

木質構造の多様化と 本プロジェクトの構造計画

2017.7.20

金箱構造設計事務所

■ 木質構造の多様化

1. 木造建築の変遷

木造建築の衰退と復権

- | | |
|--------|--|
| 明治時代 | 西洋技術の導入
中央官庁、大規模ビル:レンガ造、RC造、鉄骨造
地方官庁、学校:木造 |
| 1934年 | 室戸台風→佐野利器「小学校校舎をRC造に」 |
| 1959年 | 伊勢湾台風→建築学会の木造禁止決議 |
| 1960年～ | 中大規模建築はRC造、鉄骨造へ移行 |
| 1980年～ | 木材と木造建築の復権を目指す運動 |
| 1987年 | 建築基準法の改正
大断面木造建築の普及・大規模木造の実現 |
| 2010年 | 「公共建築物等における木材の利用の促進法」施行 |
| 2015年 | 建築基準法改正
大規模建築の耐火制限緩和 |

2. 木質構造の計画

なぜ木造建築とするのか

- 1) デザイン的要素 柔らかさ・暖かさのイメージ
- 2) 軽量化
- 3) 経済性
- 4) 環境への配慮 森林保護、CO²吸収

構造的に留意すべき点

- 1) 材料特性を考慮した部材の利用 CLTなど新たな材料
- 2) 接合部設計
- 3) 耐火性の配慮
- 4) 多様化への対応: ハイブリッド化

3. 木質構造の耐震要素



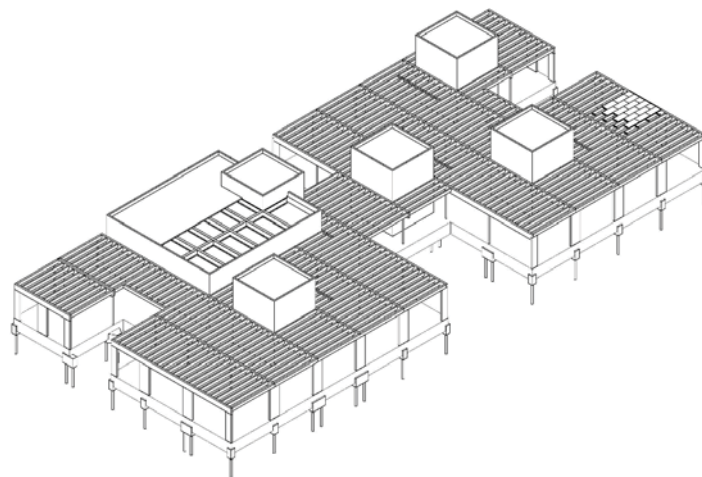
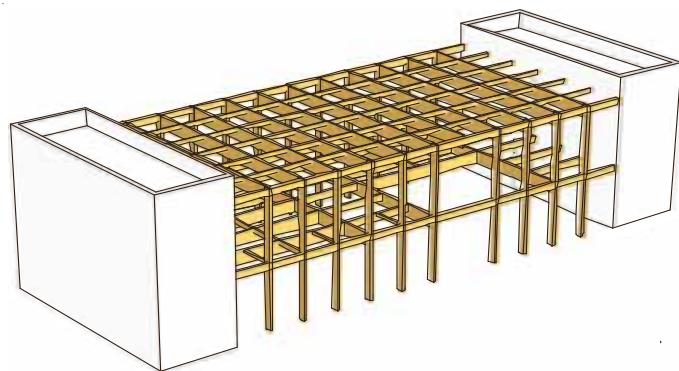
- ・合板耐力壁 ・在来軸組筋かい ・方杖構造
- ・CLTパネル耐力壁 ・集成材ブレース ・ラーメン構造

少ない ← 空間自由度 → 多い

小 ← 部材断面 → 大

・ハイブリッドの発想
(RC造耐震要素+木造)

開放的な木造建築
木造接合部の簡略化



4. 構造設計事例

以後の事例は金箱構造設計事務所の構造設計による

ピヨピヨ保育園(熊倉洋介建築設計事務所)
2011年
平屋建て 359㎡
ベイマツ集成材

耐力壁、筋かいを利用した保育園



湧別保育園(アトリエブック)
2006年
平屋建て 2,042.84㎡
カラマツ集成材

市松状の耐力壁を用いた保育園



市松状の開口部など、多彩な外観を実現する
構造用合板を耐震要素とし、たれ壁や腰壁の付いた柱の曲げ抵抗を期待



縄文プラザ(横内敏人建築設計事務所)
2005年
2階建て 583㎡
ベイマツ製材

製材を用いた開放的な木造空間

縄文プラザ



縄文博物館



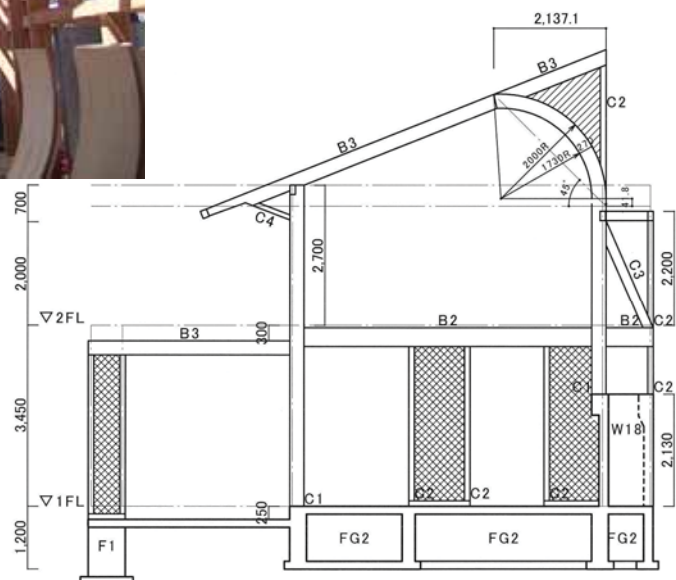
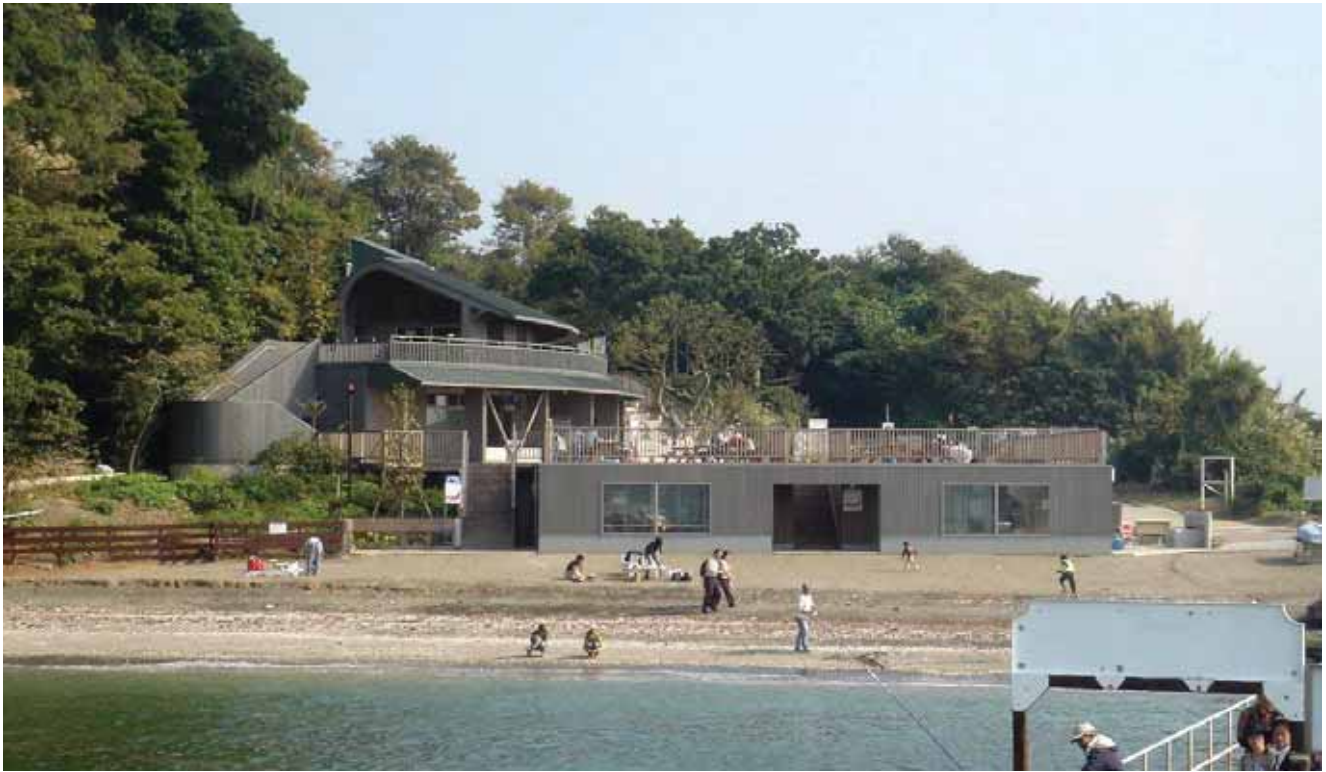
猿島公園休憩所 (仙田満 + 環境デザイン研究所)

2006年

2階建て 405㎡

カラマツ集成材

方杖ラーメン架構による筒状の空間



草津温泉御座の湯(K計画事務所) 2013年
2階建て 728.55㎡
ベイマツ集成材(ブレース構造)

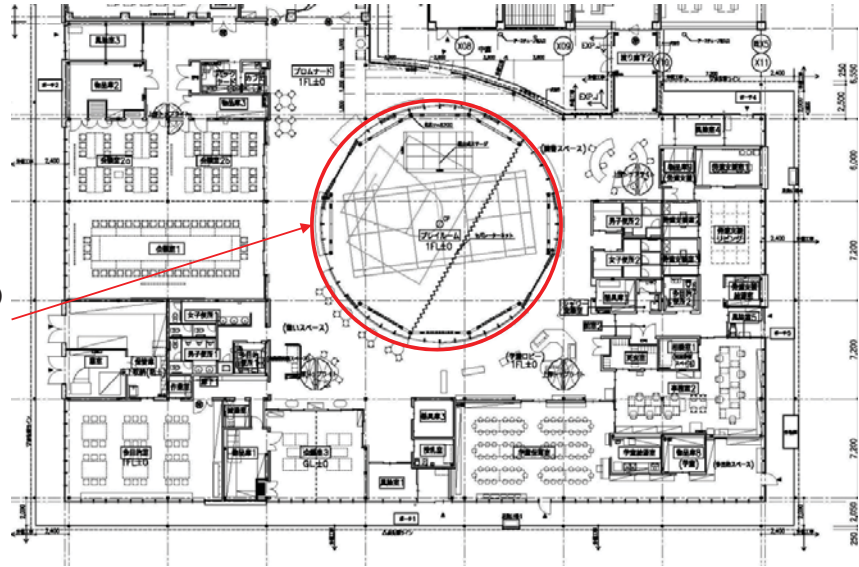
明治時代の浴場を現代木造で再現



上士幌生涯学習センター
(アトリエブック)

2016年
平屋建て 2,200㎡

カラマツ集成材(ブレース構造)

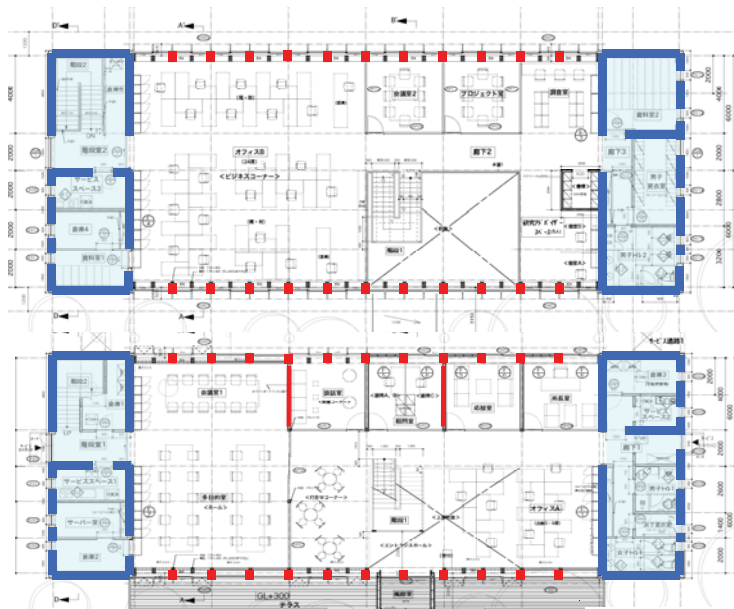


直径16m、高さ8mの
プレイホール



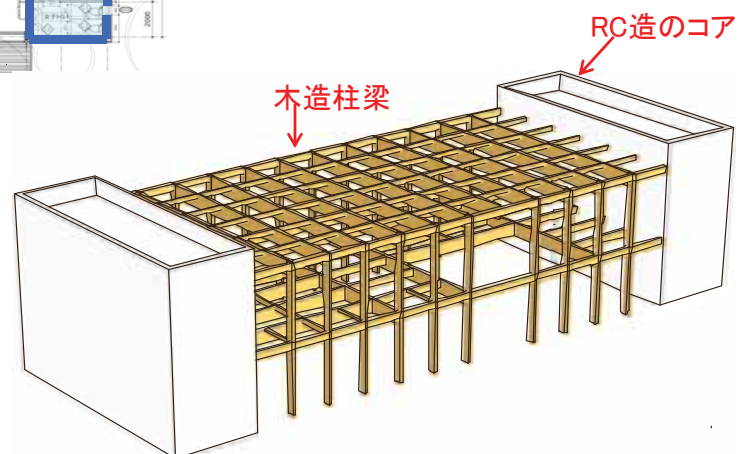
ベターリビングつくば建築試験研究センター本館
(エステック計画研究所) 2010年
地上2階 765㎡ ベイマツ集成材

平面的なハイブリッド構造



2階

1階



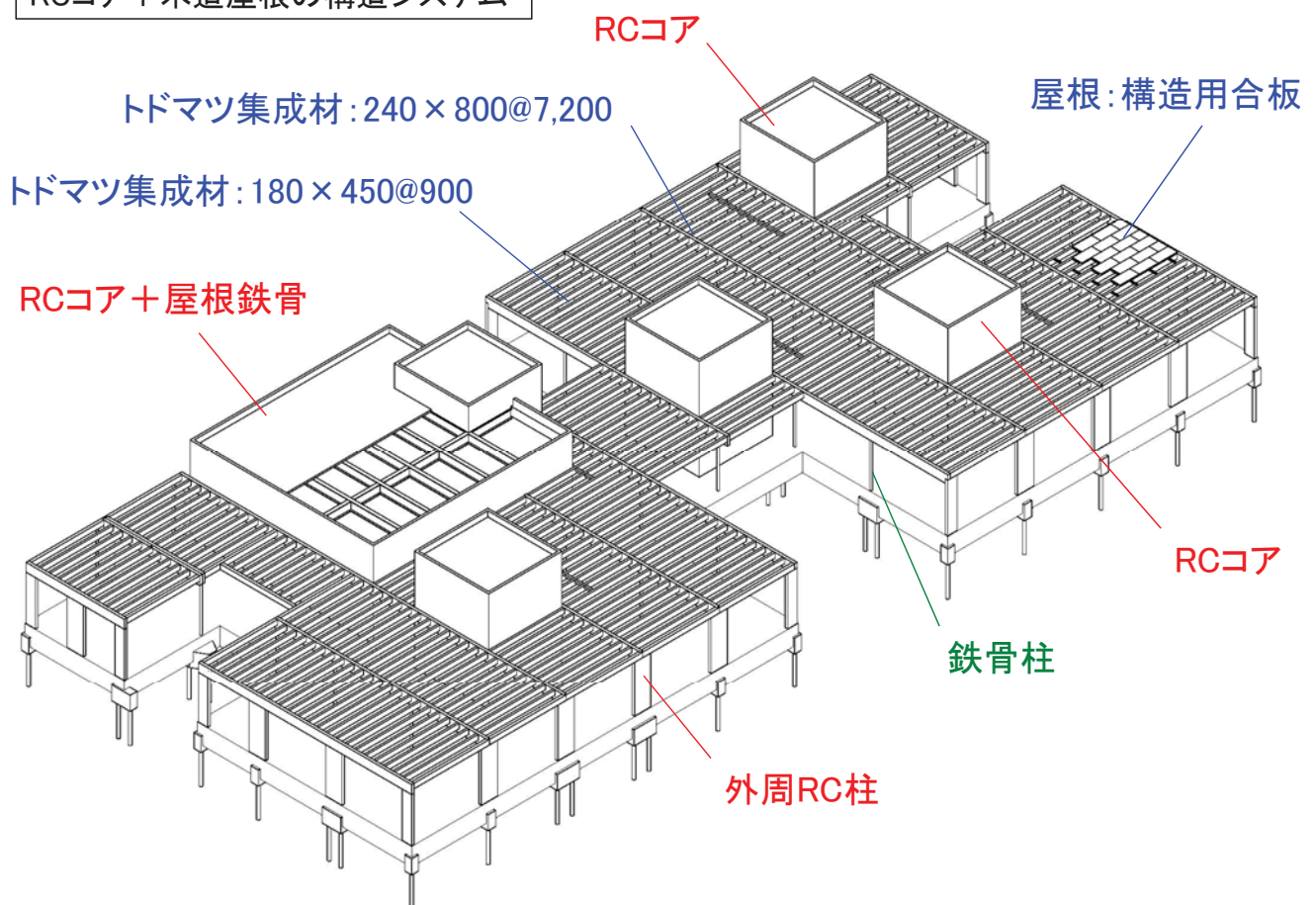
豊富町定住センター
(アトリエブク)

2013年
平屋建て

平面的なハイブリッド構造



RCコア+木造屋根の構造システム



CLTを全面的に活用した事務所ビル計画案

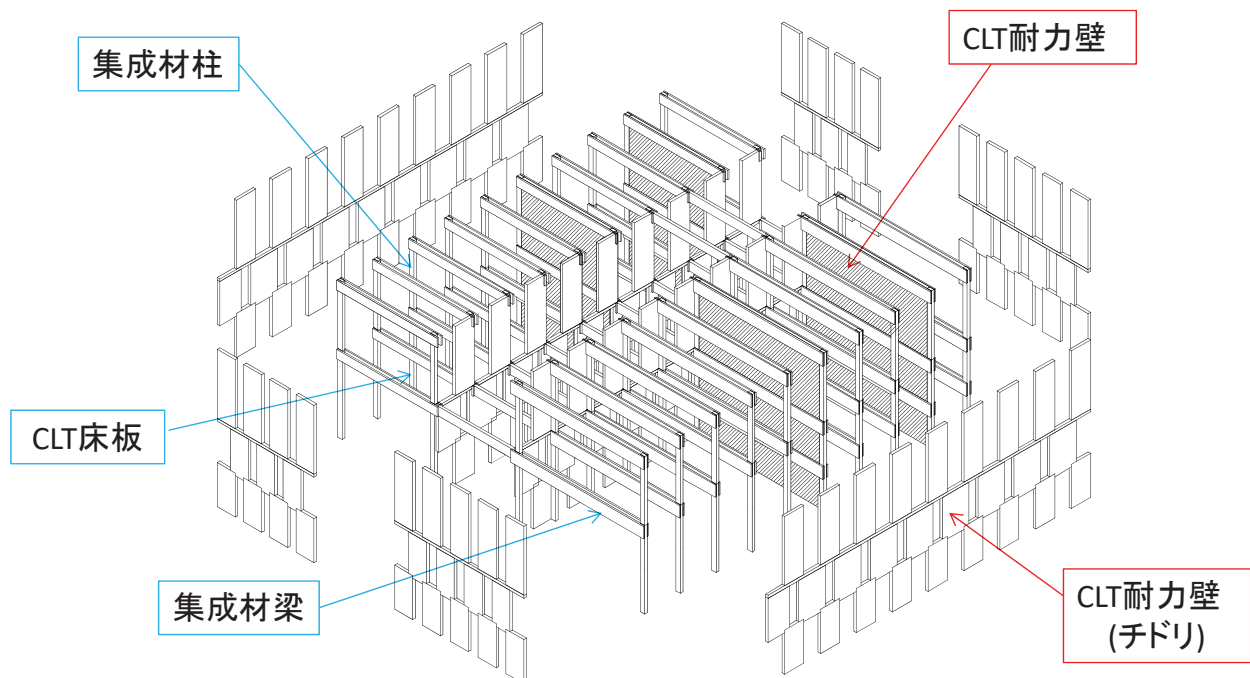
大分県木材会館プロポーザル

2015年実施、延床面積2000㎡の事務所ビル、準耐火建築物
青木茂建築工房と協働



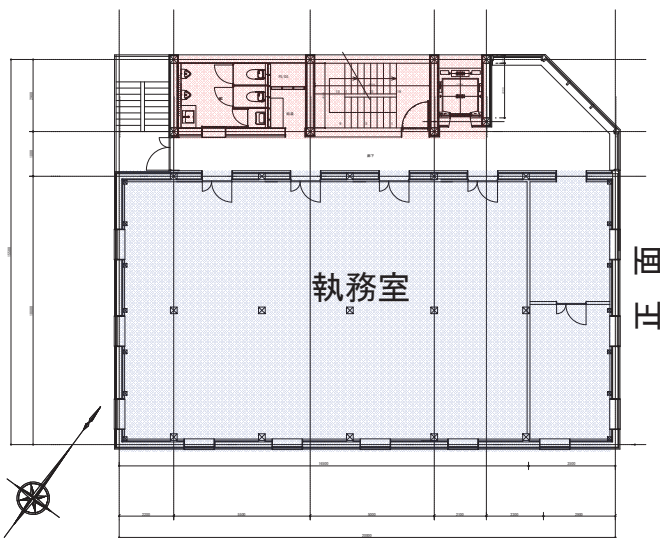
CLTを活用した構造計画

鉛直荷重抵抗要素 と 水平荷重抵抗要素 を分ける

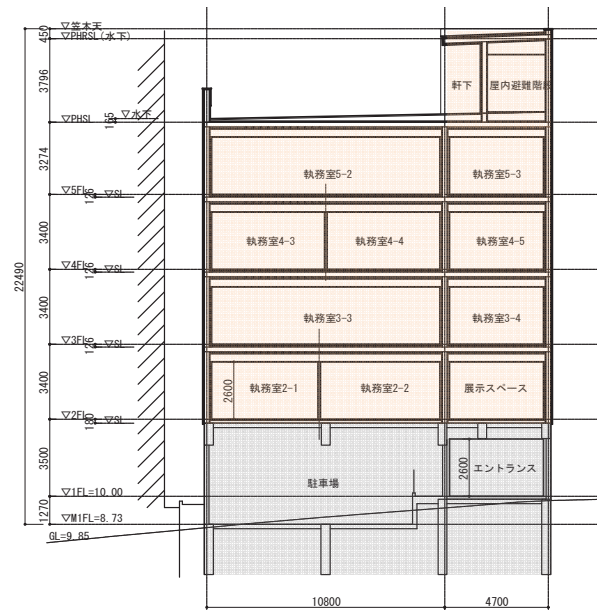


本プロジェクトの構造計画

建築計画概要



基準階 平面図



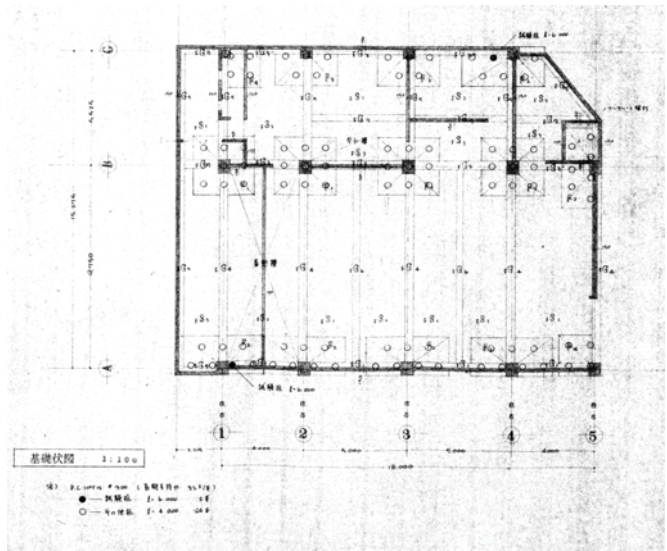
短手 断面図

- ・階数 : 地上5階+塔屋
- ・延床面積 : 約1,500m²
- ・構造形式 : 1階 RC造 2~5階 木造
- ・基礎形式 : 杭基礎 (既存杭あり)

1時間耐火建築(耐火木造)

地盤概要・既存杭

標高 (m)	層厚 (m)	土質記号	土質記号 名称	色調	地質 説明	層 号	試験 番号	標準貫入試験 深度(m)	試験 結果
-0.70	0.20	...	...	...	...	1	...	...	...
-1.60	0.90	...	...	...	...	2	...	...	...
-2.70	3	...	...	...
-3.90	4	...	...	...
-5.00	5	...	...	...
-6.20	6	...	...	...
-7.30	7	...	...	...
-8.40	8	...	...	...
-9.50	9	...	...	...
-10.60	10	...	...	...
-11.70	11	...	...	...
-12.80	12	...	...	...
-13.90	13	...	...	...
-15.00	14	...	...	...
-16.10	15	...	...	...
-17.20	16	...	...	...
-18.30	17	...	...	...
-19.40	18	...	...	...
-20.50	19	...	...	...
-21.60	20	...	...	...

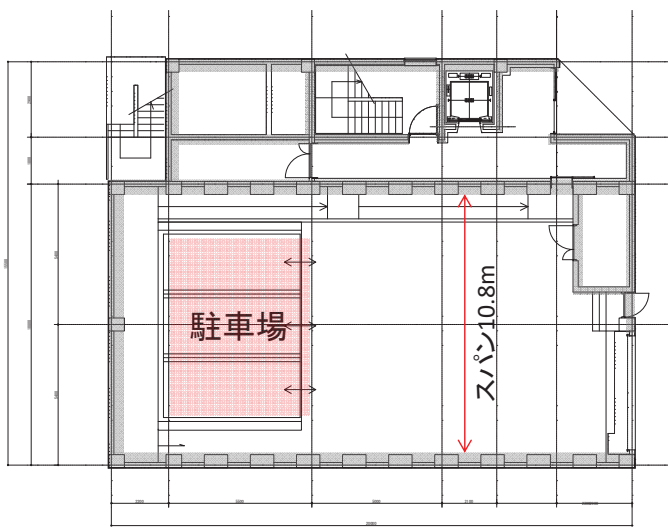


既存杭伏図

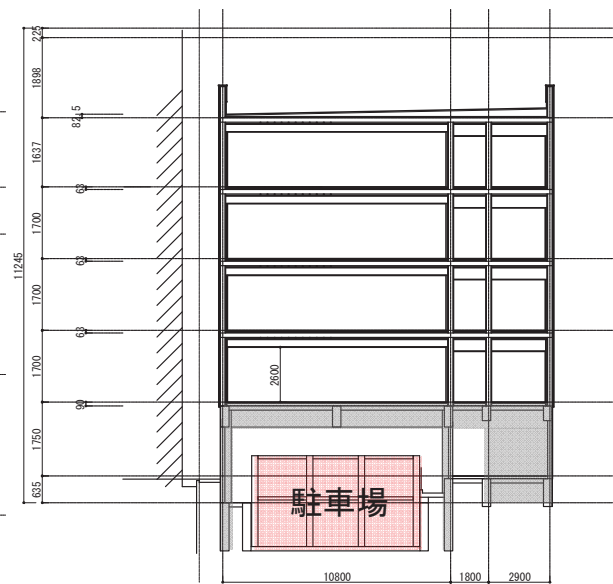
GL-7m付近の礫混粗砂
支持層上部は、砂および腐植土が分布

P.Cパイプ φ300 L=6,000 96本
現状構造計画の杭想定位置と重なる

下部 RC造部分の構造計画



1階 平面図



短手 軸組図

RC耐力壁をバランスよく配置する
敷地が傾斜しているため、外壁RC造が一部土圧を受ける
1階は駐車場のため、スパン10.8mの空間をRC梁で確保

上部 木造部分の構造計画

本プロジェクトで求められるCLT構造

- ・執務室の外壁はCLTを用いる
- ・外壁はできるだけ開口を多く確保する
- ・執務室はできるだけフレキシビリティな空間とする
- ・1時間耐火構造でも木材・CLTを現しで使って魅力を伝える
- ・CLT普及を目的とした汎用性のある構造計画とする
- ・汎用性がある一方で、CLTをアピールできるものとする

現段階で6案の構造計画によって、CLTパネルの可能性を検証中

構造形式6案の概要

タイプ	方向	鉛直力負担	水平力負担	CLT 現し	法規上の区分	
CLT 全体 利用	①	長手方向	CLT パネル	CLT パネル	×	CLT パネル工法 仕様 Ds
		短手方向				
	②	長手方向	CLT パネル	CLT パネル	×	CLT パネル工法 仕様 Ds
		短手方向		CLT パネル (特殊ディテール)		CLT パネル工法 計算 Ds
CLT 部分 利用	③	長手方向	CLT パネル	CLT パネル	×	CLT パネル工法 仕様 Ds
		短手方向	集成材軸組	集成材ブレース +CLT 耐力壁	○	集成材等建築物
	④	長手方向	集成材軸組	CLT 耐力壁	○	集成材等建築物
		短手方向		集成材ブレース +CLT 耐力壁		
	⑤	長手方向	集成材軸組 +RC フレーム	RC 耐震壁 +CLT 耐力壁	○	RC 耐震壁付 ラーメン構造
		短手方向				
⑥	長手方向	集成材軸組 +RC フレーム	RC 耐震壁 +CLT 耐力壁	○	RC 耐震壁付 ラーメン構造 + CLT 耐力壁	
	短手方向					

※仕様Dsは壁長さ等の規定から決まりDs=0.55、計算Dsは仕様規定除外のため、Ds=0.75または、増分解析によってDs値を算定する
 ※CLT耐力壁とは鉛直力を負担しないCLT壁である

① CLTパネル工法(両方向)

構成部材

鉛直力負担:CLTパネル、集成材柱・梁(1時間耐火)

水平力負担:CLTパネル

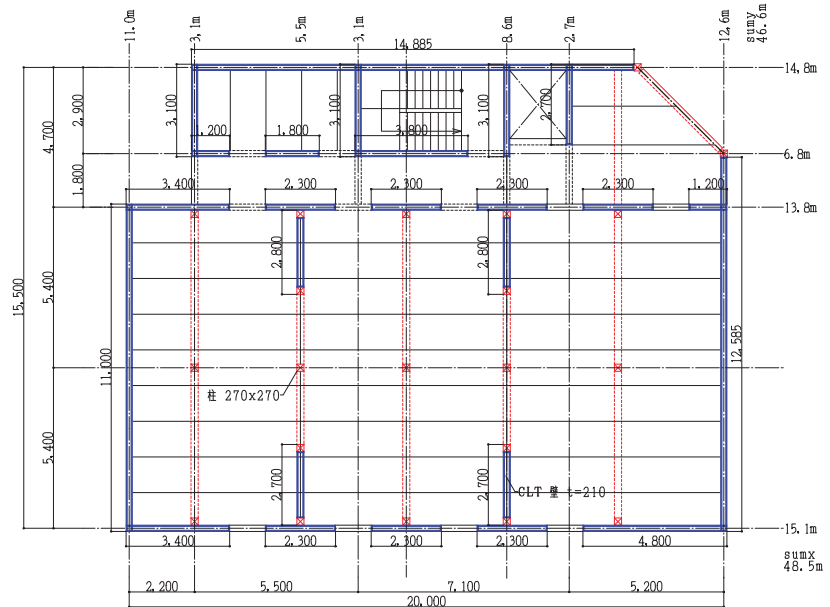
水平構面 :CLTパネル

設計方法

CLTパネル工法 ルート3
(仕様Ds=0.55)

特徴

- ・CLTの使用量が多い
- ・壁量が多く必要
- ・短手方向の開口確保困難
- ・CLTパネルの現しは不可



② CLTパネル工法

長手方向:CLTパネル工法

短手方向:CLTパネル工法(壁脚埋め込み)

構成部材

鉛直力負担:CLTパネル、集成材柱・梁(1時間耐火)

水平力負担:CLTパネル

水平構面 :CLTパネル

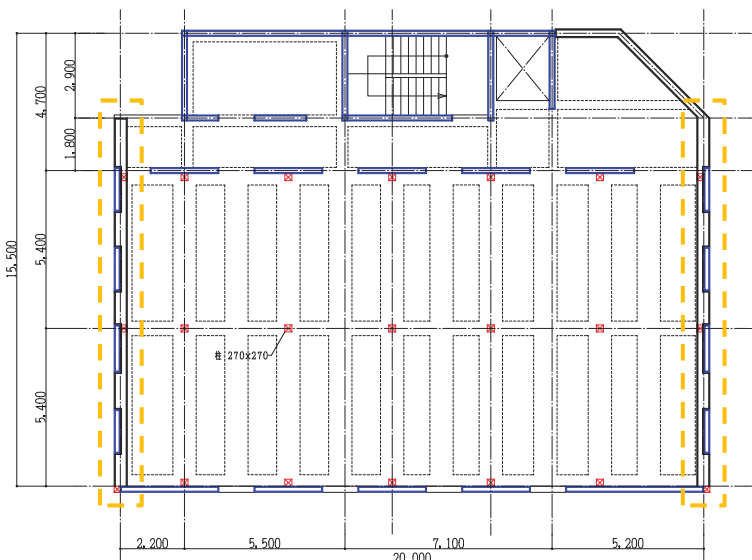
設計方法

・長手方向
CLTパネル工法
仕様Ds=0.55

・短手方向
CLTパネル工法 ルート3
(計算Dsの採用)

特徴

- ・2階壁脚をRC腰壁内に埋め込み
CLTパネルの水平耐力を向上
- ・執務室内には壁は不要
- ・短手方向の開口を確保
- ・CLTパネルの現しは不可



② CLTパネル工法

長手方向:CLTパネル工法

短手方向:CLTパネル工法(壁脚埋め込み)

- ・壁脚埋め込み工法の参考文献
木造柱脚の掘立柱の計算に準拠
文献:木質構造接合部設計マニュアル

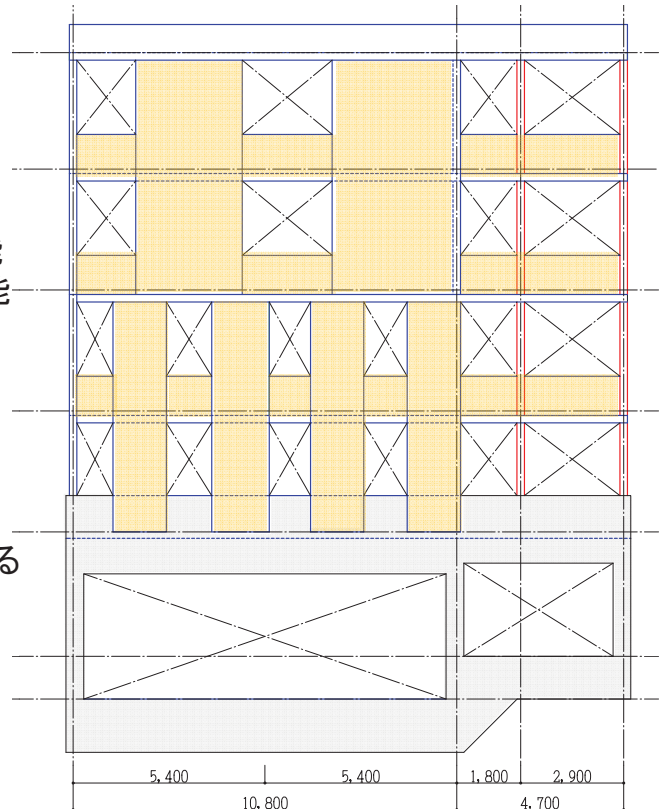
CLT小口面のめり込みの評価

文献:スギを用いて製造したCLTの強度性能
その6 縦圧縮およびめり込みに対する性能

- ・全面横圧縮の剛性は、製材の約10倍
- ・めり込み耐力は、製材の約3倍
- ・めり込み降伏による靱性

3階以上は、以下のことで剛性耐力を確保する

- ・CLT壁を2層ごとの連層(2階を含む)
- ・チドリ配置
- ・腰壁配置



③ CLTパネル部分利用

長手方向:CLTパネル工法

短手方向:CLT耐力壁+集成材ブレース

構成部材

鉛直力負担:CLTパネル、集成材柱・梁(1時間耐火)

水平力負担:CLTパネル、CLT耐力壁(チドリ配置)+集成材ブレース

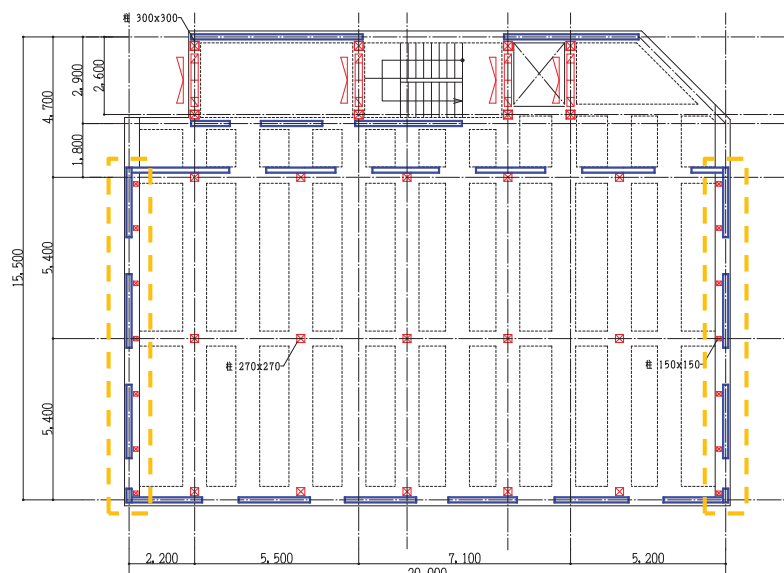
水平構面 :CLTパネル

設計方法

- ・長手方向
CLTパネル工法
仕様 $D_s=0.55$
- ・短手方向
集成材等建築物
ルート3 (CLT耐力壁はSDランク)

特徴

- ・執務室内壁不要
- ・短手方向開口確保
- ・短手方向CLT耐力壁は現し可
- ・1方向はパネル工法採用

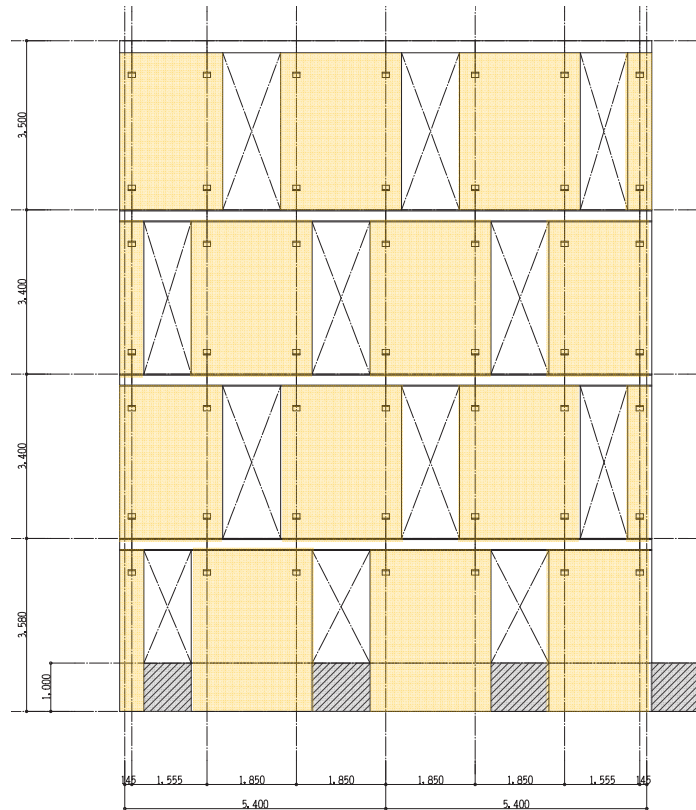


③ CLTパネル部分利用

長手方向:CLTパネル工法
短手方向:CLT耐力壁+集成材ブレース

CLTパネルを上下階でチドリ配置とする

- ・引張力と圧縮力が相殺
- ・曲げ戻しを期待でき剛性・耐力が向上
- ・柱脚は②の工法を採用



④ CLTパネル部分利用

長手方向:CLT耐力壁
短手方向:CLT耐力壁+集成材ブレース

構成部材

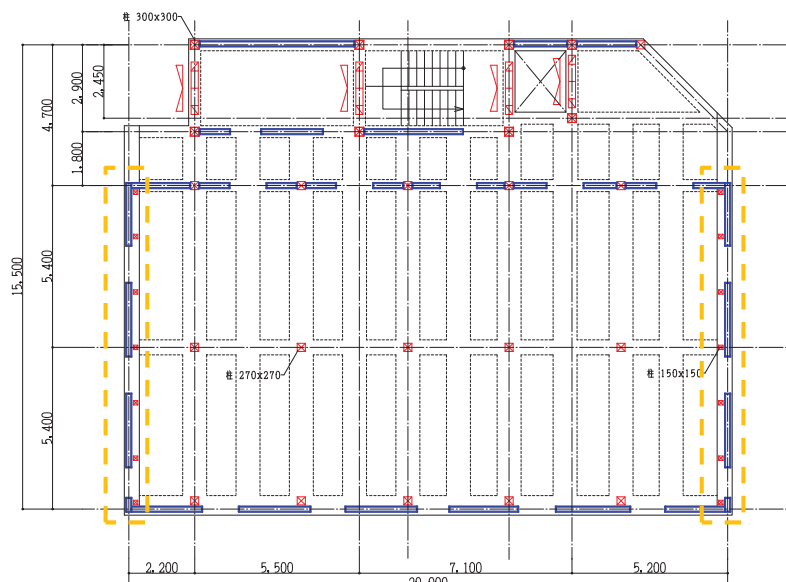
- 鉛直力負担:集成材柱・梁(1時間耐火)
- 水平力負担:CLT耐力壁(チドリ配置)+集成材ブレース
- 水平構面 :CLTパネル

設計方法

- ・両方向 集成材等建築物
ルート3 (CLT耐力壁はSDランク)

特徴

- ・執務室内壁不要
- ・短手方向開口確保
- ・すべてのCLT耐力壁は現し可



⑤ CLTパネル部分利用 主体構造 RC造

構成部材

鉛直力負担: RC柱・梁、集成材柱・梁(1時間耐火)

水平力負担: RC耐震壁(全体地震力を負担)

付加的耐震要素、CLT耐力壁(剛性に応じた地震力)

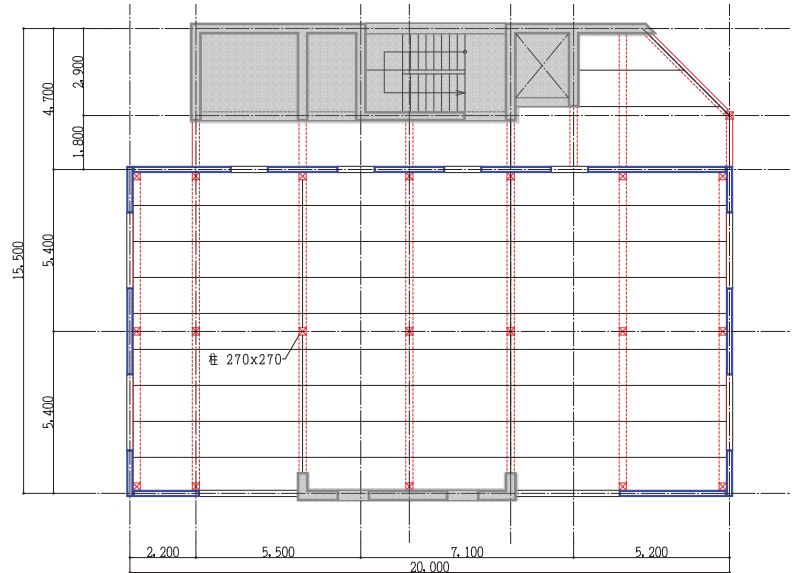
水平構面 : RCスラブ、CLTパネル

設計方法

- ・RC造ルート2(偏心率0.15以下)
- ・CLT耐力壁
1次設計時の応力の3倍に対して、
終局強度以下

特徴

- ・執務室内壁不要
- ・短手方向開口確保
- ・5階まで部分的にRC造
- ・執務室側外壁面で一部RC造
- ・CLT耐力壁は現し可



⑥ CLTパネル部分利用 RC造コア併用タイプ

構成部材

鉛直力負担: RC柱・梁、集成材柱・梁(1時間耐火)

水平力負担: RC耐震壁 と CLT耐力壁

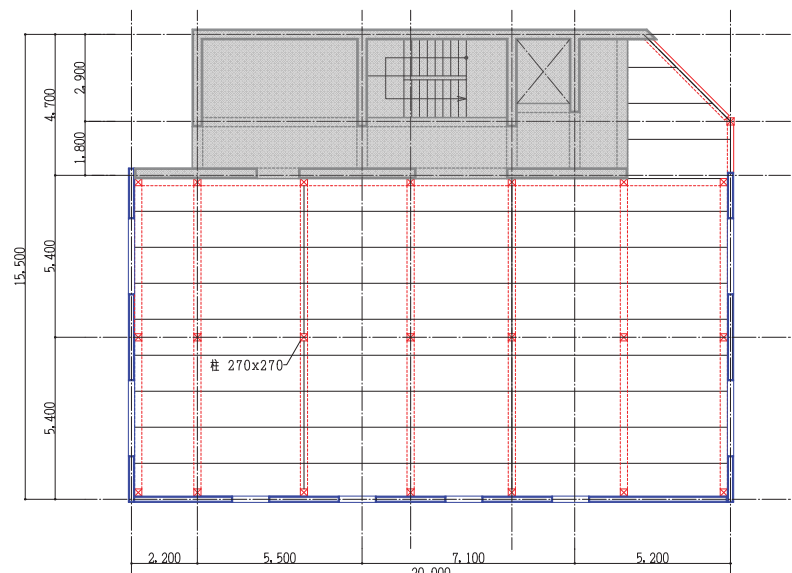
水平構面 : RCスラブ、CLTパネル

設計方法

- ・ルート3(偏心率による割り増し)
- ・CLTとRCの一体モデルによる
増分解析を実施
- ・主体構造をRC造
付随構造をCLTとし、 $D_s=0.55$

特徴

- ・執務室内壁不要
- ・短手方向開口確保
- ・5階まで部分的にRC造
- ・執務室側外壁面で一部RC造
- ・CLT耐力壁は現し可



構造形式6案の概要

タイプ	方向	鉛直力負担	水平力負担	CLT 現し	法規上の区分	
CLT 全体 利用	①	長手方向	CLT パネル	CLT パネル	×	CLT パネル工法 仕様 Ds
		短手方向				
	②	長手方向	CLT パネル	CLT パネル	×	CLT パネル工法 仕様 Ds
		短手方向		CLT パネル (特殊ディテール)		CLT パネル工法 計算 Ds
CLT 部分 利用	③	長手方向	CLT パネル	CLT パネル	×	CLT パネル工法 仕様 Ds
		短手方向	集成材軸組	集成材ブレース +CLT 耐力壁	○	集成材等建築物
	④	長手方向	集成材軸組	CLT 耐力壁	○	集成材等建築物
		短手方向		集成材ブレース +CLT 耐力壁		
	⑤	長手方向	集成材軸組 +RC フレーム	RC 耐震壁 +CLT 耐力壁	○	RC 耐震壁付 ラーメン構造
		短手方向				
⑥	長手方向	集成材軸組 +RC フレーム	RC 耐震壁 +CLT 耐力壁	○	RC 耐震壁付 ラーメン構造 + CLT 耐力壁	
	短手方向					

※仕様Dsは壁長さ等の規定から決まりDs=0.55、計算Dsは仕様規定除外のため、Ds=0.75または、増分解析によってDs値を算定する
 ※CLT耐力壁とは鉛直力を負担しないCLT壁である

まとめ

◆CLTパネル工法に限定しない構造計画にする

- CLTパネルを現しで見せることが可能
- 間仕切りのない自由な平面計画、採光確保等が可能

◆CLTパネルの特性を生かした耐力壁の可能性

- めり込み特性を利用した壁脚
- 腰壁・垂壁による曲げ戻しの他にチドリ配置などの立面的な壁配置

◆RC構造との併用構造の可能性

- RCコアとCLTスラブ、耐力壁の組み合わせは相互にメリットがある
- RC側 : 全体重量が軽減されるため、地震力の負担が軽減される
- CLT側 : CLTの負担だけでは建築計画が制約される場合に自由度が増す