コンクリートとはドリフトピンによるせん断接合
	最大スパン		9.640m(鉄骨フレームのスパン)
防火	防火上の地域区分		防火地域/準防火地域
	耐火建築物等の要件		有
	本建築物の耐火仕様		耐火建築物
	問題点・課題とその解決策		特になし
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届出対象
	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)	ポリスチレンフォーム(スラブ上) 35mm
		外壁	吹付硬質ウレタンフォーム 25mm
		床	耐火被覆吹付 25mm / 木毛セメント板打ち込み 15mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		乾式遮音壁(吉野石膏A-2000WI)をCLT耐震壁で挟み込む際の施工性
	建て方における課題と解決策		床コンクリート打設後にCLTを施工し、安全性と建て方精度の向上を図った。
	給排水・電気配線設置上の工夫		-
	劣化対策		CLT表面をビニル養生材で保護した。
工程	設計期間		2021年9月～2021年4月(8ヵ月)
	施工期間		2021年9月～2022年8月(11ヵ月)
	CLT躯体施工期間(実証実験範囲)		2022年1月上旬～2022年2月上旬(1ヵ月)
	竣工(予定)年月日		2022年8月31日
体制	発注者		野村不動産株式会社 都市開発事業本部 開発部長 河野 智徳
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		野村不動産株式会社一級建築士事務所/株式会社熊谷組一級建築士事務所
	構造設計者		野村不動産株式会社一級建築士事務所/株式会社熊谷組一級建築士事務所
	施工者		株式会社熊谷組 首都圏支店
	CLT供給者		住友林業株式会社
	ラミナ供給者		住友林業株式会社

実証事業名：（仮称）H' O 外苑前新築工事における遮音壁とCLTの複合構造による建築実証
 建築主等／協議会運営者：野村不動産株式会社／野村不動産株式会社一級建築士事務所

1. 実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		東京都渋谷区神宮前 3 丁目 1 番		
構造・工法		鉄骨造一部木造+CLT 壁		
階数		7		
高さ（m）		30.98	軒高（m）	30.43
敷地面積（㎡）		453.07	建築面積（㎡）	316.81
階別面積	1 階	234.95	延べ面積（㎡）	1814.42
	2 階	283.48		
	3 階	271.04		
	4 階	271.04		
	5 階	246.54		
	6 階	246.54		
	7 階	246.54		
	PH 階	14.29		
CLT 採用部位		壁		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 8.5m³、加工後建築物使用量 8.1m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		24 m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	90mm 厚 2 枚合わせ/3 層 3 プライ/S120 相当/ヒノキ		
	床	－		
	屋根	－		
設計期間		2020 年 9 月～2021 年 4 月（8 カ月）		
施工期間		2021 年 9 月～2022 年 8 月（11 ヶ月）		
CLT 躯体施工期間		2022 年 1 月上旬～2 月上旬（1 カ月（実証実験範囲））		
竣工（予定）年月日		2022 年 8 月 31 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

耐火建築物において、CLT を構造体として使用する場合、耐火性能を持たせるために耐火材で周りを覆われるため、CLT を現しで使用することが難しいのが現状である。

CLT を普及促進するには、人が触れる箇所に使用することが非常に重要なことと考え、耐火建築物において耐火性能を必要としない耐震壁（水平力のみ負担）に CLT を採用することを試みた。

通常、耐震壁は部屋と部屋の戸境壁（界壁）とする事が多いが、その場合、遮音性能や耐火性能が必要とされ、CLT 壁のみでそれらの性能を確保する事は難しい為、乾式の耐火遮音壁との複合が最適と考えた。今回実証事業で設定した課題は以下である。

- (1) 木造ハイブリッド構造における CLT 耐震壁の耐震性能実証
- (2) CLT 耐震壁のコスト検証
- (3) CLT 耐震壁と乾式遮音壁の配置、施工性の実証
- (4) 遮音壁と CLT の複合的な耐震壁の遮音性能実証

3. 協議会構成員

(設計)	野村不動産株式会社一級建築士事務所	齊藤 康洋（協議会運営者）、 丸尾 諒太
	株式会社熊谷組一級建築士事務所	平野 譲、川口 浩司、 嶋田 麻世、市毛 淳也
(構造設計)	野村不動産株式会社一級建築士事務所	水谷 浩、落合 徹
	株式会社熊谷組一級建築士事務所	鈴木 真理恵、青龍 知穂
(施工)	株式会社熊谷組 首都圏支店	梶山 和之、杉山 千紘

4. 課題解決の方法と実施工程

協議会を通じて設計、施工が情報を共有しあい適切な実証方法の検討を行った。

設計実証においては CLT 耐震壁あり（耐震等級Ⅰ類相当）と純鉄骨造（耐震等級Ⅰ類）の2パターン設計を行い、鉄骨数量、コストについての比較を行った。建築実証においては3Dモデルを作成し、施工方法や施工手順の確認を行った。性能実証については、本体建物施工中の測定となる為、スケジュールを調整し、仮設遮音壁による測定部屋の設置など要領書を作成し、精度の高い遮音測定を行った。

<協議会の開催>

2021年8月：第1回開催、実証事業のスケジュール確認、問題点洗い出し、着工前確認
9月：第2回開催、実証実験スケジュールの確認、設計実証の確認
10月：第3回開催、CLT工場検査（サイプレス・スナダヤ）
11月：第4回開催、遮音測定要領書の確認
12月：第5回開催、設計実証結果確認、遮音測定要領書（修正内容）確認
2022年1月：第6回開催、設計実証、実証事業取りまとめ検討

<設計>

2020年9月～10月：基本設計
2020年11月～2021年2月：実施設計
2021年4月：建築確認申請

<施工>

2021 年 9 月：工事契約
2021 年 9 月～10 月：着工、基礎工事
2021 年 11 月：鉄骨工事
2021 年 12 月～2022 年 3 月：木工事
2022 年 3 月～5 月：外装工事
2022 年 5 月～7 月：内装工事
2022 年 3 月～7 月：電気・設備工事
2022 年 8 月 31 日：引渡し

<性能確認>

2022 年 2 月 4 日：遮音性能測定

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) 木造ハイブリッド構造における CLT 耐震壁の耐震性能実証

中程度の地震に対しては、層間変形角：1/200 以下、部材応力：許容応力度以下

最大級の地震に関しては、保有水平耐力：層間変形 1/100 で $Q_u/Q_{un} \geq 1.5$ (相当)、部材応力：終局強度以下を目標とし、検討を行った。

- ・ case1 鉄骨造+木造のハイブリッド構造に CLT 耐震壁を配置したモデル
- ・ case2 鉄骨造+木造のハイブリッド構造のモデル

上記 2 パターンにて比較検討を行った結果、CLT 耐震壁の有無による鉄骨数量の差は、case1※が case2 より母材のみで 11.3t、副資材鉄骨込みで 15.3t 減少する結果となった。

※case1 の CLT 寸法：幅 2350 mm×せい 2455 mm 厚さ 90 mm×2 枚/1 カ所 合計 8 カ所

CLT 材積：8.1 m³

(2) CLT 耐震壁のコスト検証

(1) にて算出した結果を基にコスト検証を行った結果、今回の物件においては鉄骨の数量減によるコスト減が 459 万に対し、CLT のコスト増は 466 万円となり、鉄骨造同等の費用で耐震性能 I 類相当を確保できる結果となった。

(3) CLT 耐震壁と乾式遮音壁の配置、施工性の実証

CLT を遮音壁に挟み込む仕様は、CLT1 枚当たりの重量を軽減でき、床コンクリート打設後に CLT を施工することができるので高所でも安定した足場で作業できることを確認できた。しかし今回の仕様では CLT 下部ドリフトピンの納まり上、下部コンクリートを後打ちで施工する必要がある点や、鉄骨リブと CLT の取り合いの製作精度確保が施工上の課題となった。

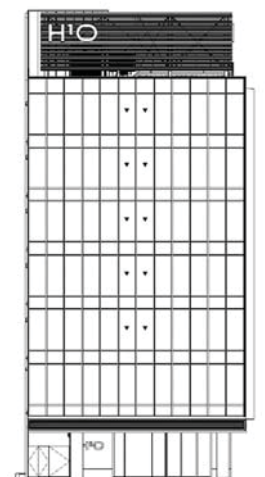
（４）遮音壁と CLT の複合的な耐震壁の遮音性確認

遮音壁と CLT を複合した CLT 耐震壁において、事務室界壁の室間音圧レベル差（Dr 値）の測定を行った結果、Dr-30 となった。未施工分の耐火被覆や外装及び内装を施工することで、目標とする一般的な事務所界壁の Dr 値（Dr-40）は達成可能と考えられる。

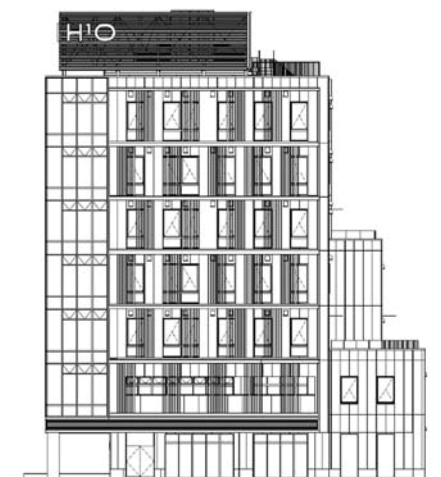
6. 本実証により得られた成果

本事業で行った各実証実験の結果から、乾式遮音壁を 2 枚の CLT で挟み込むことで意匠性のほか、耐震性能を確保することを確認できた。施工の面では CLT を 2 つに分割することにより CLT1 枚当たりの重量を軽減でき、床コンクリート打設後に CLT を施工することができるので高所でも安定した足場で作業できることを確認した。また、遮音性能に関しては事務室間の室間音圧レベル差（Dr 値）は Dr-30 という結果であったが、本実証実験の際に未実施であった耐火被覆の施工や、外装及び内装を施工することで目標とする一般的な事務所界壁の Dr 値（Dr-40）は達成可能と考えられる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



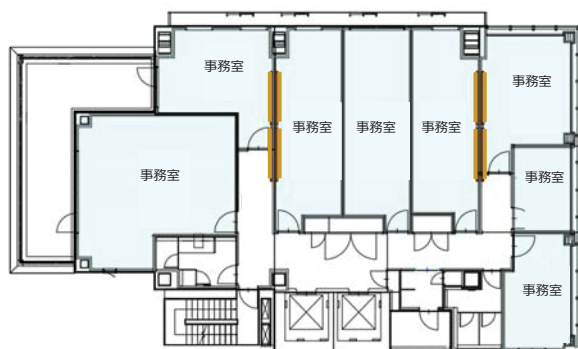
北側立面図



西側立面図



イメージパース



基準階（3 階）平面図

(仮称) H¹O 外苑前新築工事における遮音壁と CLT の複合構造による建築実証

成果報告書



建築主：野村不動産株式会社

協議会運営者：野村不動産株式会社一級建築士事務所

■ 設計実証

1. 木造ハイブリッド構造における CLT 耐震壁の有無による鉄骨数量の比較

1.1 検討方針

狭小地における鉄骨造事務所ビルは純ラーメン構造で計画することが多く、塔状比が大きい場合や、1 スパン構造の場合は、中間層の地震時水平変形が建物の構造性能の決定要因となる場合がある。そのため、中間層以下で変形抑制のために鉄骨数量が増大する今回のような 1 スパン構造の計画では、鉄骨フレーム内に配置する CLT 耐震壁を用いて、中間層の地震時水平変形を効果的に抑制し、鉄骨数量の低減を図ることが可能であると考える。

比較を行うケースは下記の 2 ケースとする。

- ・ case1 を鉄骨造+木造のハイブリッド構造に CLT 耐震壁を配置したモデル
- ・ case2 を鉄骨造+木造のハイブリッド構造のモデル

case1,2 とも、表 1 に示す耐震性能の目標値を満足する設計とする。

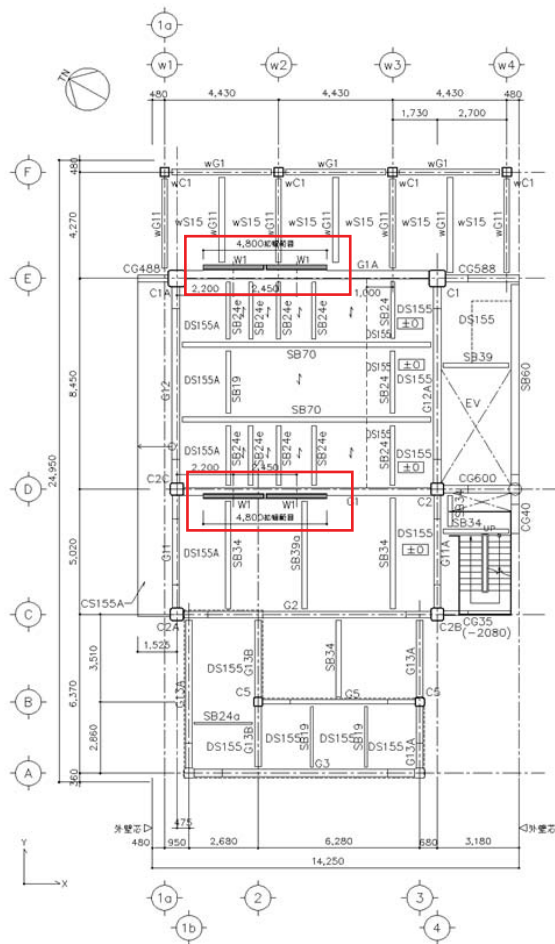
表 1 耐震性能の目標値

地震動	耐震目標	検討項目	耐震性能
中程度の地震 (稀に発生す地震地震)	構造耐力上主要な部分に 損傷が生じないこと	層間変形	1/200以下
		部材応力	許容応力度以下
最大級の地震 (極めて稀に発生する地震)	建物が転倒、倒壊しない こと	保有水平耐力	層間変形1/100で $Q_u/Q_{un} \geq 1.5$ (相当)
		部材応力	終局強度以下

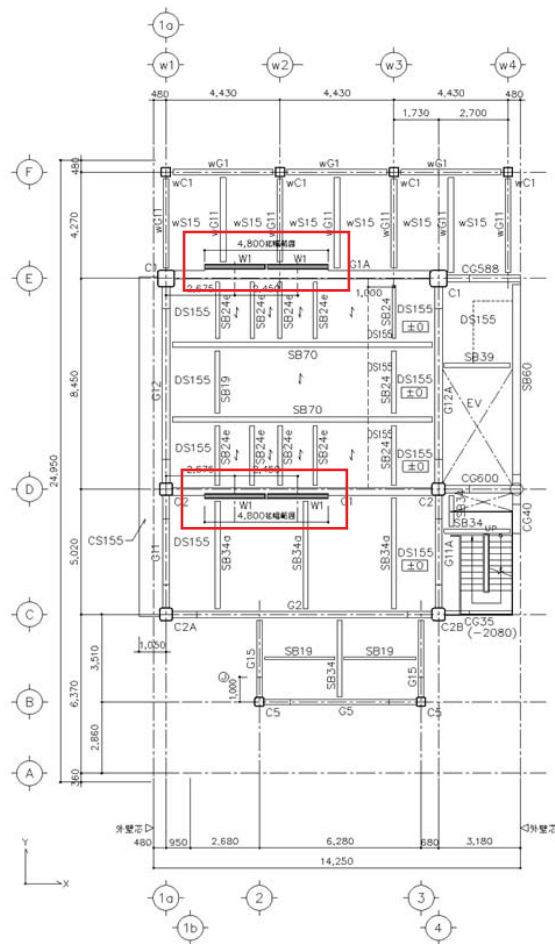
なお、本案件の CLT 耐震壁は、変形抑制を目的とした付加要素として扱うことにより、保有水平耐力の算出に用いる構造特性係数 D_s を特別な実験は行わずに、鉄骨純ラーメン構造と同等の 0.25 としている。そのため、保有水平耐力は「 $Q_u/Q_{un} \geq 1.5$ 相当」との記載をする。

1.2 CLT 耐震壁配置箇所

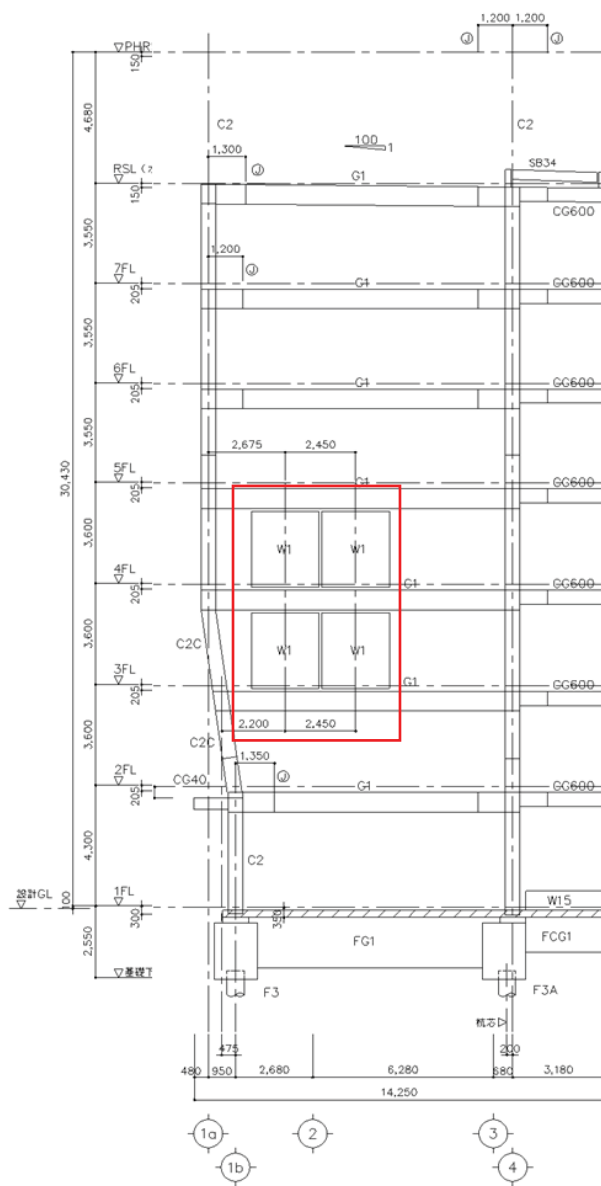
以下に、case1 の CLT 耐震壁の配置箇所を示す。



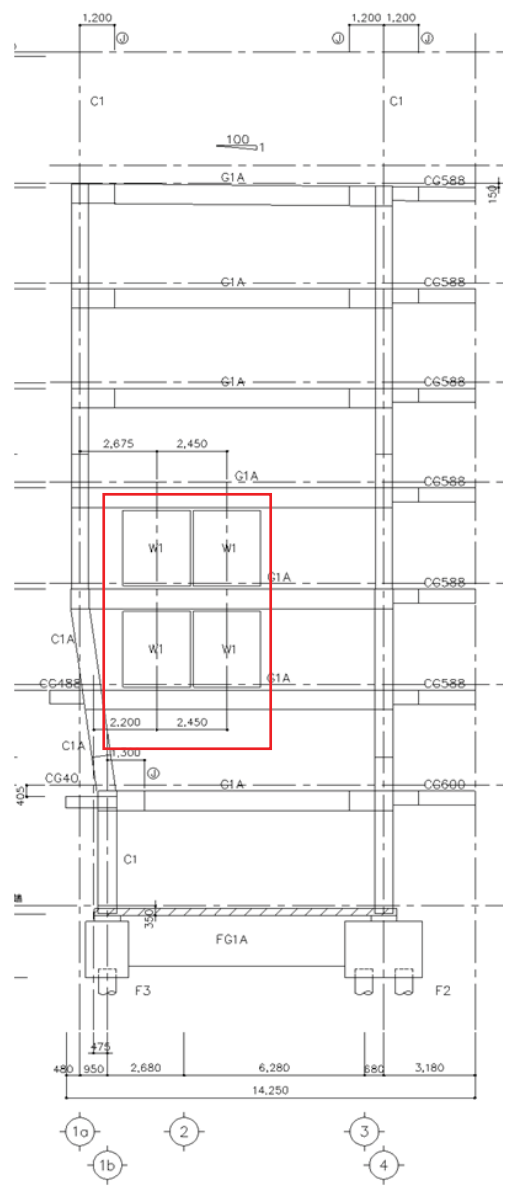
3 階伏図



4 階伏図



D 通り軸組図



E 通り軸組図

1.3 検討結果

表 2 に case1 及び case2 の検討結果を示す。

CLT 耐震壁の有無による鉄骨数量の差は、case1 が case2 より母材のみで 11.3t、副資材鉄骨込みで 15.3t 減少する結果となり、CLT 耐震壁を採用することにより、鉄骨数量の低減を図ることができる。

また、case2 の場合は変形を抑えるために鉄骨量が多く必要となり、耐力 (Q_u/Q_{un}) は必要以上に大きく (クライテリア 1.5 に対して 1.53) なっていることがわかる。

以上より、CLT 耐震壁は変形を抑制するという役割を担うより良い部材であると言える。

表 2 鉄骨数量比較

条件: 層間変形角 1/200 以下 Q_u/Q_{un} 1.5 以上

		case1 CLTあり 条件満足(現設計)	case2 CLTなし 鉄骨のみで条件満足																																																																																																																																																																																																																																																																																																
CLT配置箇所		3, 4階D及びE通り(X方向) 4箇所×2 計8箇所 CLT寸法: 幅2,350mm×せい2,455mm 厚さ90mm×2枚/1カ所 CLT材積: 8.1m3	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																
鉄骨断面		最大鉄骨梁せい: X方向 H900 (2G) Y方向 H800 (2~5G)	case1から一部梁幅up (B=300, 350⇒B=400)、 柱板厚up (t=22~25⇒t=28~36)																																																																																																																																																																																																																																																																																																
層間変形角		< X方向正加力 > <table><tr><th>階</th><th>X軸</th><th>Y軸</th><th>柱構造</th><th>階高 mm</th><th>δ_x mm</th><th>δ_y mm</th><th>δ mm</th><th>最大層間変形角</th></tr><tr><td>7F</td><td>1a</td><td>F</td><td>RC</td><td>3605</td><td>14, 2070</td><td>0, 7038</td><td>14, 2070</td><td>1/ 253</td></tr><tr><td>6F</td><td>1a</td><td>F</td><td>RC</td><td>3550</td><td>16, 9154</td><td>0, 8115</td><td>16, 9154</td><td>1/ 209</td></tr><tr><td>5F</td><td>1a</td><td>F</td><td>RC</td><td>3550</td><td>17, 4110</td><td>0, 8591</td><td>17, 4110</td><td>1/ 203</td></tr><tr><td>4F</td><td>1a</td><td>F</td><td>RC</td><td>3600</td><td>16, 4939</td><td>0, 8986</td><td>16, 4939</td><td>1/ 218</td></tr><tr><td>3F</td><td>1a</td><td>F</td><td>RC</td><td>3600</td><td>17, 0381</td><td>1, 1089</td><td>17, 0381</td><td>1/ 211</td></tr><tr><td>2F</td><td>1a</td><td>F</td><td>RC</td><td>3600</td><td>17, 8304</td><td>1, 3411</td><td>17, 8304</td><td>1/ 201</td></tr><tr><td>1F</td><td>1b</td><td>A</td><td>S</td><td>4445</td><td>15, 9314</td><td>-0, 2796</td><td>15, 9314</td><td>1/ 279</td></tr></table> < Y方向正加力 > <table><tr><th>階</th><th>X軸</th><th>Y軸</th><th>柱構造</th><th>階高 mm</th><th>δ_x mm</th><th>δ_y mm</th><th>δ mm</th><th>最大層間変形角</th></tr><tr><td>7F</td><td>w4</td><td>F</td><td>RC</td><td>3605</td><td>-1, 9582</td><td>13, 5713</td><td>13, 5713</td><td>1/ 265</td></tr><tr><td>6F</td><td>w4</td><td>F</td><td>RC</td><td>3550</td><td>-2, 4520</td><td>16, 8159</td><td>16, 8159</td><td>1/ 211</td></tr><tr><td>5F</td><td>w4</td><td>F</td><td>RC</td><td>3550</td><td>-2, 3932</td><td>17, 0524</td><td>17, 0524</td><td>1/ 208</td></tr><tr><td>4F</td><td>w4</td><td>F</td><td>RC</td><td>3600</td><td>-2, 1999</td><td>15, 9372</td><td>15, 9372</td><td>1/ 225</td></tr><tr><td>3F</td><td>w4</td><td>F</td><td>RC</td><td>3600</td><td>-2, 4036</td><td>15, 1312</td><td>15, 1312</td><td>1/ 237</td></tr><tr><td>2F</td><td>w4</td><td>F</td><td>RC</td><td>3395</td><td>-1, 8989</td><td>14, 5547</td><td>14, 5547</td><td>1/ 233</td></tr><tr><td>1F</td><td>d</td><td>C</td><td>S</td><td>4445</td><td>0, 8902</td><td>14, 6448</td><td>14, 6448</td><td>1/ 303</td></tr></table>	階	X軸	Y軸	柱構造	階高 mm	δ_x mm	δ_y mm	δ mm	最大層間変形角	7F	1a	F	RC	3605	14, 2070	0, 7038	14, 2070	1/ 253	6F	1a	F	RC	3550	16, 9154	0, 8115	16, 9154	1/ 209	5F	1a	F	RC	3550	17, 4110	0, 8591	17, 4110	1/ 203	4F	1a	F	RC	3600	16, 4939	0, 8986	16, 4939	1/ 218	3F	1a	F	RC	3600	17, 0381	1, 1089	17, 0381	1/ 211	2F	1a	F	RC	3600	17, 8304	1, 3411	17, 8304	1/ 201	1F	1b	A	S	4445	15, 9314	-0, 2796	15, 9314	1/ 279	階	X軸	Y軸	柱構造	階高 mm	δ_x mm	δ_y mm	δ mm	最大層間変形角	7F	w4	F	RC	3605	-1, 9582	13, 5713	13, 5713	1/ 265	6F	w4	F	RC	3550	-2, 4520	16, 8159	16, 8159	1/ 211	5F	w4	F	RC	3550	-2, 3932	17, 0524	17, 0524	1/ 208	4F	w4	F	RC	3600	-2, 1999	15, 9372	15, 9372	1/ 225	3F	w4	F	RC	3600	-2, 4036	15, 1312	15, 1312	1/ 237	2F	w4	F	RC	3395	-1, 8989	14, 5547	14, 5547	1/ 233	1F	d	C	S	4445	0, 8902	14, 6448	14, 6448	1/ 303	< X方向正加力 > <table><tr><th>階</th><th>X軸</th><th>Y軸</th><th>柱構造</th><th>階高 mm</th><th>δ_x mm</th><th>δ_y mm</th><th>δ mm</th><th>最大層間変形角</th></tr><tr><td>7F</td><td>1a</td><td>F</td><td>RC</td><td>3605</td><td>13, 4308</td><td>0, 5379</td><td>13, 4308</td><td>1/ 268</td></tr><tr><td>6F</td><td>1a</td><td>F</td><td>RC</td><td>3550</td><td>15, 9513</td><td>0, 5913</td><td>15, 9513</td><td>1/ 222</td></tr><tr><td>5F</td><td>1a</td><td>F</td><td>RC</td><td>3550</td><td>16, 6773</td><td>0, 6970</td><td>16, 6773</td><td>1/ 212</td></tr><tr><td>4F</td><td>1a</td><td>F</td><td>RC</td><td>3600</td><td>17, 2006</td><td>0, 9366</td><td>17, 2006</td><td>1/ 209</td></tr><tr><td>3F</td><td>1a</td><td>F</td><td>RC</td><td>3600</td><td>17, 8165</td><td>1, 2041</td><td>17, 8165</td><td>1/ 202</td></tr><tr><td>2F</td><td>1a</td><td>F</td><td>RC</td><td>3600</td><td>17, 0643</td><td>1, 2276</td><td>17, 0643</td><td>1/ 210</td></tr><tr><td>1F</td><td>1b</td><td>A</td><td>S</td><td>4445</td><td>15, 4492</td><td>-0, 3507</td><td>15, 4492</td><td>1/ 287</td></tr></table> < Y方向正加力 > <table><tr><th>階</th><th>X軸</th><th>Y軸</th><th>柱構造</th><th>階高 mm</th><th>δ_x mm</th><th>δ_y mm</th><th>δ mm</th><th>最大層間変形角</th></tr><tr><td>7F</td><td>w4</td><td>F</td><td>RC</td><td>3605</td><td>-1, 9212</td><td>13, 3165</td><td>13, 3165</td><td>1/ 270</td></tr><tr><td>6F</td><td>w4</td><td>F</td><td>RC</td><td>3550</td><td>-2, 3430</td><td>16, 3880</td><td>16, 3880</td><td>1/ 216</td></tr><tr><td>5F</td><td>w4</td><td>F</td><td>RC</td><td>3550</td><td>-2, 2869</td><td>16, 4774</td><td>16, 4774</td><td>1/ 215</td></tr><tr><td>4F</td><td>w4</td><td>F</td><td>RC</td><td>3600</td><td>-2, 2071</td><td>15, 4551</td><td>15, 4551</td><td>1/ 232</td></tr><tr><td>3F</td><td>w4</td><td>F</td><td>RC</td><td>3600</td><td>-2, 4068</td><td>14, 8697</td><td>14, 8697</td><td>1/ 242</td></tr><tr><td>2F</td><td>w4</td><td>F</td><td>RC</td><td>3395</td><td>-1, 8330</td><td>14, 2098</td><td>14, 2098</td><td>1/ 238</td></tr><tr><td>1F</td><td>d</td><td>C</td><td>S</td><td>4445</td><td>0, 8560</td><td>14, 0876</td><td>14, 0876</td><td>1/ 315</td></tr></table>	階	X軸	Y軸	柱構造	階高 mm	δ_x mm	δ_y mm	δ mm	最大層間変形角	7F	1a	F	RC	3605	13, 4308	0, 5379	13, 4308	1/ 268	6F	1a	F	RC	3550	15, 9513	0, 5913	15, 9513	1/ 222	5F	1a	F	RC	3550	16, 6773	0, 6970	16, 6773	1/ 212	4F	1a	F	RC	3600	17, 2006	0, 9366	17, 2006	1/ 209	3F	1a	F	RC	3600	17, 8165	1, 2041	17, 8165	1/ 202	2F	1a	F	RC	3600	17, 0643	1, 2276	17, 0643	1/ 210	1F	1b	A	S	4445	15, 4492	-0, 3507	15, 4492	1/ 287	階	X軸	Y軸	柱構造	階高 mm	δ_x mm	δ_y mm	δ mm	最大層間変形角	7F	w4	F	RC	3605	-1, 9212	13, 3165	13, 3165	1/ 270	6F	w4	F	RC	3550	-2, 3430	16, 3880	16, 3880	1/ 216	5F	w4	F	RC	3550	-2, 2869	16, 4774	16, 4774	1/ 215	4F	w4	F	RC	3600	-2, 2071	15, 4551	15, 4551	1/ 232	3F	w4	F	RC	3600	-2, 4068	14, 8697	14, 8697	1/ 242	2F	w4	F	RC	3395	-1, 8330	14, 2098	14, 2098	1/ 238	1F	d	C	S	4445	0, 8560	14, 0876	14, 0876	1/ 315
階	X軸	Y軸	柱構造	階高 mm	δ_x mm	δ_y mm	δ mm	最大層間変形角																																																																																																																																																																																																																																																																																											
7F	1a	F	RC	3605	14, 2070	0, 7038	14, 2070	1/ 253																																																																																																																																																																																																																																																																																											
6F	1a	F	RC	3550	16, 9154	0, 8115	16, 9154	1/ 209																																																																																																																																																																																																																																																																																											
5F	1a	F	RC	3550	17, 4110	0, 8591	17, 4110	1/ 203																																																																																																																																																																																																																																																																																											
4F	1a	F	RC	3600	16, 4939	0, 8986	16, 4939	1/ 218																																																																																																																																																																																																																																																																																											
3F	1a	F	RC	3600	17, 0381	1, 1089	17, 0381	1/ 211																																																																																																																																																																																																																																																																																											
2F	1a	F	RC	3600	17, 8304	1, 3411	17, 8304	1/ 201																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1F	1b	A	S	4445	15, 9314	-0, 2796	15, 9314	1/ 279																																																																																																																																																																																																																																																																																											
階	X軸	Y軸	柱構造	階高 mm	δ_x mm	δ_y mm	δ mm	最大層間変形角																																																																																																																																																																																																																																																																																											
7F	w4	F	RC	3605	-1, 9582	13, 5713	13, 5713	1/ 265																																																																																																																																																																																																																																																																																											
6F	w4	F	RC	3550	-2, 4520	16, 8159	16, 8159	1/ 211																																																																																																																																																																																																																																																																																											
5F	w4	F	RC	3550	-2, 3932	17, 0524	17, 0524	1/ 208																																																																																																																																																																																																																																																																																											
4F	w4	F	RC	3600	-2, 1999	15, 9372	15, 9372	1/ 225																																																																																																																																																																																																																																																																																											
3F	w4	F	RC	3600	-2, 4036	15, 1312	15, 1312	1/ 237																																																																																																																																																																																																																																																																																											
2F	w4	F	RC	3395	-1, 8989	14, 5547	14, 5547	1/ 233																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1F	d	C	S	4445	0, 8902	14, 6448	14, 6448	1/ 303																																																																																																																																																																																																																																																																																											
階	X軸	Y軸	柱構造	階高 mm	δ_x mm	δ_y mm	δ mm	最大層間変形角																																																																																																																																																																																																																																																																																											
7F	1a	F	RC	3605	13, 4308	0, 5379	13, 4308	1/ 268																																																																																																																																																																																																																																																																																											
6F	1a	F	RC	3550	15, 9513	0, 5913	15, 9513	1/ 222																																																																																																																																																																																																																																																																																											
5F	1a	F	RC	3550	16, 6773	0, 6970	16, 6773	1/ 212																																																																																																																																																																																																																																																																																											
4F	1a	F	RC	3600	17, 2006	0, 9366	17, 2006	1/ 209																																																																																																																																																																																																																																																																																											
3F	1a	F	RC	3600	17, 8165	1, 2041	17, 8165	1/ 202																																																																																																																																																																																																																																																																																											
2F	1a	F	RC	3600	17, 0643	1, 2276	17, 0643	1/ 210																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1F	1b	A	S	4445	15, 4492	-0, 3507	15, 4492	1/ 287																																																																																																																																																																																																																																																																																											
階	X軸	Y軸	柱構造	階高 mm	δ_x mm	δ_y mm	δ mm	最大層間変形角																																																																																																																																																																																																																																																																																											
7F	w4	F	RC	3605	-1, 9212	13, 3165	13, 3165	1/ 270																																																																																																																																																																																																																																																																																											
6F	w4	F	RC	3550	-2, 3430	16, 3880	16, 3880	1/ 216																																																																																																																																																																																																																																																																																											
5F	w4	F	RC	3550	-2, 2869	16, 4774	16, 4774	1/ 215																																																																																																																																																																																																																																																																																											
4F	w4	F	RC	3600	-2, 2071	15, 4551	15, 4551	1/ 232																																																																																																																																																																																																																																																																																											
3F	w4	F	RC	3600	-2, 4068	14, 8697	14, 8697	1/ 242																																																																																																																																																																																																																																																																																											
2F	w4	F	RC	3395	-1, 8330	14, 2098	14, 2098	1/ 238																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1F	d	C	S	4445	0, 8560	14, 0876	14, 0876	1/ 315																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Qu/Qun (各階Ds0.25※1 Fes1.0)	X+	1.53	1.57																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	X-	1.50	1.53																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	Y+	1.53	1.53																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	Y-	1.55	1.55																																																																																																																																																																																																																																																																																																
鉄骨数量の増減(t)※2 (母材のみ)		-11.3	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																
副資材鉄骨考慮時の 鉄骨数量の増減(t) 倍率1.35 (ガセット、スプライス、リブ、ダイ アフラム、ボルト等)		-15.3	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																

※1 case1 における構造特性係数 Ds は、鉄骨造同等として 0.25 としている。

※2 case2 の鉄骨数量を基準とした case1 の鉄骨数量の増減を示す。

また、鉄骨数量の算出は、一貫計算プログラム「Super Build/SS7」のオプションプログラムの「Op.積算」を用いた。

1.4 CLT 耐震壁のコスト検証

CLT 耐震壁と前述の検討による鉄骨数量（case2）のコスト比較を行う。

以下に、それぞれの現状の単価を加味したコストを示す。

・ CLT 耐震壁 使用量 8.18m³
材料費（プレカット費込み） 570,000 円/m³
 $8.18\text{m}^3 \times 570,000 \text{ 円/m}^3 = 4,660,000 \text{ 円}$

・ 鉄骨 case1 との鉄骨数量の差 15.3t
鉄骨単価 300,000 円/t
 $15.3\text{t} \times 300,000 \text{ 円/t} = 4,590,000 \text{ 円}$

以上より、CLT 耐震壁を採用することにより、鉄骨造のみの場合と同等の費用で、同等の耐震性能（Ⅰ類相当）を確保できることが確認できた。

1.5 まとめ

本検証では CLT 耐震壁の有無による鉄骨数量の比較を行った。

CLT 耐震壁を採用したことにより、中間層の地震時水平変形の抑制、保有水平耐力の向上等の耐震性能が得られた上で鉄骨数量の低減を図ることができた。

また、その効果のコスト検証を行い、鉄骨造のみの場合と同等の費用で、同等の耐震性能を確保できることが確認できた。

■ 建築実証

2.1 CLT 耐震壁の配置による遮音性・利便性の向上

CLT を耐震壁として計画する際、CLT を現しで耐震性能を確保することが可能であるが、遮音性能に対する知見は少なく、なんらかの検討が必要である。さらに耐力壁と CLT 壁の厚みにより壁が厚くなり、一般的な壁芯で算出した面積と比べて片方の室内有効面積が小さくなる課題点がある。

(右図 1)

今回の実証では、CLT 耐震壁設置による事務室の有効面積の減少を最小限に抑え、遮音性能を確保させる為に乾式遮音壁（吉野石膏 A-2000WI）を 90 mm の CLT 壁で挟み込んだ複合的な CLT 耐震壁の実証を行う。(右図 2)

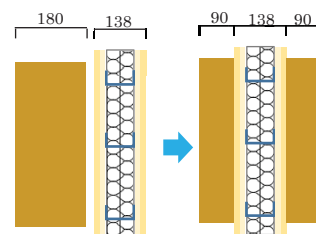


図 1

図 2

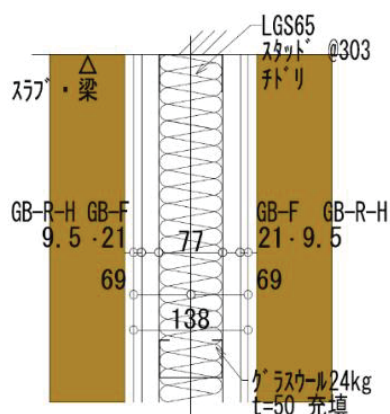


図 3 CLT サンドイッチ工法

CLT 複合耐震壁仕様

上貼面材	硬質石膏ボード t=9.5 (両面)
下貼面材	強化石膏ボード t=21 (両面)
スタッド	65×45 @303 (スラブ～スラブ)
吸音材	GW 24 kg/m ³ t=50
CLT	t=90 (2 枚合わせ)

今回計画では、CLT を 2 分割し、遮音壁を挟み込む構成（図 3 以下サンドイッチ工法）とすることで耐震性能と遮音性能を確保しつつ、各事務室における CLT の厚みが小さい耐震壁とした。遮音壁と CLT を組み合わせることで、事務室両側に CLT が表しとなり、意匠性の向上が期待できる。

CLT によって遮音壁を挟み込んだ耐震壁（図 2）は、厚みを上げ、1 枚とした CLT 耐震壁（図 1）に比べ壁芯から仕上げ面までの寸法が小さくなるため、テナントの使用可能な有効面積が広くなり、利便性の確保にも繋がると考える。また、遮音壁を挟み込むことで懸念される遮音性能についても、必要性能確保が期待できる。

2.2 施工手順の検討

施工手順のフローを以下①～⑪に示す。本実証事業においては耐火被覆を未施工の状態で実証をした。

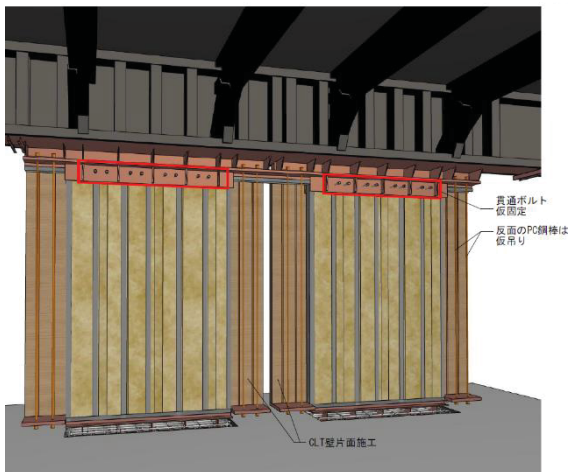
①末コンクリート打設



②A-2000WI LGS、ボード一部施工



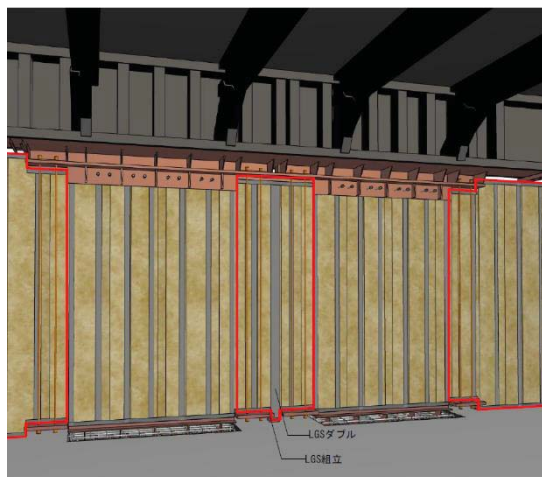
③CLT 片面施工



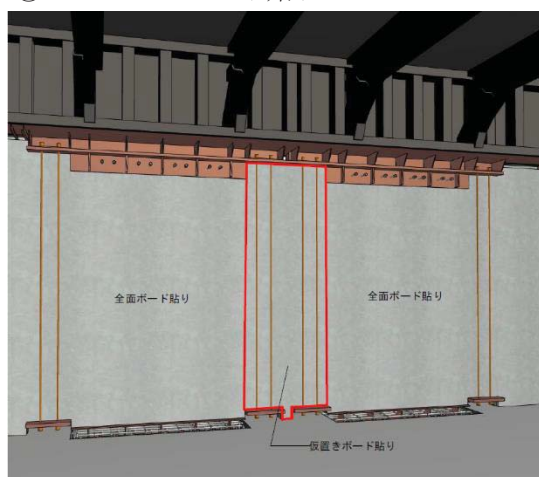
④A-2000WI 2枚貼りボード仮置き



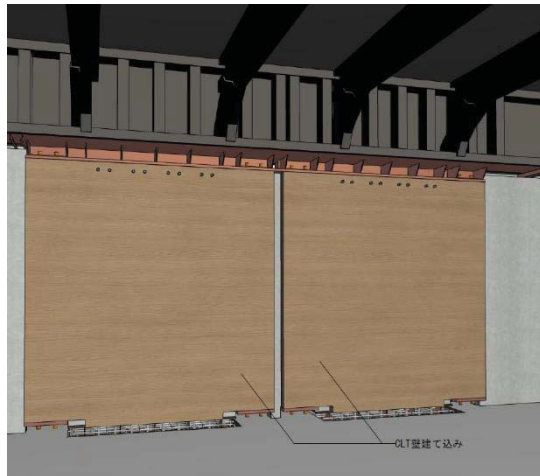
⑤A-2000WI LGS組立



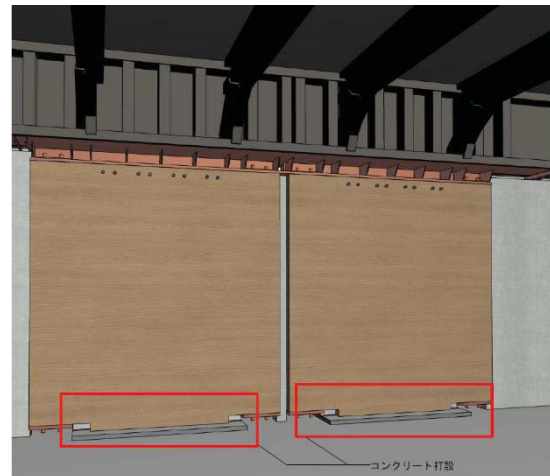
⑥A-2000WI ボード貼り



⑦CLT 建て込み (残りの面)



⑧下部コンクリート打設



⑨耐火被覆補修



⑩支圧プレート下部コマ付け+ボード貼り



⑪シーリング



2.3 CLT 分割による施工レポート



CLT 搬入



遮音壁施工



片側 CLT 建込



遮音壁（反対面グラスウール施工
石膏ボード貼り

○施工上のメリット

- ・ CLT1 枚当たりの重量を軽減でき、建て方の際に直接クレーン等の揚重機を用いず施工することが可能である。
- ・ 床コンクリート打設後に CLT を施工することができるので高所でも安定した足場で作業可能である。

○施工上の課題点、改善点

- ・ 下部ドリフトピンの納まり上、やむを得ず後打ちコンクリートが発生する。(写真 1)
上部納まりのように (写真 2) CLT 側がメス納まりであれば後打ちコンクリートは発生しない。
- ・ 上部納まりが鉄骨リブと CLT の取り合いとなる為、製作精度確保が難しい。今回は鉄骨側を実測し、CLT 加工へ反映した。(写真 2)

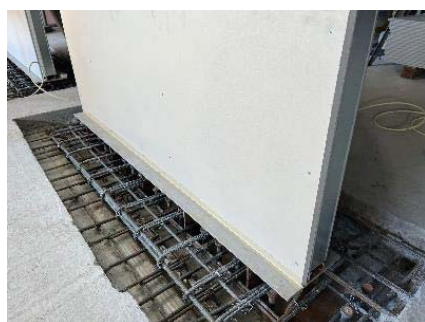


写真 1 耐震壁下部納まり



写真 2 耐震壁上部納まり



CLT（反対面）建込状況



下部コンクリート打設



写真3 下部基礎形状

○施工上の課題点、改善点

- ・ドリフトピン受け部分のスラブ厚確保の為、今回は基礎形状にて納めている。(写真3)
鉄骨梁レベルを下げることでスラブ天端をフラットにする事ができれば、コンクリート床の精度確保、床仕上げの面で有利である。

○設計上の課題点、改善点

- ・CLT 上部の通しボルトが見える為、意匠的な処理の仕方が難しい。天井内に有効寸法が確保されていれば、天井内に納め、ボルトを現しにしないすっきりとした意匠表現が可能となる。

2.4 まとめ

CLT を遮音壁に挟み込む仕様は、CLT1 枚当たりの重量を軽減でき、床コンクリート打設後に CLT を施工することができるので高所でも安定した足場で作業できることを確認できた。しかし今回の仕様では CLT 下部ドリフトピンの納まり上、下部コンクリートを後打ちで施工する必要がある点や、鉄骨リブと CLT の取り合いの製作精度確保が施工上の課題となった。

■性能実証

3.1 遮音壁と CLT の複合的な耐震壁の遮音性能実証

本報告書は、施工途中の遮音間仕切り壁と CLT 耐震壁の組み合わせ部分の空気音遮断性能調査（室間音圧レベル差調査）結果についてまとめたものである。

(1) 測定日

2022 年 2 月 4 日（金曜日）

(2) 測定機関

株式会社 熊谷組技術研究所
有限会社 音研

(3) 測定項目

- ・ 室間音圧レベル差（Dr）の測定
- 測定場所は 3 階 D 通り（図 2-2 参照）

(4) 遮音壁仕様

図 2-2 に示す遮音壁の仕様は以下である。

■ 事務室界壁仕様（吉野石膏 A-2000WI）

上貼面材	硬質石膏ボード t=9.5（両面）
下貼面材	強化石膏ボード t=21（両面）
スタッド	65×45 @303（スラブ～スラブ）
吸音材	GW 24 kg/m ³ t=50
CLT	t=90（2 枚合わせ）

■ 仮設壁仕様（吉野石膏 ハイパーウォール Z・WI）

上貼面材	硬質石膏ボード t=9.5（両面）
下貼面材	強化石膏ボード t=12.5（両面）
スタッド	65×45 @303（スラブ～スラブ）
吸音材	GW 24 kg/m ³ t=50

3.2 調査方法

空気音遮断性能（室間音圧レベル差）

（１）測定方法

界壁の遮音性能を把握するために、日本産業規格 JIS A 1417:2000「建築物の空気音遮断性能の測定方法」に準拠して、中心周波数 125Hz～2,000Hz の室間音圧レベル差を測定する。

（音源は評価周波数帯域を全て含む雑音（オクターブバンド中心周波数 63Hz 帯域～4,000Hz 帯域）とする。）

測定システムを図 3-2-1 に示す。

測定は、固定マイクロホン法を用いる。音源室及び、受音室は、各々5点とし、測定点の高さは、空間的に均等になるように、0.8m～1.6mの0.2mピッチとする。

（空間性能を測定するため、5点の高さは測定点毎に 0.8m, 1.0m, 1.2m, 1.4m, 1.6m から1点選定し設定する。）

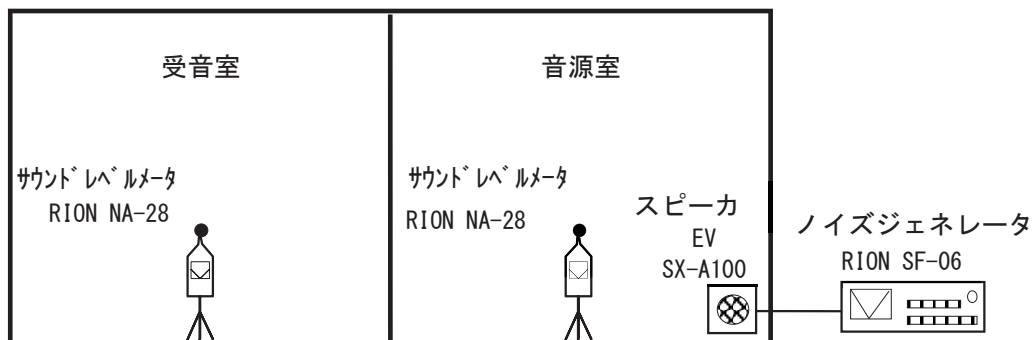


図 2-1 室間音圧レベル差測定システム

（２）測定対象室

測定対象室は3階とする。

測定項目は室間音圧レベル差とする。

測定対象室は外部騒音の影響を低減させるために耐火遮音間仕切り壁等でスラブ～スラブで囲む計画とする。

入口部分は石こうボード積層貼り等で開口部からの音漏れが無いように配慮する。

測定室案を図 2-2 に示す。

（３）目標値

CLT 耐震壁の空気音遮断性能（室間音圧レベル差）の目標値は、日本建築学会の遮音性能基準の事務所（標準）に準じて D-40 を目標とする。

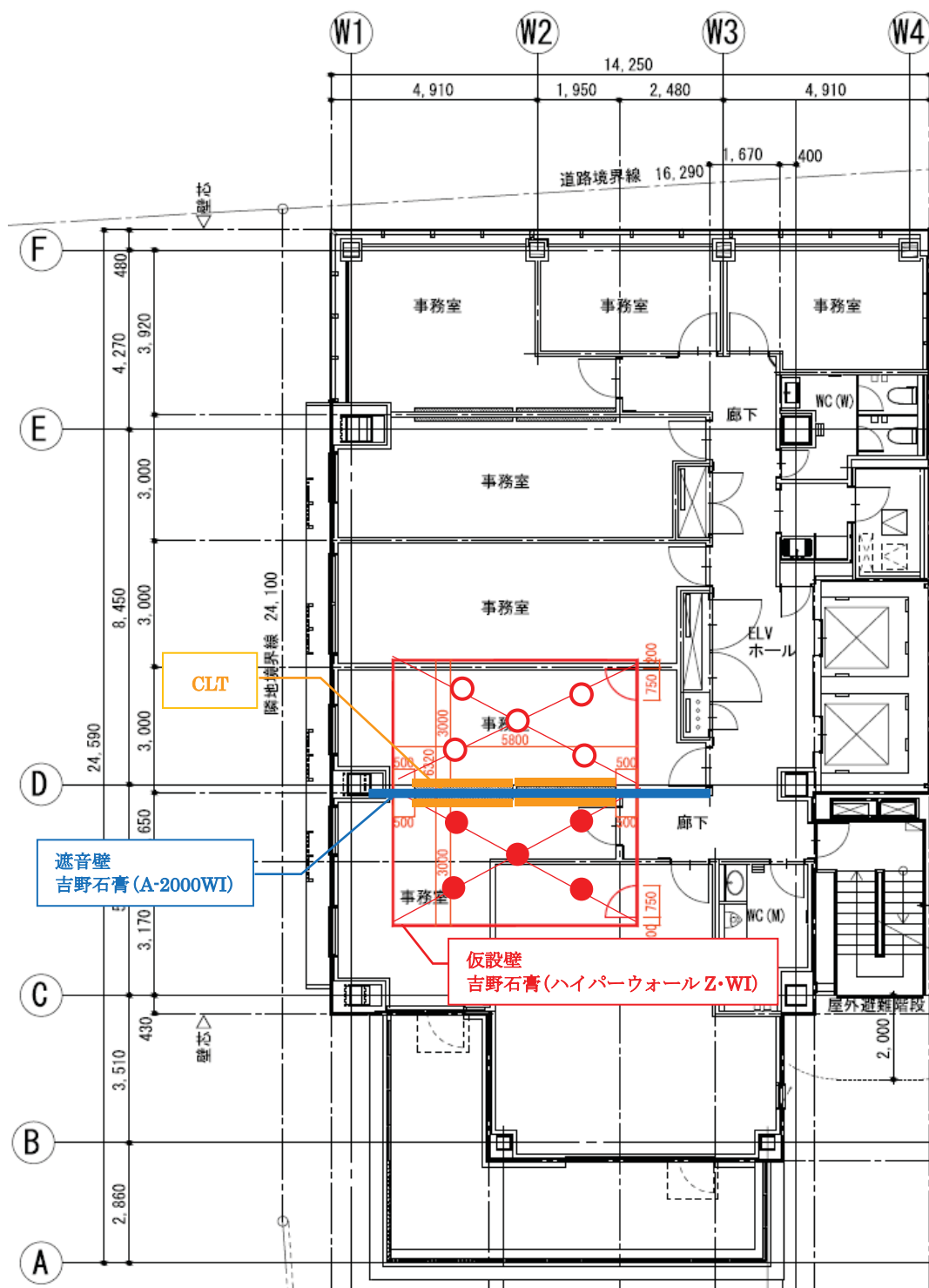


図 2-2 測定位置 (3 階平面図) (● : 音源室, ○ : 受音室を示す)

3.3 測定結果

測定結果を表 3-1 に示す.

測定をした界壁の空気音遮断性能は Dr-30 であった.

表 3-1 空気音遮断性能調査結果 (dB)

	オクターブバンド中心周波数 (Hz)						等級
	125	250	500	1k	2k	4k	Dr
空気音遮断性能	26.1	27.9	29.6	33.4	38.8	43.9	30

測定時は施工途中の建物に試験室を作成して測定を行った.

以下の部分からの透過音の影響がある.

- ①4 階床部の CLT 受け治具部分のコンクリート打設前 (測定時は GW 挿入)
- ②鉄骨梁の耐火被覆施工前
- ③乾式壁と鉄骨梁取り付け部分の一部隙間からの透過音
- ④内装工事着手前



写真 1 4 階床部分 (①)



写真 2 測定室 (受音室)

建物完成時には上記①～④の項目が完了するため, 表 3-1 に示す数値より空気音遮断性能が向上すると想定される.

表 3-2 空気音遮断性能測定結果

音源室

遮音等級: Dr- 30

単位: dB

測定点	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
①	113.4	103.7	100.8	97.5	94.8	93.0
②	112.0	100.6	101.2	96.9	93.1	91.2
③	111.9	101.2	100.2	96.3	93.7	92.5
④	114.8	104.2	101.1	96.9	95.2	93.2
⑤	113.4	101.4	101.1	97.1	93.3	91.6
パワー平均	113.2	102.5	100.9	97.0	94.1	92.4

受音室

単位: dB

測定点	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
①	86.9	70.9	70.6	63.3	55.7	48.8
②	87.1	74.6	71.3	63.6	55.3	48.5
③	89.8	73.9	70.5	65.1	55.4	48.8
④	86.4	71.5	69.8	63.2	55.3	48.2
⑤	86.7	72.6	72.0	63.0	55.7	48.5
パワー平均	87.6	72.9	70.9	63.7	55.5	48.6
暗騒音	42.4	39.6	33.6	27.1	22.6	15.0
暗騒音補正後	87.1	74.6	71.3	63.6	55.3	48.5

単位: dB

	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
音圧レベル差	26.1	27.9	29.6	33.4	38.8	43.9

注) JIS A 1417:2000「建築物の空気音遮断性能の測定方法」に規定される測定周波数帯域は125Hz～2000Hzである。

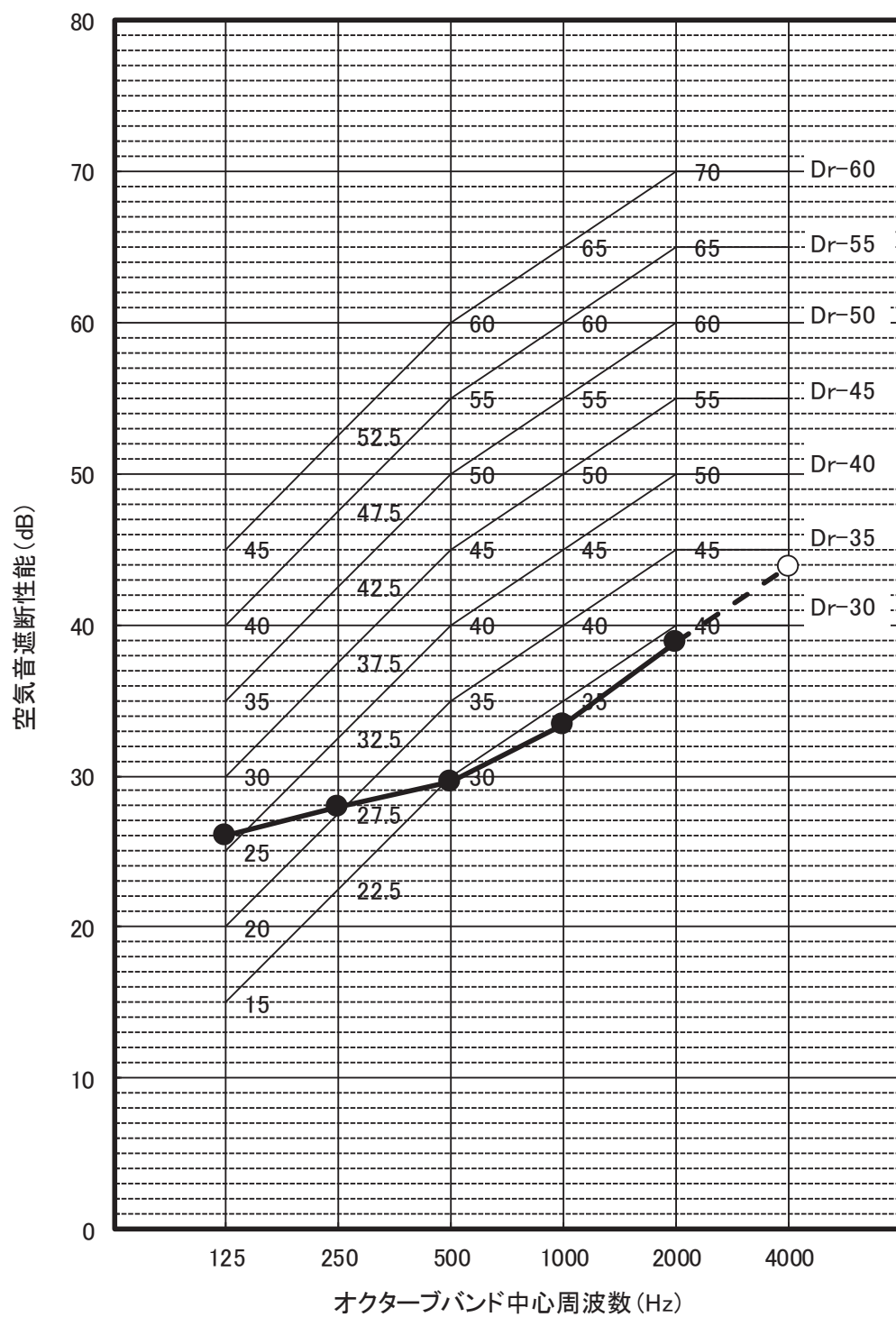


図 3-1 空気音遮断性能測定結果



写真 1 音源室測定状況



写真 2 受音室測定状況



写真 3 受音室(上階スラブ方向を望む)



写真 4 4階 CLT 取付治具部分(コンクリート打設前)



写真 5 4階 CLT 取付治具部分 (仮塞ぎ状況)



写真 6 音響測定使用器材

4.1 総論

本事業で行った各実証実験の結果から、乾式遮音壁を 2 枚の CLT で挟み込むことで CLT 現しの面積を増やし、事務所利用者に寄与する木質空間の提供を可能にしつつ、耐震性能を確保することを確認できた。施工の面では CLT を 2 枚に分割することにより CLT1 枚当たりの重量を軽減でき、床コンクリート打設後に CLT を施工することができるので高所でも安定した足場で作業できることを確認した。また、CLT 施工に際して見学会を実施することで施工手順に関する理解を深めた。(写真 1)

遮音性能に関しては事務室間の室間音圧レベル差(Dr 値)は Dr-30 という結果であったが、本実証実験の際に未実施であった耐火被覆の施工や、外装及び内装を施工することで目標とする一般的な事務所界壁の Dr 値 (Dr-40) は達成可能と考えられる。

今回実証を行った乾式遮音壁を 2 枚の CLT で挟み込んだ CLT 耐震壁は幅広い用途に流用可能であり、今後の CLT 普及に期待ができると考える。



写真 1 CLT 施工見学会