# 令和５年度　中大規模木造普及シンポジウム　事例報告会
# サステナブル建築物等先導事業（木造先導型）　事業概要

| | | |
|---|---|---|
| 1　プロジェクト名 | 警固計画 | |
| 2　提案者<br>（＝建築主） | 氏名 | 株式会社竹中工務店　取締役社長　佐々木　正人 |
| 3　建設地 | 福岡市中央区警固2丁目１２-25 | |
| 4　発表者 | 会社・所属 | 株式会社竹中工務店　九州支店設計部門 |
| | 氏名 | 木下 美佳 |
| 5　採択年度、<br>採択日 | 令和3年度採択<br>採択日　令和4年3月31日 | |
| 6　竣工年度、<br>竣工日 | 令和5年度竣工、竣工日：令和5年2月15日 | |
| 7　設計者・施工者<br>・技術の検証者 | 設計者： | 株式会社竹中工務店　九州支店設計部門<br>高山淳二 |
| | 施工者： | 株式会社竹中工務店　九州支店総括作業所長<br>今井孝光 |
| | 技術の検証者： | 株式会社竹中工務店 |
| 8　建物用途・規模 | □事務所　□店舗　■共同住宅　□学校　□幼稚園　□保育所　□体育館（武道場）　□集会場　□宿泊施設　□文化施設　□病院　□診療所<br>□特別養護老人ホーム　□その他の福祉施設<br>□その他（　　） | |
| | 敷地面積：　453.03㎡ | |
| | 建築面積：　186.09㎡ | |
| | 延べ面積：　919.69㎡ | |
| | (うち補助対象部分の面積：　919.69㎡) | |
| | 構造用木材使用量：　243.9㎥　（内CLT使用量：　210.09㎥） | |

| | |
|---|---|
| 8　建物用途・規模 | 軒高：　14.695m、　高さ：　18.155m<br>階　数：地上5階、地下なし<br>(うち補助対象部分)　1～5階 |
| 9　建築物の構造 | □軸組工法　□枠組壁工法　□CLTパネル工法<br>■その他の工法（　木造（CLT）＋RC造　） |
| 10　建築物の<br>防火性能 | （建設地の地域区分）<br>□防火地域　■準防火地域　□２２条区域　□その他地域<br>（地域区分や建物用途・規模等により必要となる建築物の防火性能等）<br>■耐火建築物　□準耐火建築物（60分）　□準耐火建築物（45分）<br>□その他（　　）<br>（今回提案する建築物の防火性能等）<br>■耐火建築物　□準耐火建築物（60分）　□準耐火建築物（45分）<br>□その他（　　） |

11　施工時の課題・工夫点について（※簡潔に記載ください）

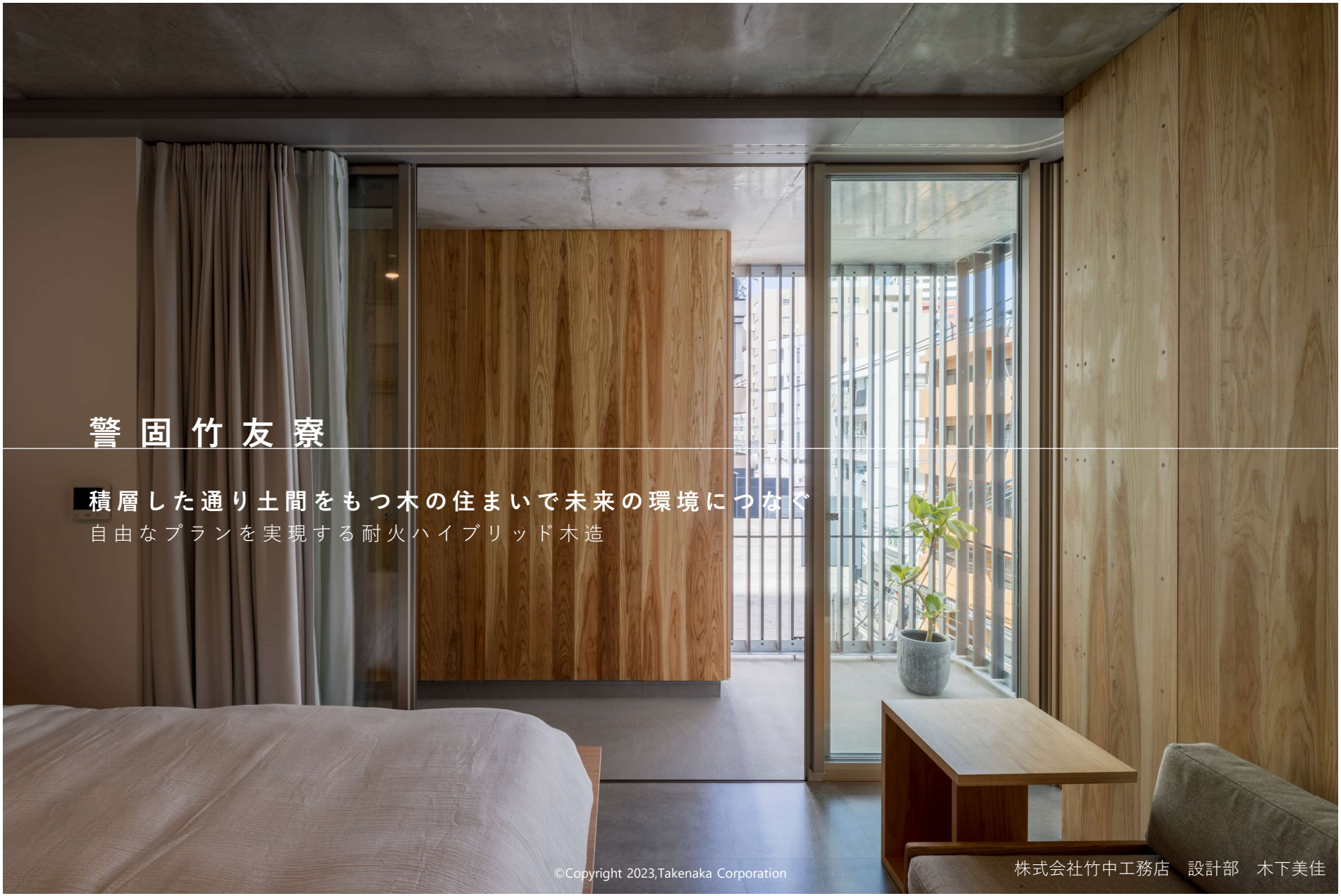
事前に試験施工を行うことで、ＣＬＴに関連する納まりや施工方法・施工効率についての問題洗い出し、改善方法を決定した。本体工事にて接続金物と仮設の固定金物及びCLTパネル上部の接続金物など、多くの部材を工場でユニット化することで、現場での作業を最小限にし、これらによって、生産性向上を図ることができた。

12　木造化についての施主からの評価（※簡潔に記載ください）

当プロジェクトは、都心部の耐火木造建築物として計画された自社の単身者向け社宅であった。中高層耐火木造建築の可能性を拡張し、内外装において当社技術である木の現しの実現と共に当社の耐火木造技術を社会に広く発信することができた。木の温もりを感じられる当施設が、新しい環境負荷の小さい都市型集合住宅のモデルとなり、地域に貢献し続けることを願っています。

※上記記載内容はパワーポイントで作成された発表資料内にご記載ください。

©Copyright 2023,Takenaka Corporation



# 警固竹友寮

## 積層した通り土間をもつ木の住まいで未来の環境につなぐ

自由なプランを実現する耐火ハイブリッド木造

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

株式会社竹中工務店　設計部　木下美佳

## 建築概要

建 築 主　：　竹中工務店
計 画 地　：　福岡市中央区警固
用　　途　：　１階　　事務所＋ギャラリー
　　２～５階　当社単身者用社宅（20室）
敷地面積　：　453㎡
建築面積　：　186㎡
延床面積　：　920㎡
階　　数　：　地上5階
構造種別　：　木造CLT壁式＋RC構造
耐火種別　：　耐火建築物
工　　期　：　2022年2月～2023年2月

## 木材使用量

構造材　：　243.9㎥
仕上材　：　12.8㎥

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

# 積層した通り土間をもつ木の住まいで未来の環境につなぐ

**1.警固竹友寮について**

環境負荷の小さい新たな都市型木造集合住宅

**2.自由なプランを実現する耐火ハイブリッド木造**

RCフラットスラブとCLT壁で構成する構造

**3.森林グランドサイクルを通した地域連携**

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

# 積層した通り土間をもつ木の住まいで未来の環境につなぐ

## 1.警固竹友寮について

環境負荷の小さい新たな都市型木造集合住宅

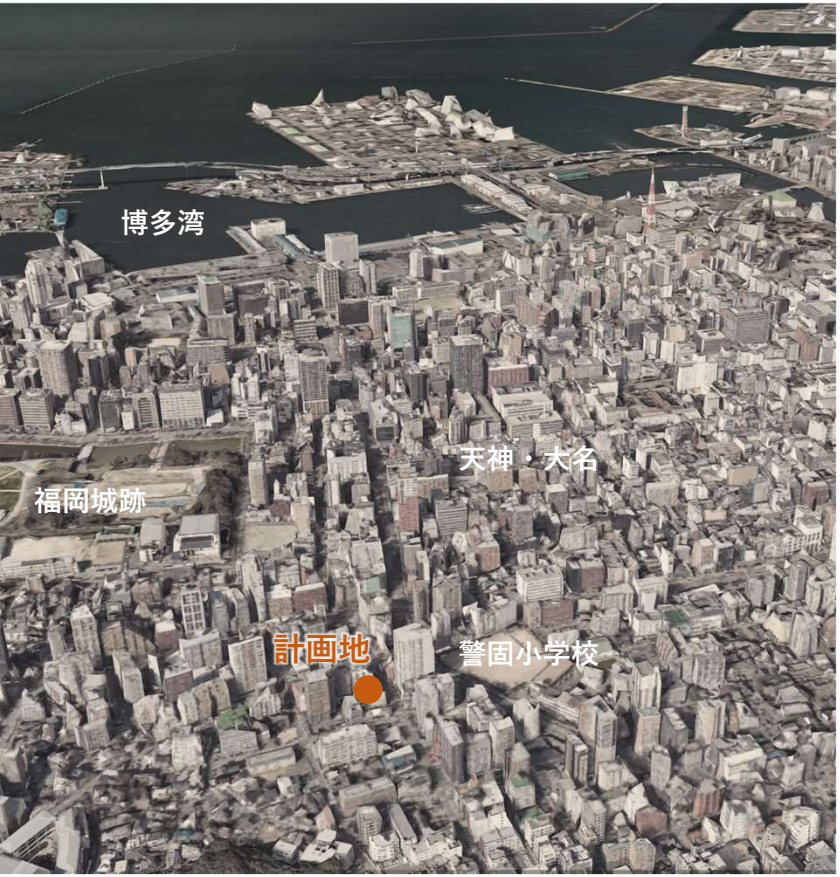
## 2.自由なプランを実現する耐火ハイブリッド木造

RCフラットスラブとCLT壁で構成する構造

## 3.森林グランドサイクルを通した地域連携

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## 計画地



敷地周辺図

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

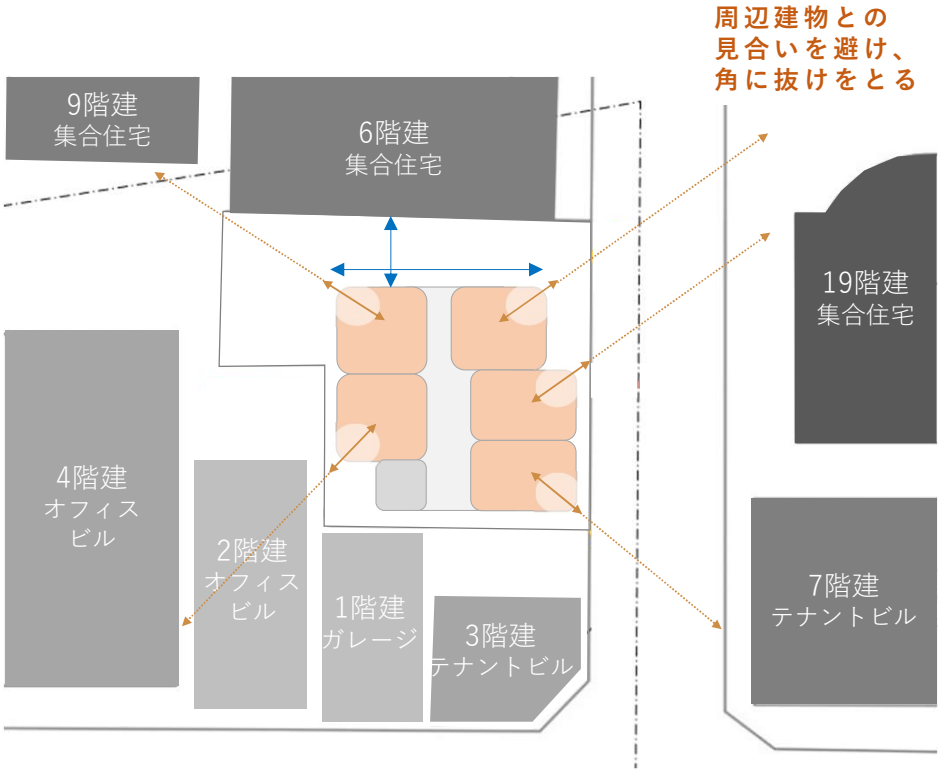
積極的に周辺環境を取り込み、まちに心地よく住まう

環境負荷の小さな都市の集合住宅

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

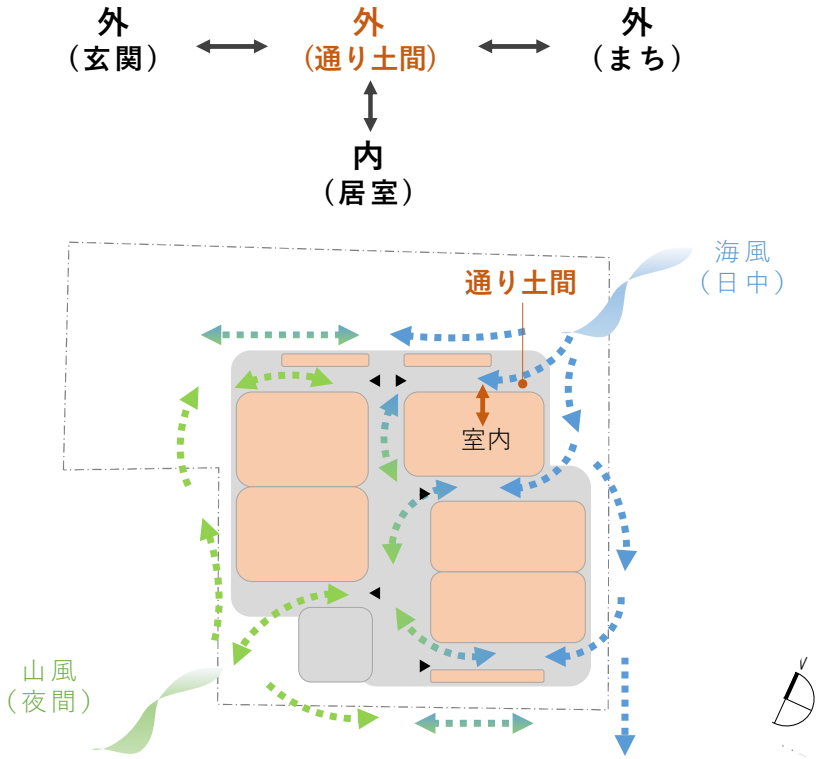
## 周辺環境を取り込む

抜けのある住戸配置




**すべての住戸がコーナーをもつ住戸配置**

風を取り込む住戸形式




**まちと繋がり、通風を促す「通り土間」**

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## CLT壁+RCフラットスラブのハイブリット木造耐火建築物

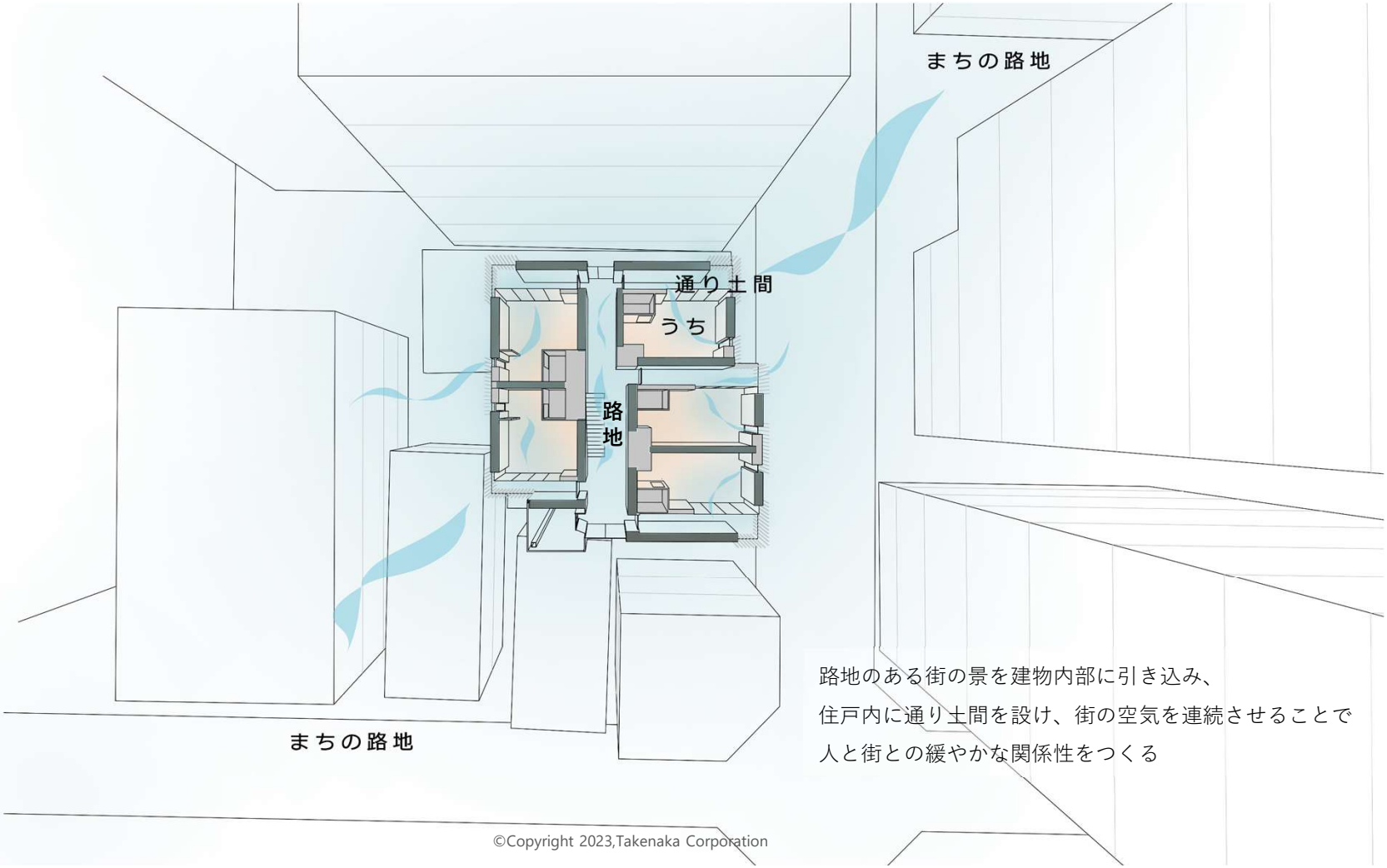
建物のライフサイクルで$CO_2$を削減し、サスティナブルな都市の実現に貢献する

| イニシャル | | ランニング |
|---|---|---|
| **耐火木造** | × | **通り土間** |
| 建設時の$CO_2$削減<br>炭素の長期固定化 | | 建物全体で通風を促し<br>夏場の空調負荷を低減 |

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## Concept

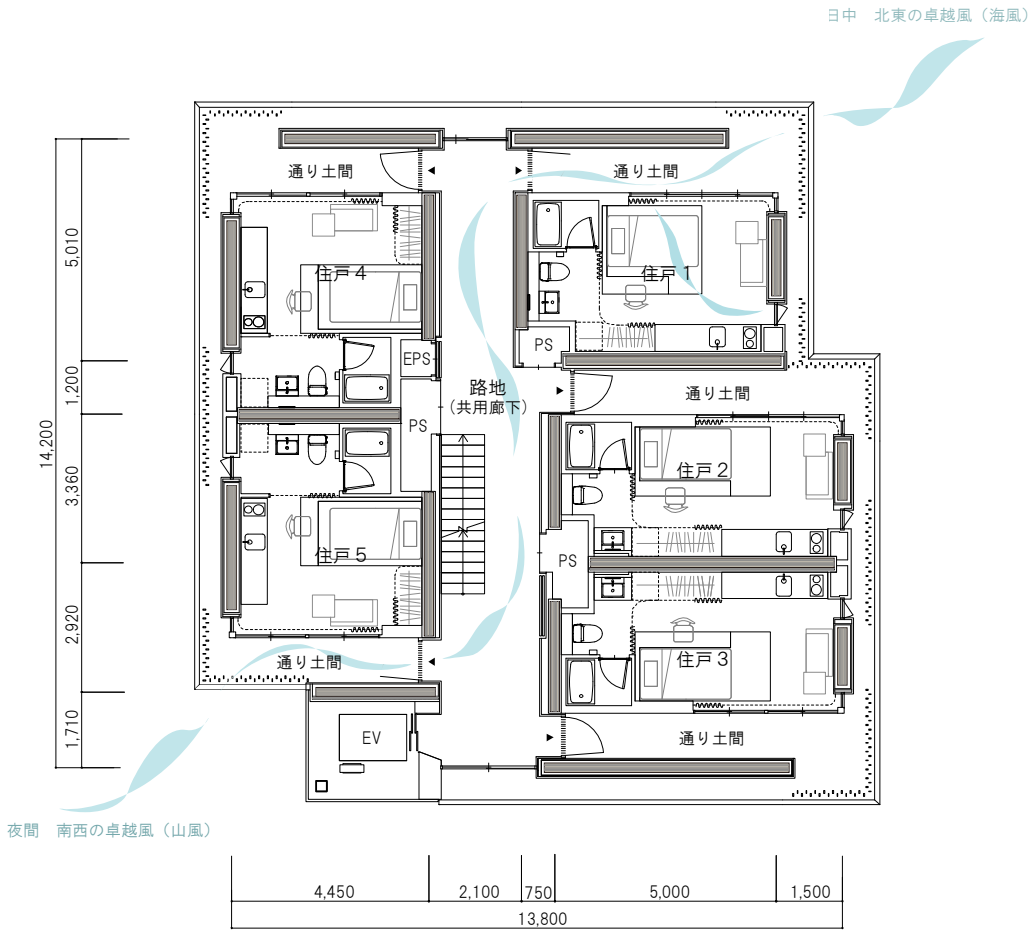
# 積層した通り土間をもつ木の住まいで未来の環境につなぐ




路地のある街の景を建物内部に引き込み、
住戸内に通り土間を設け、街の空気を連続させることで
人と街との緩やかな関係性をつくる

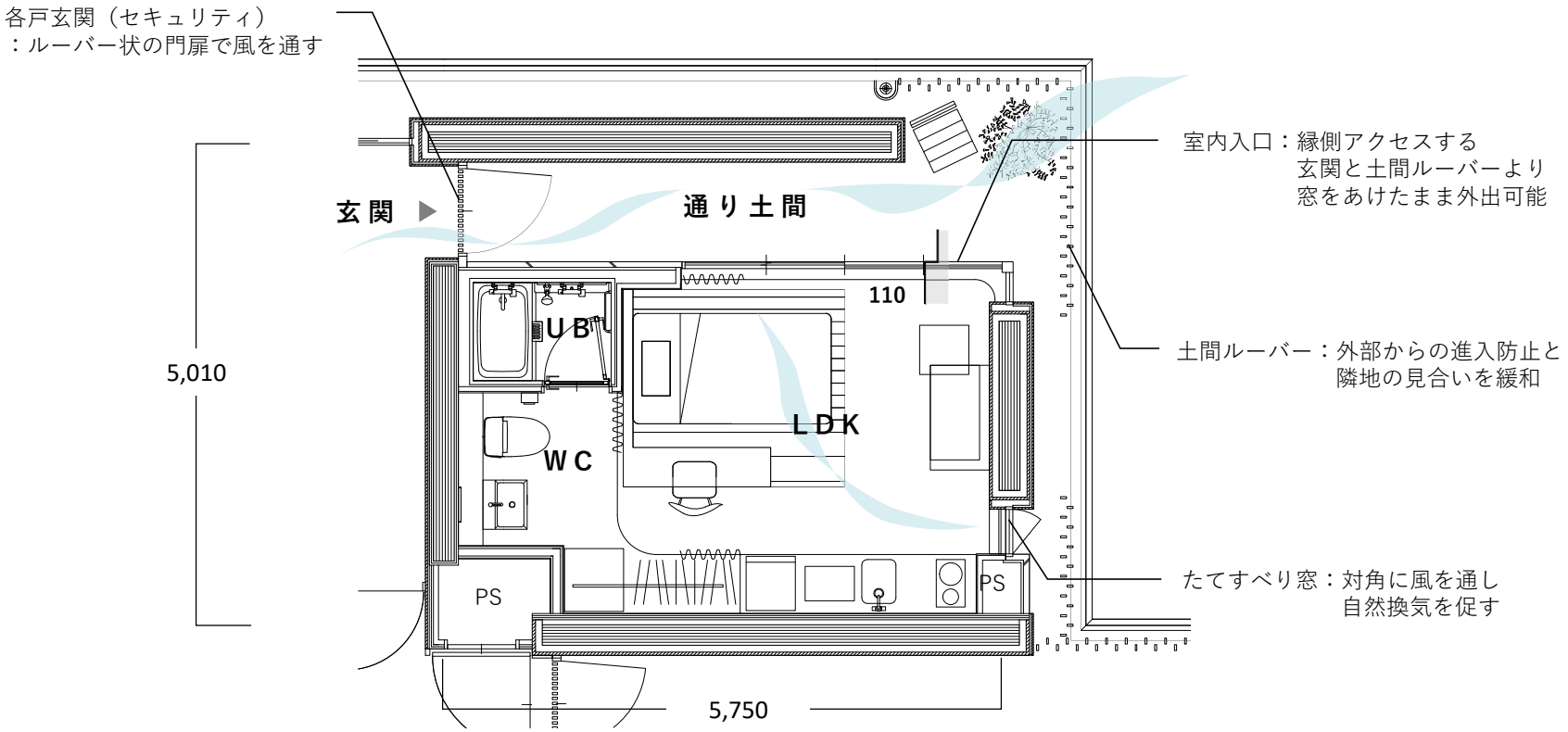
©Copyright 2023,Takenaka Corporation

# 2－5F Plan




©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## |Room Plan




©Copyright 2023,Takenaka Corporation

風を通す玄関

住戸玄関

街へと視線が抜ける「通り土間」は、縁側や前庭、リビングの延長として暮らしを豊かにする

通り土間

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

引き戸を開け放てば、室内は「まち」と連続した半屋外となる開放的な住まい

北東側　住戸

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

室内は家具やカーテンで緩やかに区切り、自由に住みこなしていく

北東側　住戸

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

「通り土間」は住まいに外部環境（風・自然光・まちの景色）を心地よく取り込む

南東側　住戸

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

室内にいながら、季節や日の移ろいを感じることができる

南東側　住戸

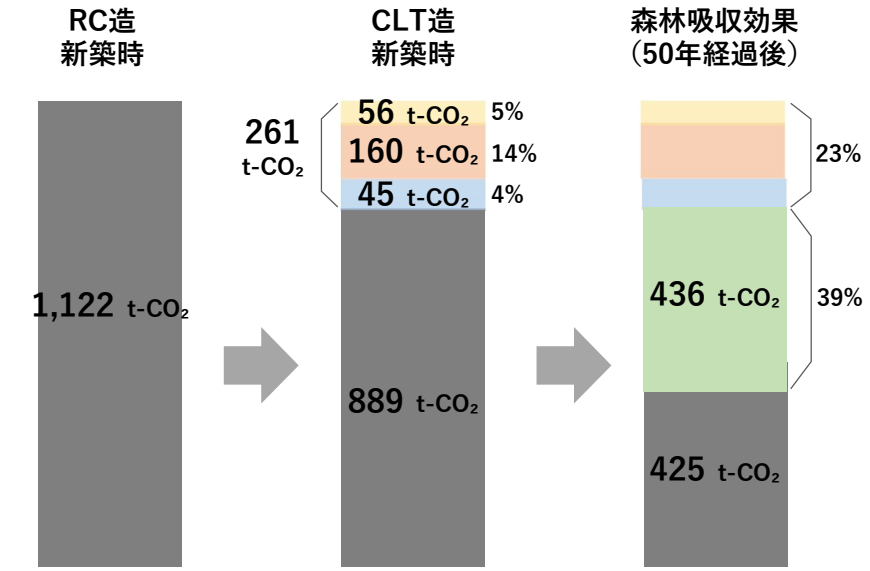
©Copyright 2023,Takenaka Corporation

「通り土間」と連続し、風が通り抜ける半屋外の路地的共用廊下

共用廊下

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## 建設時（木造・ECM）のCO2削減効果




| | CLT造 新築時 | 森林吸収効果（50年経過後） |
|---|---|---|
| RC造と比較した場合の減少分 | 261 t-$CO_2$ 削減 | 697 t-$CO_2$ 削減 |
| | 23% | 62% |

凡例

| | |
|---|---|
| A | 資材および施工に伴う削減効果 |
| B | 構造体（C LT）、内外装木（杉）内部に貯蔵する炭素の長期固定化 |
| C | ECMコンクリート採用に伴う削減効果 |
| D | 森林グランドサイクルのビジョンに基づき伐採後に植林した場合木が貯蔵する炭素量 |

「森林グランドサイクル」の概念図

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

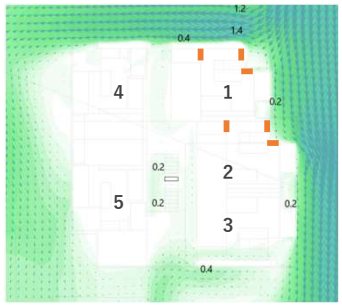
## 運用時（通り土間）のCO2削減効果

**「通り土間」があることで、全方位の住戸が**
**居住者の有無と関係なく風を享受することができる**

【一般的なルームプラン】

玄関（外） → 居室（内） → バルコニー（外）

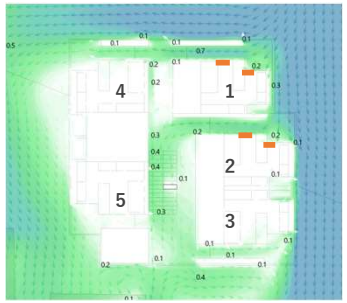
卓越風：北, 2.34m/s




【土間のあるプラン】

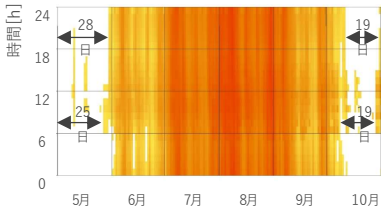
玄関（外） → 通り土間（外） → まち（外）

↕ 居室（内）

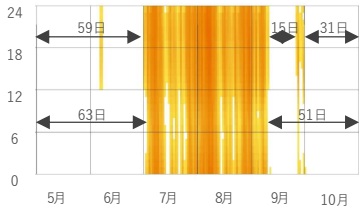



**「通り土間」により、建物全体で気流感のある通風を確保でき**
**夏場、空調なしで快適に過ごせる日数・時間が増える**

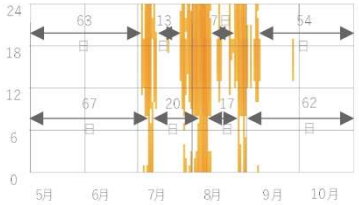
**自然換気なし**




**土間無し（気流感なし(0.0m/s)）**
快適域SET*：25.6度




**土間あり（気流感あり(0.2m/s)）**
快適域SET*：27.8度




空調なしで快適に過ごせる状態
空調なしだと不快に感じる状態

| 空調時間 | 消費電力 | $CO_2$排出量 |
|---|---|---|
| 1210 時間/戸 | 2257.4 kWh/年 | 1106.2 kg-$CO_2$/年 |
| ↓ | ↓ | ↓ |
| 728 時間/戸 | 1583 kWh/年 | 775.6 kg-$CO_2$/年 |

**$CO_2$削減効果**

**30%**

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

# 積層した通り土間をもつ木の住まいで未来の環境につなぐ

1.警固竹友寮について
環境負荷の小さい新たな都市型木造集合住宅

**2.自由なプランを実現する耐火ハイブリッド木造**
RCフラットスラブとCLT壁で構成する構造

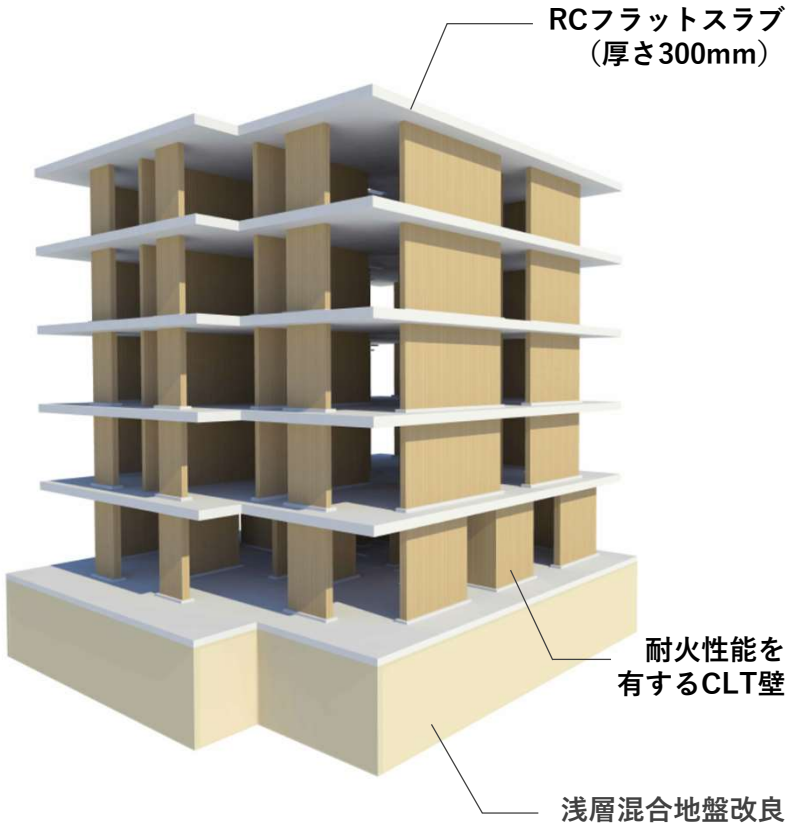
3.森林グランドサイクルを通した地域連携

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## Structure Concept

### 自由なプランを実現する耐火ハイブリッド木造
### 「RCフラットスラブとCLT壁で構成する構造」

| | |
|---|---|
| 規　　模 | 地下-階　地上5階 |
| 構造種別 | 木造（CLT壁）＋RC造 |
| 構造形式 | 耐震構造 |
| 架構形式 | X方向、Y方向とも：CLT耐震壁を有するCLTパネル構造 |
| 基礎形式 | 直接基礎 |
| | 浅層混合地盤改良（先端深さ：1FL－3m～4.5m程度） |
| 構造断面 | 1階：燃エンウッドCLT耐力壁（全国初採用） |
| | 2～5階：燃エンウッドCLT耐力壁、CLT（CLTパネル工法） |
| 地域係数 | 0.8 |
| 重要度係数 | 1.5（警固断層を考慮） |




©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## 4つの実現へのプロセス

①鉛直荷重を支持し、耐火性能を有するCLT壁現し仕上げ

②水平荷重に抵抗可能なCLT壁とRCフラットスラブの接合部

③CLT壁配置の自由度を高める工法

④BIMとモックアップによる施工性向上と品質の確認

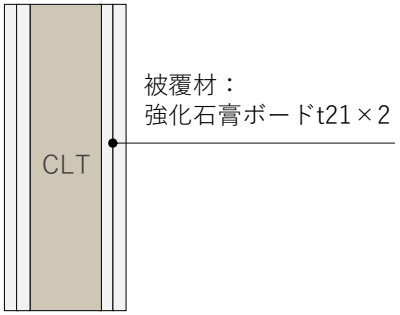
©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## ①鉛直荷重を支持し、耐火性能を有するCLT壁現し仕上げ

**燃え止まり層と燃え代層を組み合わせた材料を開発し、木の現し仕上げを実現**

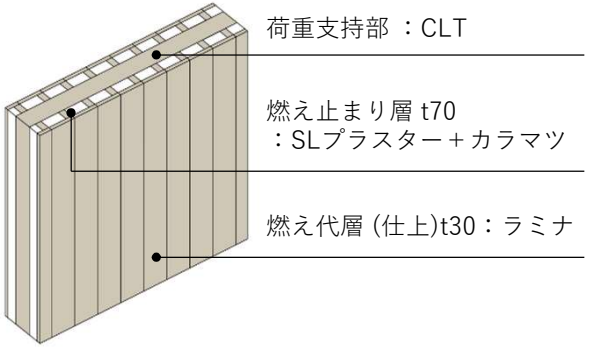
当社開発の2 時間耐火性能を有する「燃エンウッド®CLT 耐力壁」により、**内外に木の表情が連続する**温かみのあるインテリアとファサードを実現している。
今回の構造形式では、基準法上**14階建てが可能**であり、中高層木造耐火建築物のさらなる展開が期待される。

**〈告示１H耐火仕様〉**

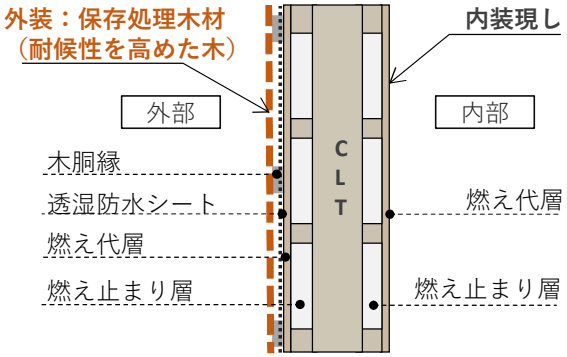



**〈燃エンウッド®CLT 耐力壁〉**

間仕切壁




外壁




外壁耐力駅の外部側に透湿防水シートと保存処理木材を設置し、経年劣化の速度を遅らせ、劣化が進行した際にも取り換えを容易にするディテールとして認定を取得している。

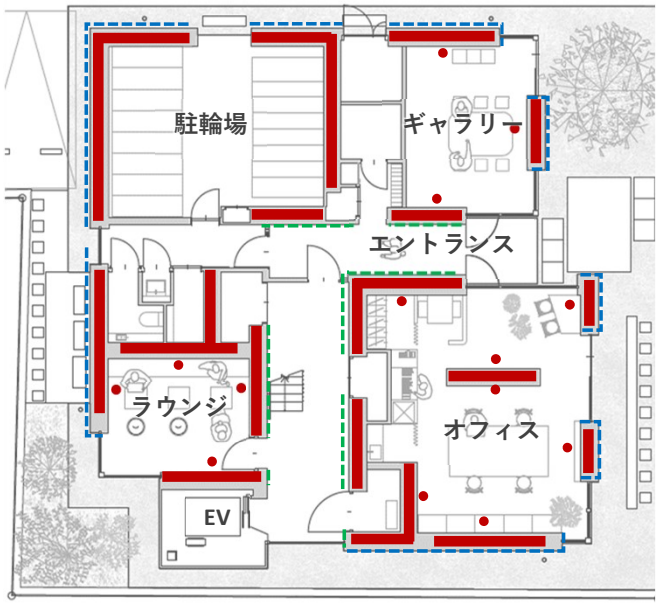
燃エンウッド®ＣＬＴ芯材（荷重支持部）

燃エンウッド®ＣＬＴ燃え代・燃え止まり層

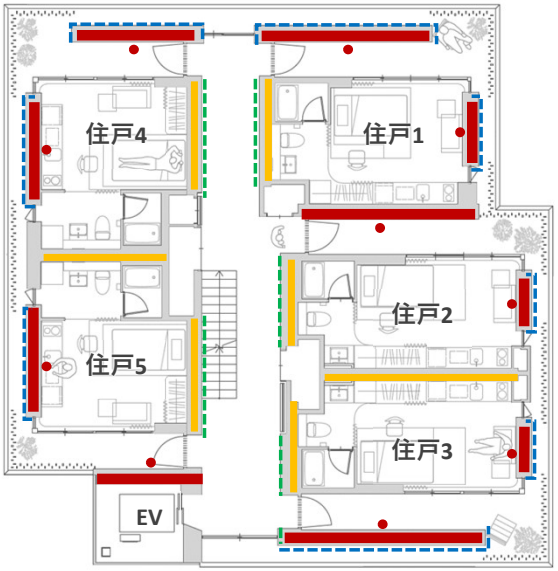
©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## ①鉛直荷重を支持し、耐火性能を有するCLT壁現し仕上げ

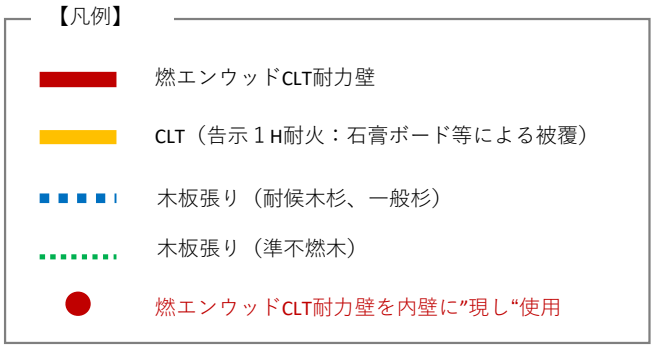
### 意匠性とコストに配慮した配置計画




1F　平面図




2-5F　平面図

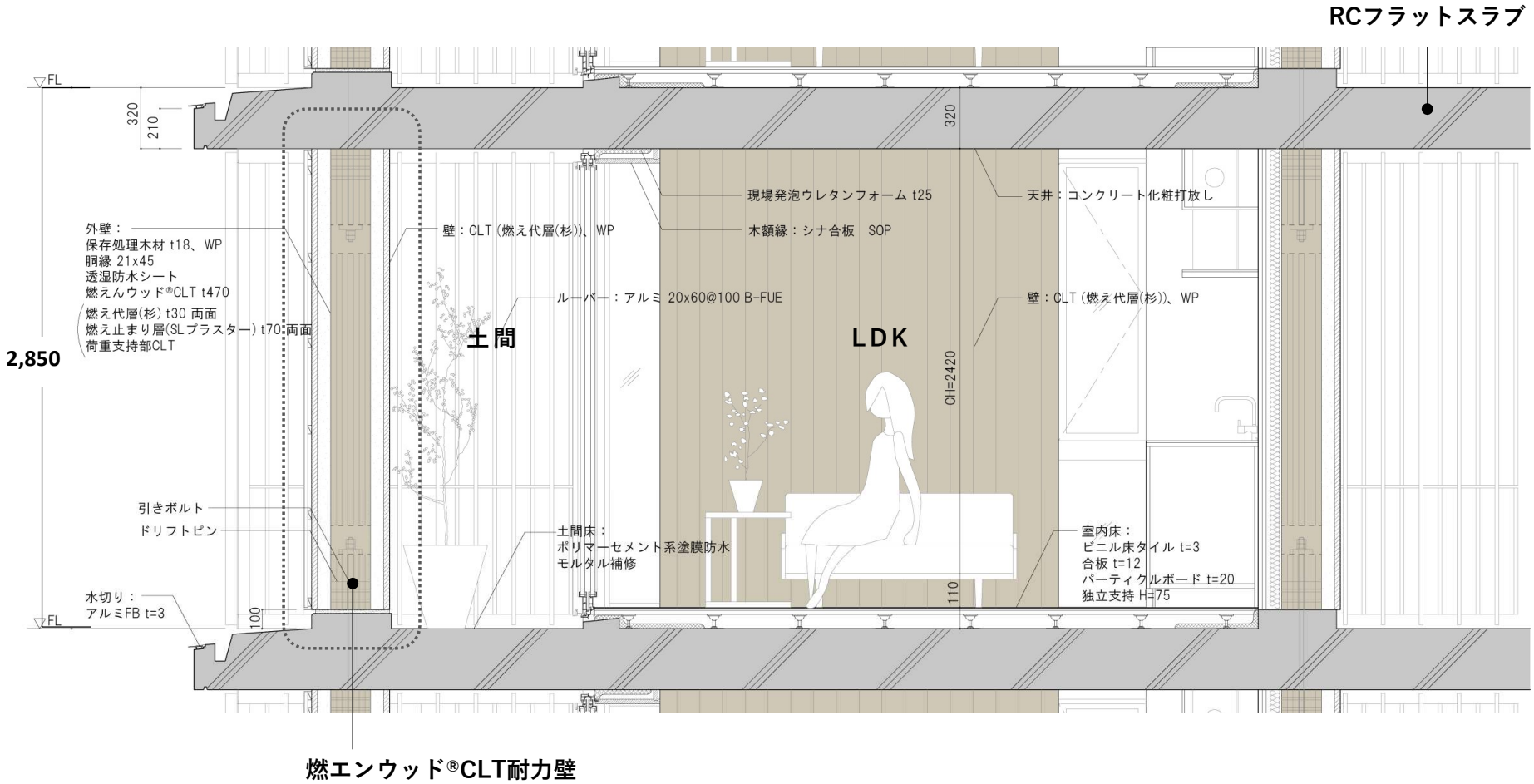



今回開発した耐火性能を有するCLT壁（燃エンウッド®CLT耐力壁）を、通り土間や寮室の一部に木質意匠を生かす部分に効果的に配置し、
ユニットバスの隠蔽部やPS（パイプシャフト）となる部分には告示仕様を採用するなど使い分けることで意匠性を踏まえた構造計画とした。

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## ①鉛直荷重を支持し、耐火性能を有するCLT壁現し仕上げ

**外装木材の劣化を軽減する断面ディテール**




住戸１断面図

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

土間に面する2辺をCLT現しとすることで内外の一体感を高め、木のぬくもりのある空間を創出

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

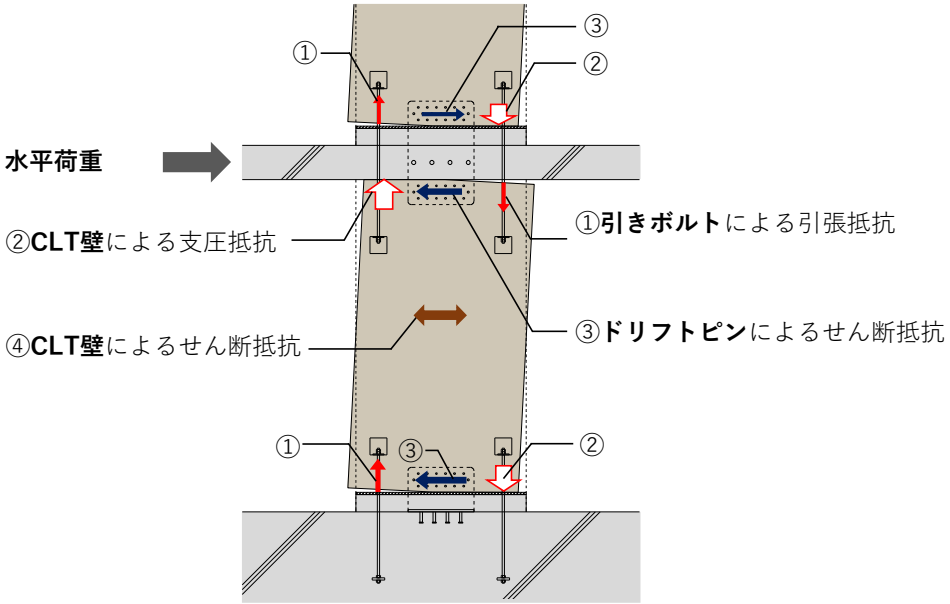
木の温かさが街を彩る、鉛直荷重を支えるCLTとコンクリートスラブで構成されたファサードを実現

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

# ②水平荷重に抵抗可能なCLT壁とRCフラットスラブの接合部

## 架構のメカニズムと接合部の開発

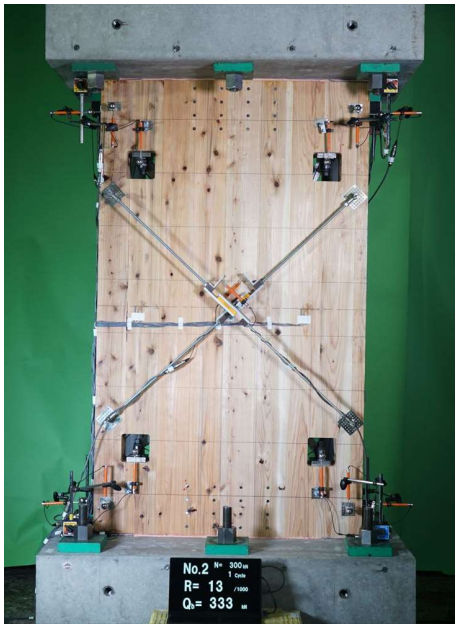
長期荷重はCLT壁の軸力にて伝達を行い、地震時は木とRCという異種材料間で水平荷重を伝達させるディテールが必要になる。そこで今回は明快なディテールを実現すべく、①CLT壁が変形時に引張側で抵抗する引きボルト、②圧縮側で抵抗するCLT壁の支圧抵抗、③せん断力を伝達させるドリフトピンの構成とした。いずれも耐火被覆部で覆われ、竣工時には隠蔽できるディテールとした。



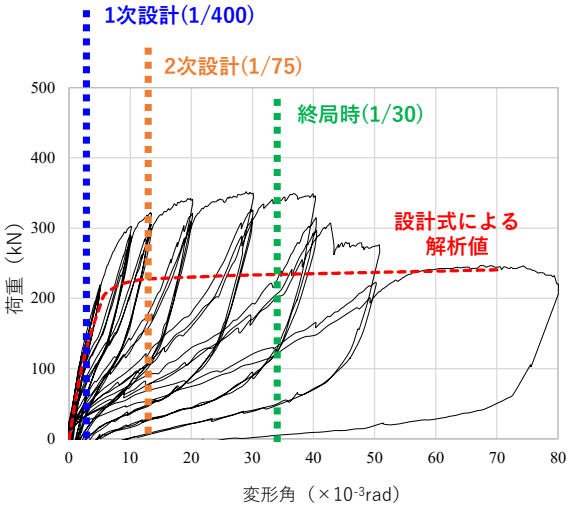

CLT壁の水平力抵抗機構

## 実験による確認

1次設計時の継続使用性および2次設計時の安全性に加え、想定外地震を想定した終局メカニズム時（層間変形角1/30の大変形時）のCLT壁の軸力保持性能を確認した。




実験状況（1/75変形時）




**実験結果（荷重変形図）**
終局メカニズム時（1/30）では、引きボルトは降伏するが、支圧により軸力を保持しつつ、高い水平抵抗を有することを確認

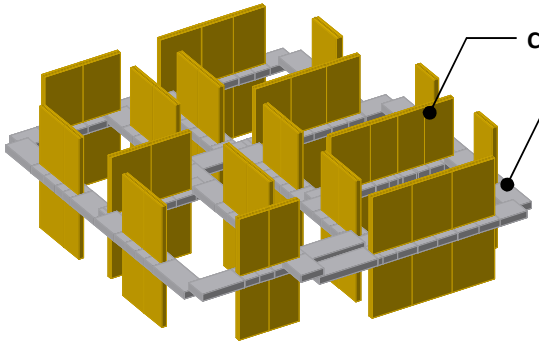
©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## ②水平荷重に抵抗可能なCLT壁とRCフラットスラブの接合部

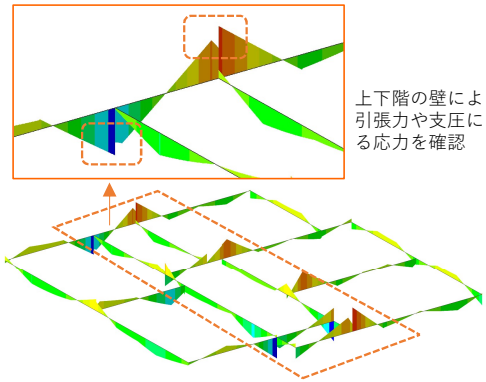
### RCフラットスラブの設計

RCフラットスラブの設計は、水平荷重に対してより詳細な検討を行うために、RCフラットスラブの中でも壁を受けている部分とスラブ中央部分と分けて検討を行う。

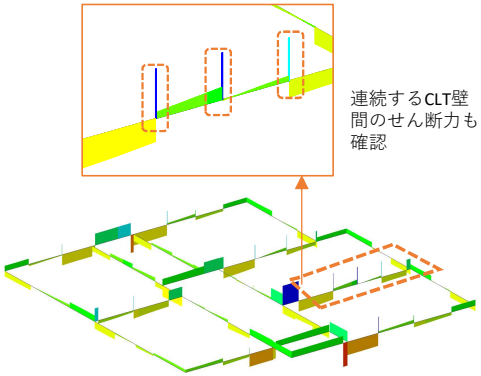
#### (1) 壁を受けるRCフラットスラブの設計




建物全体解析モデル（基準階抜粋）



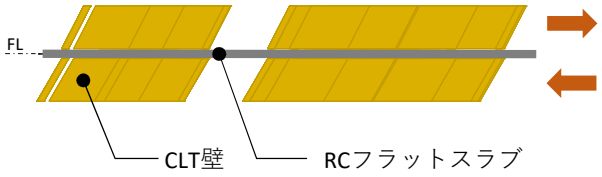

終局メカニズム時（1/30）
曲げモーメント図




終局メカニズム時（1/30）
せん断力図

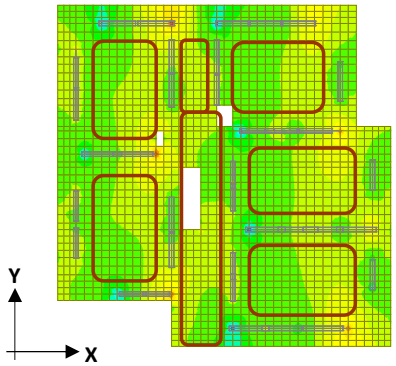
#### (2) RCフラットスラブの全体の設計

RCフラットスラブ全体解析は上下階の壁に強制変形を与え、RCフラットスラブ全体に作用する応力について設計する。地震時のCLT壁からの支圧・引張により生じるスラブの面外方向の応力は終局メカニズム（1/30）において降伏しない設計方針とする。




各段階時の設計クライテリアの変形を与え、RCフラットスラブの応力を確認

1次設計　：1/400
2次設計　：1/75
終局（余裕度）：1/30




終局時（X方向）曲げモーメント図

□の範囲について
長期：長期許容応力度以下
短期：短期許容応力度以下
終局：短期許容応力度以下

であることを確認

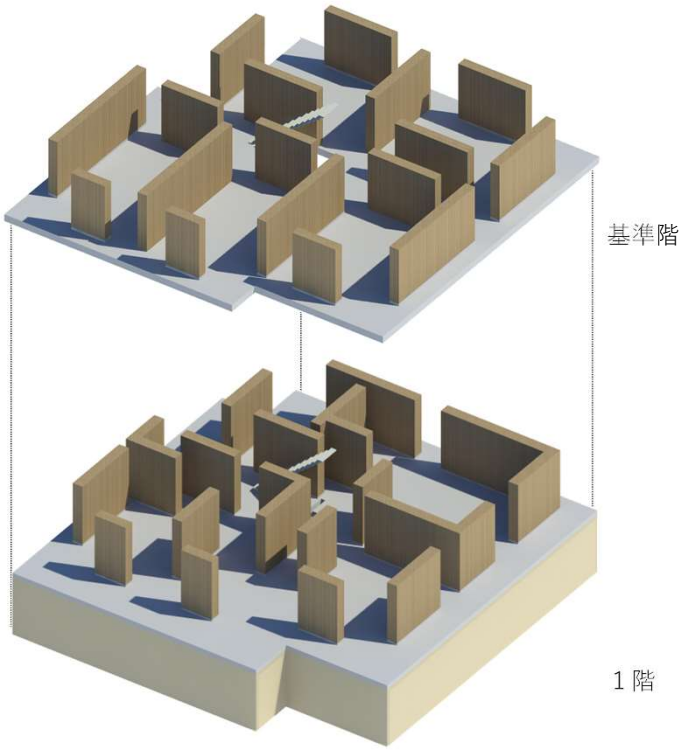
©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## ③CLT壁配置の自由度を高める工法

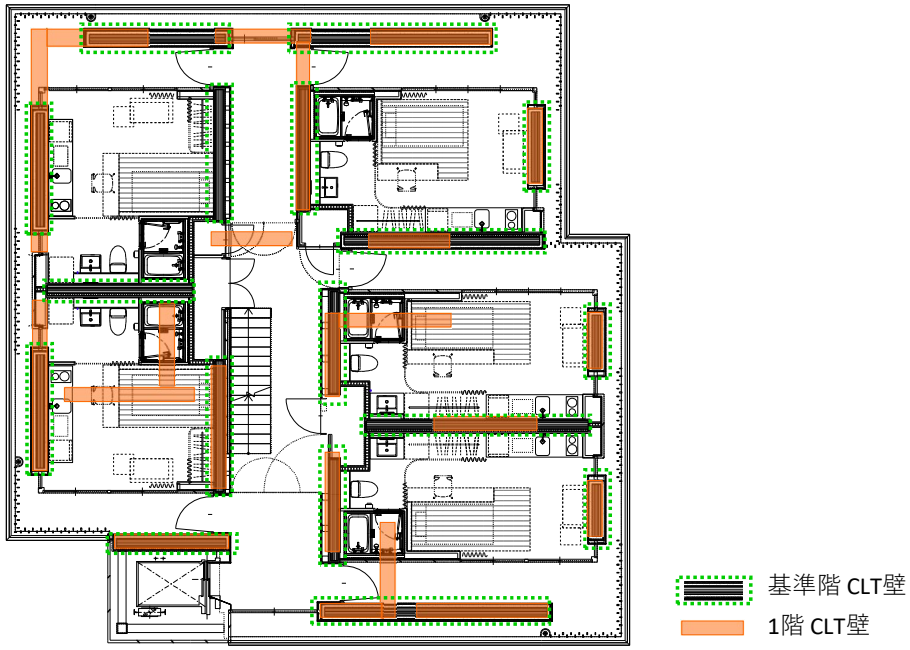
鉛直部材をすべてCLTとし、RCフラットスラブを併用したハイブリット構造とすることで、ロングスパン化、壁配置の自由度の向上を実現している。
木造ゆえのスパン制限などがなくなり、適材適所での木造利用のひとつの手法として波及効果が期待できる。

### 上下階の壁配置の自由度の向上

**1階～基準階で異なる壁プラン（アクソメ図）**




**CLT壁配置重ね合わせ図**
RCフラットスラブで梁型が出ず、自由な壁配置が可能

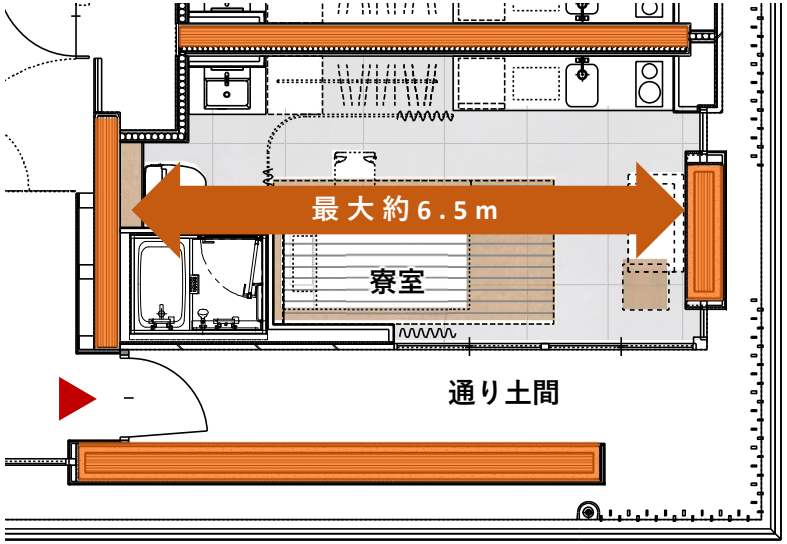



©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## ③CLT壁配置の自由度を高める工法

鉛直部材をすべてCLTとし、RCフラットスラブを併用したハイブリット構造とすることで、ロングスパン化、壁配置の自由度の向上を実現している。
木造ゆえのスパン制限などがなくなり、適材適所での木造利用のひとつの手法として波及効果が期待できる。

### RCフラットスラブによる空間の自由度の向上



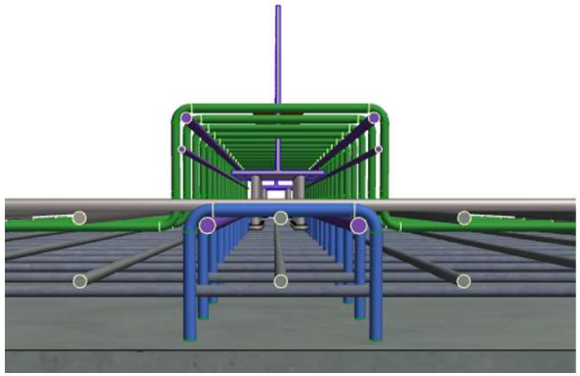

RCフラットスラブは長期荷重および水平力を伝達することが可能であれば、壁の配置を自由に配置することができる。本計画では寮室内を1つの空間として使用することができ、風通しのよいプランを実現。 RCフラットスラブによって歩行音や生活音などの遮音性が高まり、床振動も向上することから居住性が大幅に向上する。

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

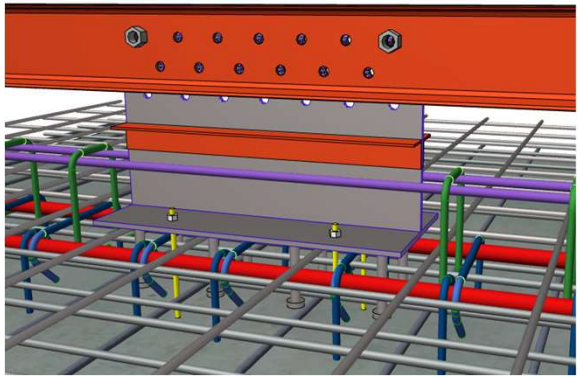
# ④BIMとモックアップによる施工性向上と品質の確認

## ＢＩＭモデルを活用した接続金物と配筋の納まり検証

設計段階にてRCフラットスラブの配筋と接続金物の納まりを3次元モデルで検討を実施する。建方の固定用治具もモデル化することで、施工による干渉などの問題を事前を図った。



立上り配筋とスラブ筋、取り付け金物との納まりをBIM検証



仮設の治具とスラブ配筋、スタッドの位置の納まりを検証

## 実大のモックアップ製作による施工性と品質の確認

BIMモデルでの検証を踏まえ、実大モックアップを作成を実施することで施工性の確認を実施する。
確認申請から着工までの間で建方精度や横に連続するCLT壁のクリアランスや仕上げの見え方を確認した。
検証によりスラブ配筋の変更や接続金物の形状変更を申請中に行い、施工性の向上を図った。

仮設治具の精度と配筋納まりの検証

設計上のクリアランスによる建方精度確認

CLT間の精度や仕上げ面の確認も実施

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## ④BIMとモックアップによる施工性向上と品質の確認

**BIMモデル連携によるデジタルファブリケーション**

施工モデルから協力会社へデータを渡し、CLT加工機まで連携する。データを有効活用し、製作工数の低減を図る

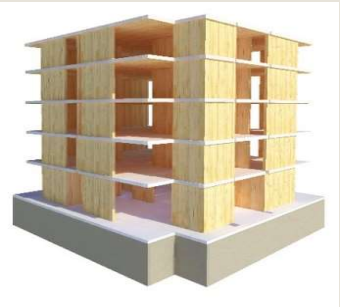
### 竹中工務店 プロダクトG作図

施工モデル

**ArchiCAD**

**基本割付、部材毎の入力**

**Revit（構造図モデル）**



**現状** 設計図・躯体図を **紙やPDF**で提供

チャレンジ

データ連携

### CLT製作会社

#### 製作図オペ作図

製作図モデル

**Revit（新規導入）**

**加工情報（穴あけ、切欠き入力）**

施工図(製作図)として
施工会社のノウハウを追記
・燃え止まり層割付
・燃え代層割付
・金物取り合い等

**AutoCAD**で製作図作成

データ連携

3Ｄｄｗｇ形式

#### 加工機オペ作図

データ連携

Sat形式

**CADwork**
（ユニチーム用CAD）
CLT加工最大サイズ：
ｔ300ｘｗ3,500ｘＬ13,500

木の性質や架構形式、形状等による
寸法調整を行う

（例:設計寸法10,000mm
➡加工寸法9,999mm）

**CADwork**で製作図作成

データ連携

CAMソフト

#### ＣＬＴ加工機

**フンデガー**(ドイツ製)

**≪着手までの課題≫**
・協力会社のArchiCAD操作技術の向上
・データ連携時の不具合箇所の抽出
・金物部分のデジファブ化

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

# 燃エンウッドCLT®壁＋RCフラットスラブの建て方

# 積層した通り土間をもつ木の住まいで未来の環境につなぐ

1.警固竹友寮について

環境負荷の小さい新たな都市型木造集合住宅

2.自由なプランを実現する耐火ハイブリッド木造

RCフラットスラブとCLT壁で構成する構造

3.森林グランドサイクルを通した地域連携

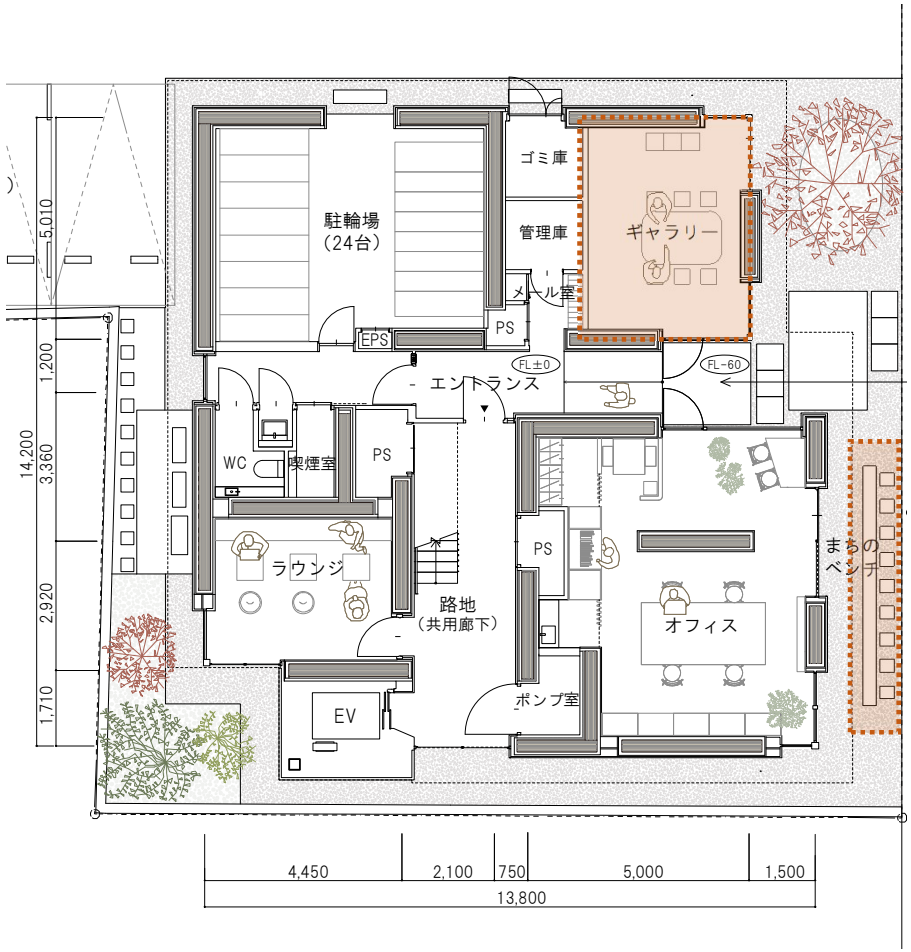
©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## 森林グランドサイクルを通して、企業・大学・地域とのつながりを生み出す

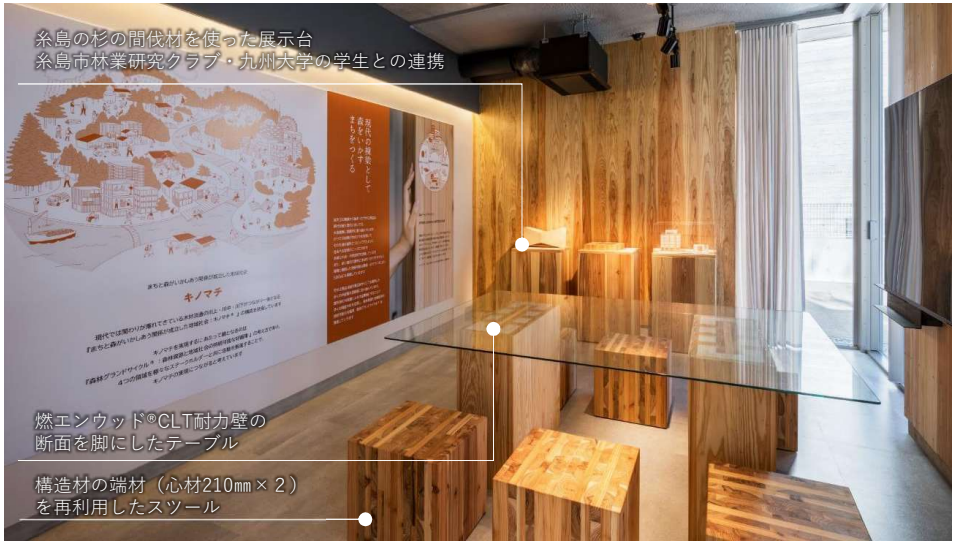
**森から都市までを木材でつなぐ**

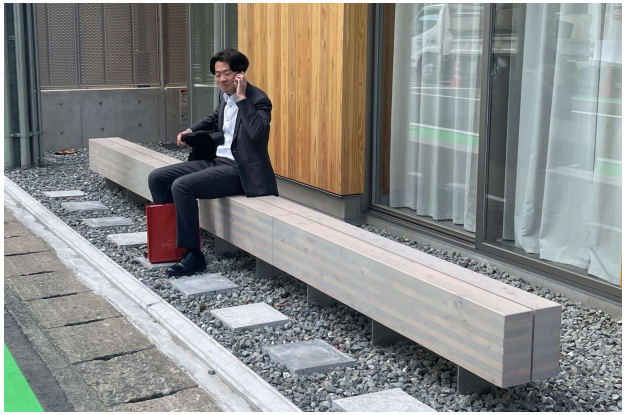
**木造技術の普及啓発**

**社員・地元企業・学生・地域住民とのつながり構築**




前面道路



1階木造木質ギャラリーでは、
木造木質技術の情報発信や
ワークショップを行う

試験施工モックアップの
CLTを再利用した外部ベンチ

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## 森林グランドサイクルを通して、企業・大学・地域とのつながりを生み出す

森から都市までを木材でつなぐ

木造技術の普及啓発

社員・地元企業・
学生・地域住民とのつながり構築

1階木造木質ギャラリー：木造木質技術の情報発信やワークショップを行う

間伐体験の様子：糸島市林業研究クラブと協業し、
福岡県糸島市の森林の間伐体験を継続的に行う

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

## |本プロジェクトにより明らかとなった木造を普及する上での今後の課題

①木造木質化における内装制限への適合

②コスト削減のための材料選択・製造方法の工夫

③木材調達に要する時間

©Copyright 2023,Takenaka Corporation

想いをかたちに 未来へつなぐ

TAKENAKA

©Copyright 2023,Takenaka Corporation