

令和3年度 建築基準整備促進事業（調査事項M10）成果報告

## CLT等を利用した住宅における評価方法基準化に関する検討

令和4年5月

実施事業者 株式会社アルセッド建築研究所

〔国立研究開発法人 建築研究所との共同研究〕

## 事業の背景・目的

- 現行の住宅性能表示制度の一部の評価項目において、評価方法基準が整備されていないことからCLT等※<sup>1</sup>を利用した住宅を評価できない。
- 特に、劣化対策等級はその住宅の耐用年数の判断基準として金融機関で活用される場合があるが、CLT等を利用した住宅は現行基準では評価できず、CLT等を利用した住宅の普及の隘路になっているとの指摘がある。



- 本事業は、CLT等を利用した住宅の普及を図るため、
  - CLT等を利用した工法の特徴を踏まえ、
  - 必要な性能検証実験等を行い、CLT等を利用した住宅における評価方法基準の整備に資する技術的資料をまとめることを目的とする。

※ 1 直交集成板（CLTパネル）、集成材厚板パネル、LVLパネル、NTL（Nail Laminated Timber）、DLT（Dowel Laminated Timber）、等の大断面木質材料

## 事業の全体計画

「CLT等」については、評価方法基準にCLTを位置付けることができれば他のパネル工法にも展開できることを念頭に、本事業ではCLTを対象にして以下の検討を行う。

### （イ）CLT等を利用した劣化対策工法の検討と性能確認

CLT等を利用した住宅の劣化対策工法の事例を収集・整理し、評価方法基準における各評価項目（外壁の軸組等、土台、構造部材等）における位置づけを次の①～③に区分する。

- ① 雨水等外部から作用する水分の滞留抑制性能の検証を要するもの
- ② 内部からの結露水等の滞留抑制性能の検証を要するもの
- ③ 設備排水の滞留抑制性能の検証を要するもの

以上に対して、有識者との意見交換等を踏まえ評価方法基準の改訂方針を検討すべき事項について課題及び実験計画を整理し、必要な水分滞留抑制性能評価実験等を行い、技術的資料をまとめる。

- （ロ）薬剤処理材の性能検証
  - （ハ）非薬剤処理材の性能検証
  - （ニ）基礎直置き仕様の検討
- 〕……次ページに示す

## 事業の全体計画

---

### （ロ）薬剤処理材の性能検証

CLT等大断面木質材料に対して、薬剤処理限界寸法等を調査し、薬剤処理した部材の接着強度等の検証を行う。

### （ハ）非薬剤処理材の性能検証

心材による非薬剤処理材の製造可能性を検証し、心材によるCLTの製造実験や歩留まり検証及び製造したCLTの強度性能の検証等を行う。

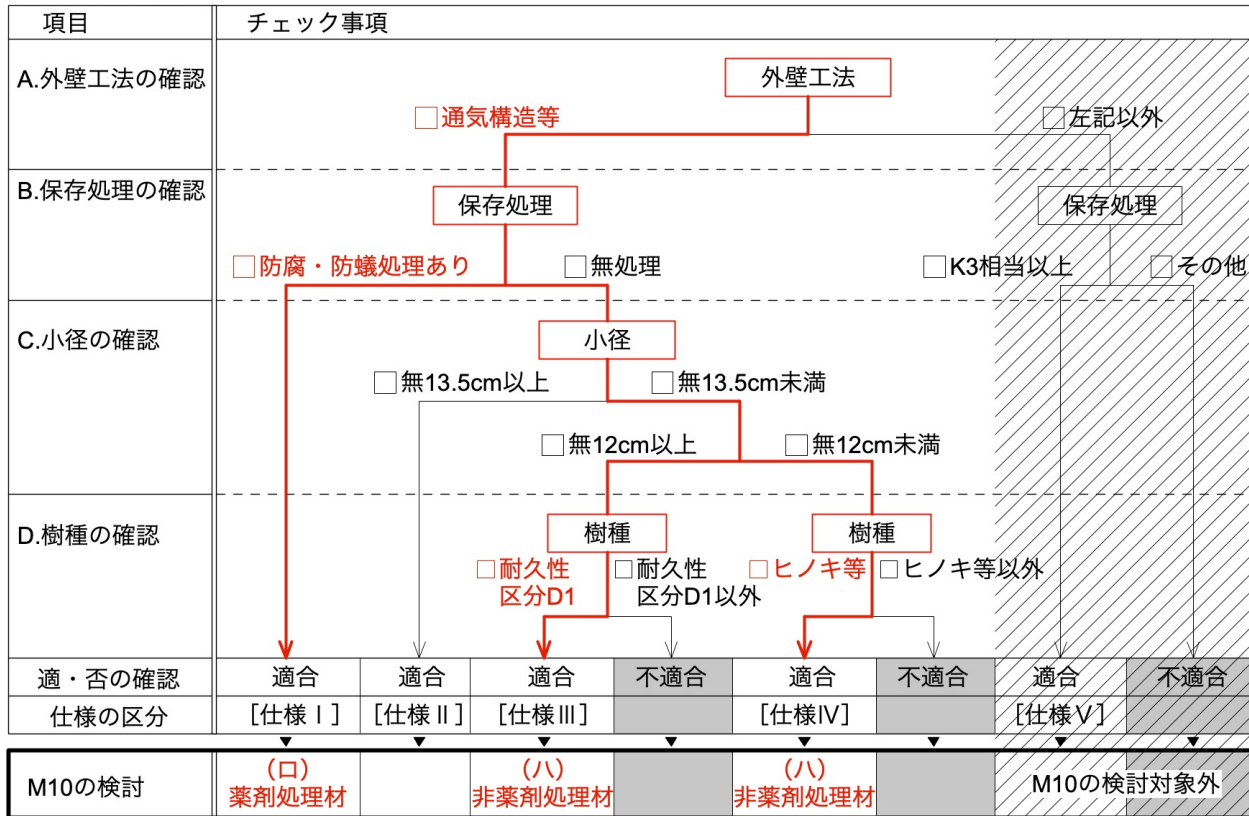
### （二）基礎直置き仕様の検討

CLT等の部材を鉄筋コンクリートによる基礎上に直接設置する場合について、水分吸着防止工法の検討及び提案、並びに水分吸着防止性能検証実験の計画を検討する。同検証実験を行って水分吸着挙動等を分析し、評価方法基準に位置づけられる基礎直置き仕様（案）に資する技術的資料をまとめる。

# 調査・検討のフロー

劣化等級 3 の評価方法基準と本事業の検討との対応

## 《外壁の軸組等の評価》



(□)

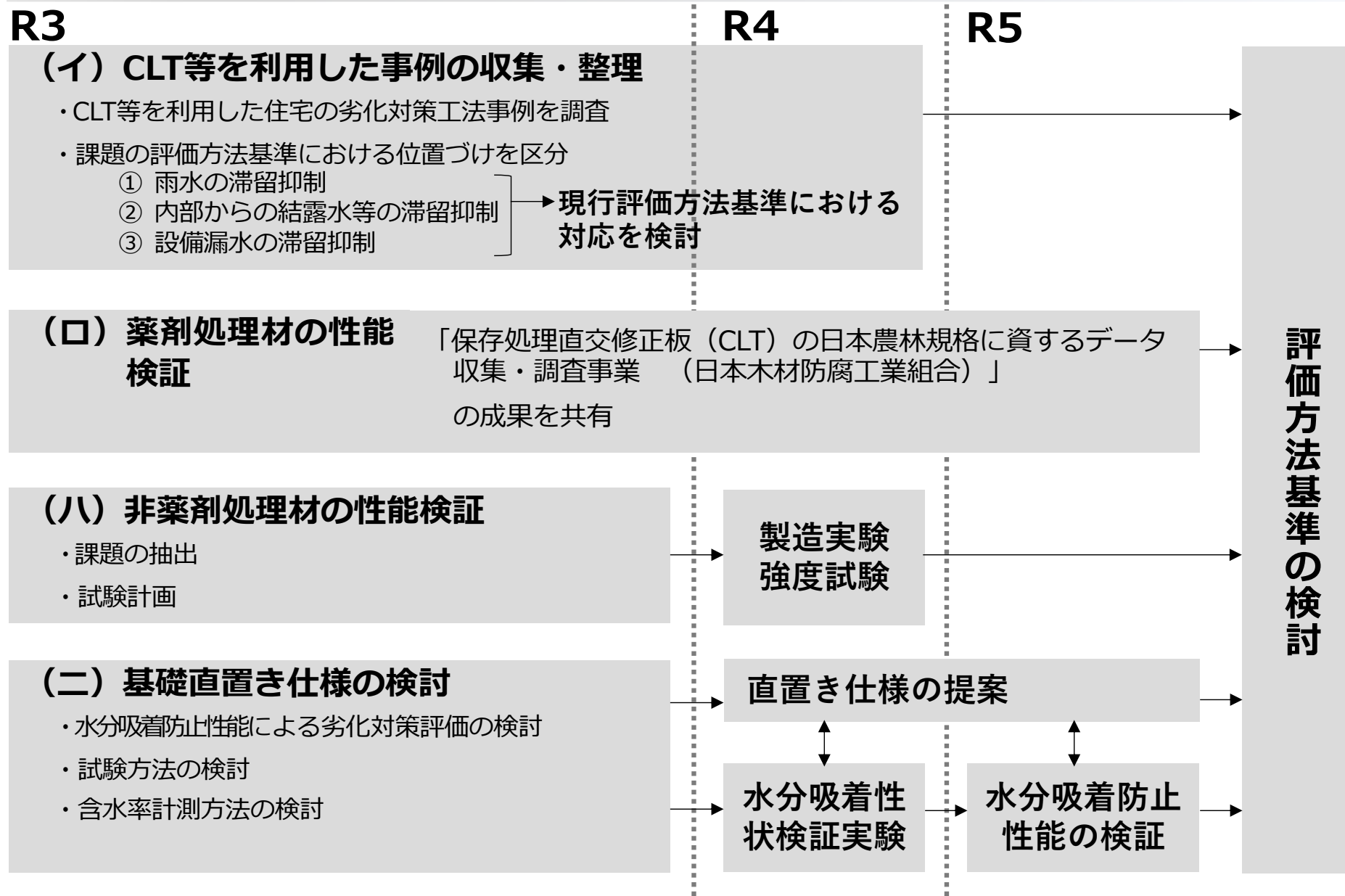
(ハ)

## 《土台の評価》

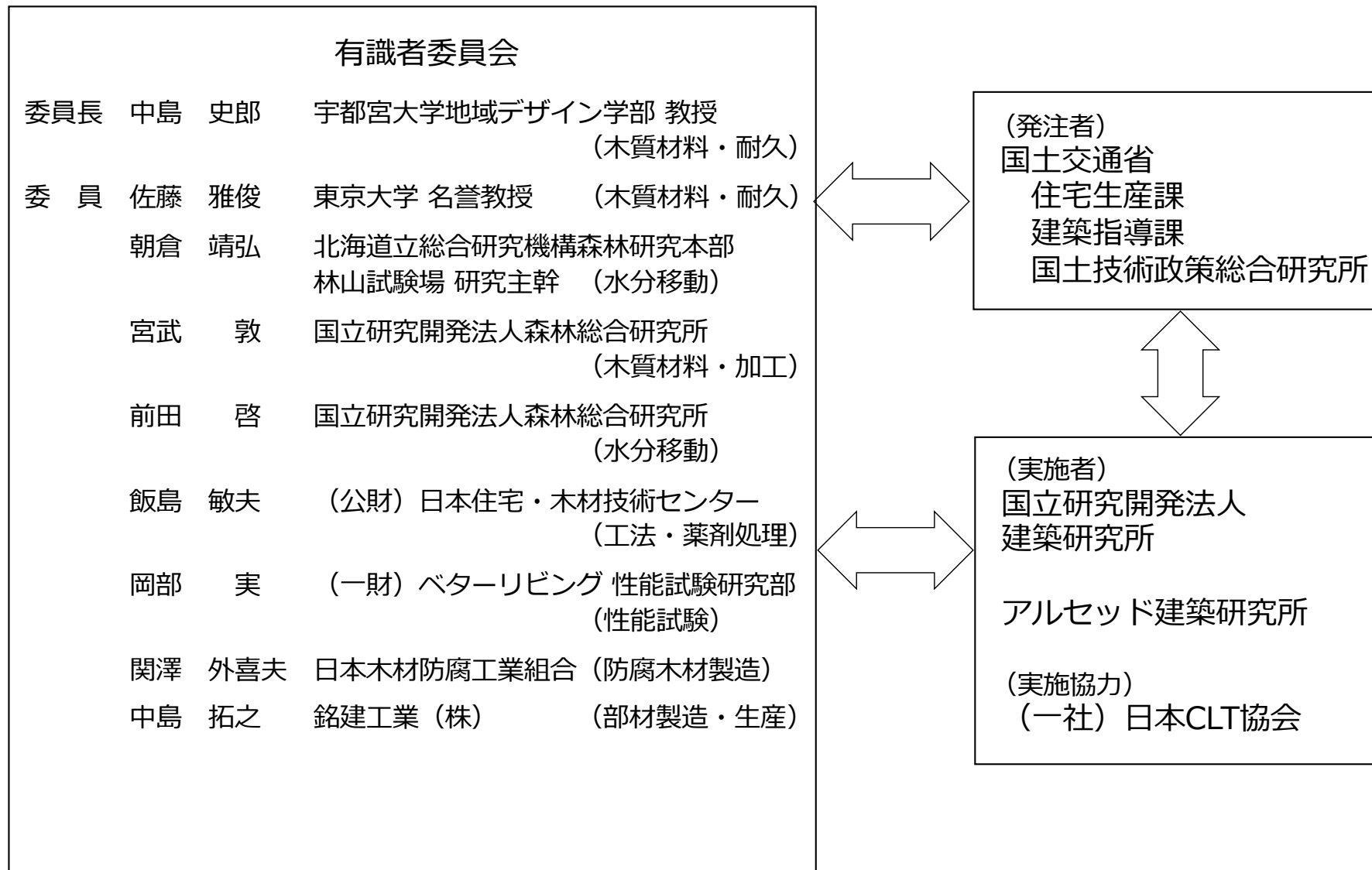
項目	チェック事項
<input type="checkbox"/> 保存処理	土台に接する外壁の下端に水切りを設けかつ以下のいずれかに適合。 <input type="checkbox"/> ヒノキ等に区分される製材 <input type="checkbox"/> K3相当以上の処理 (北海道北部はK2相当以上) <input type="checkbox"/> ヒノキ等により構成される集成材) <input type="checkbox"/> その他劣化の軽減に有効な措置
<input type="checkbox"/> 樹種	心材の耐久性区分D1の樹種のうち、ヒノキ、ヒバ、ベイヒ、ベイスギ、ケヤキ、クリ、ベイヒバ、台湾ヒノキ、ウェスタンレッドシーダー、等。
<input type="checkbox"/> 上記と同等以上	M10の検討
	土台なし..... (ニ) 基礎直置き仕様

(ニ)

# 調査・検討のフロー



# 検討体制



## （イ）CLT等を利用した劣化対策工法の検討と性能確認

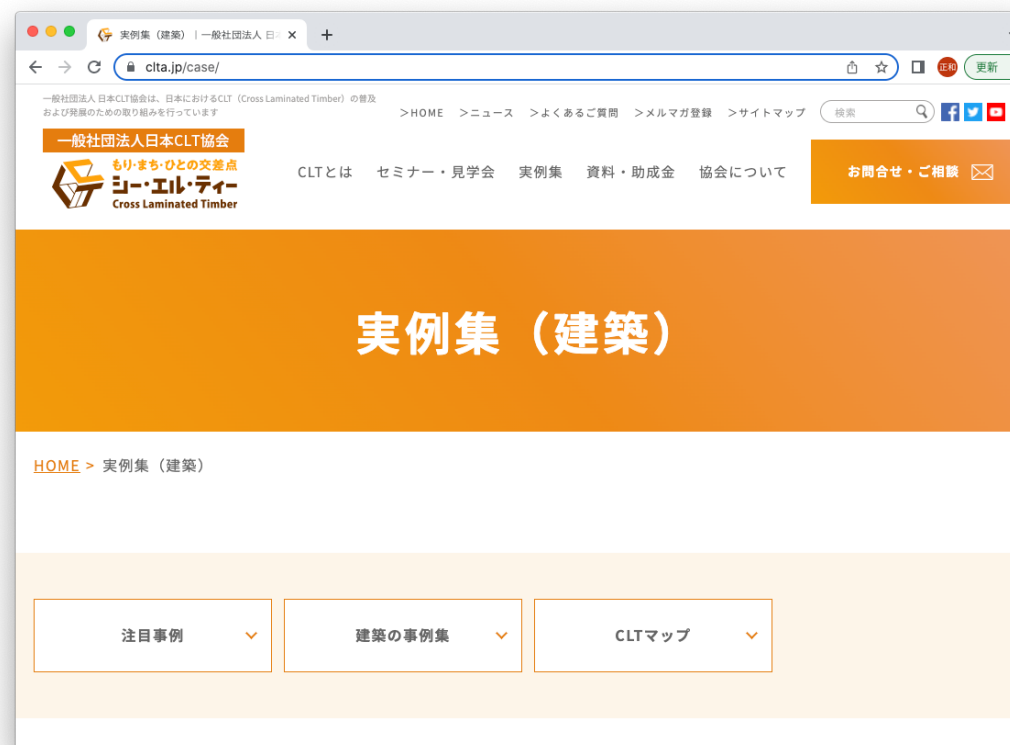
## イ-1

### 事例収集

日本CLT協会のホームページに「事例集」として掲載されているCLTを利用した建築180事例のうち、CLTパネル工法が採用された51事例の中から、

- 本事業で検討対象とする住宅用途の事例
- 階数や面積が大きな事例

を中心に16事例について設計者・施工者を対象に調査を行い、11事例について情報を得た。





## （イ）……調査事例のリスト

## イ-2

## 11事例の建物概要

（日本CLT協会HP実例集より）

	事例 No.	名称	竣工	階数	面積	用途	防耐火	所在地
1	001	おおとよ製材（株）社員寮	2014	3	267	共同住宅	準耐火	高知県
2	005	真庭木材事業協同組合CLT勝山共同住宅	2015	3	220	共同住宅	準耐火	岡山県
3	009	協同組合オホーツクウッドピア CLTセミナーハウス	2015	2	143	セミナー ハウス	その他	北海道
4	010	湯川村CLT共同住宅	2012	2	387	共同住宅	その他	福島県
5	055	THSセミナーハウス	2017	3	561	共同住宅 +事務所	準耐火	岡山県
6	075	いわきCLT復興公営住宅	2018	3	4680	共同住宅	準耐火	福島県
7	079	はるのガーデン	2018	6	2615	共同住宅	耐火	高知県
8	086	コスモウェブ栗生本社	2018	3	806	事務所	準耐火	宮城県
9	091	しりうち地域産業担い手センター	2018	3	366	研修施設	準耐火	北海道
10	120	日本ゼオン株式会社水島工場苑美寮A棟	2019	3	1214	共同住宅	準耐火	岡山県
11	140	高知学園	2020	3	1623	学校	準耐火	高知県

(イ) ……事例調査

イ-3

事例の収集・整理

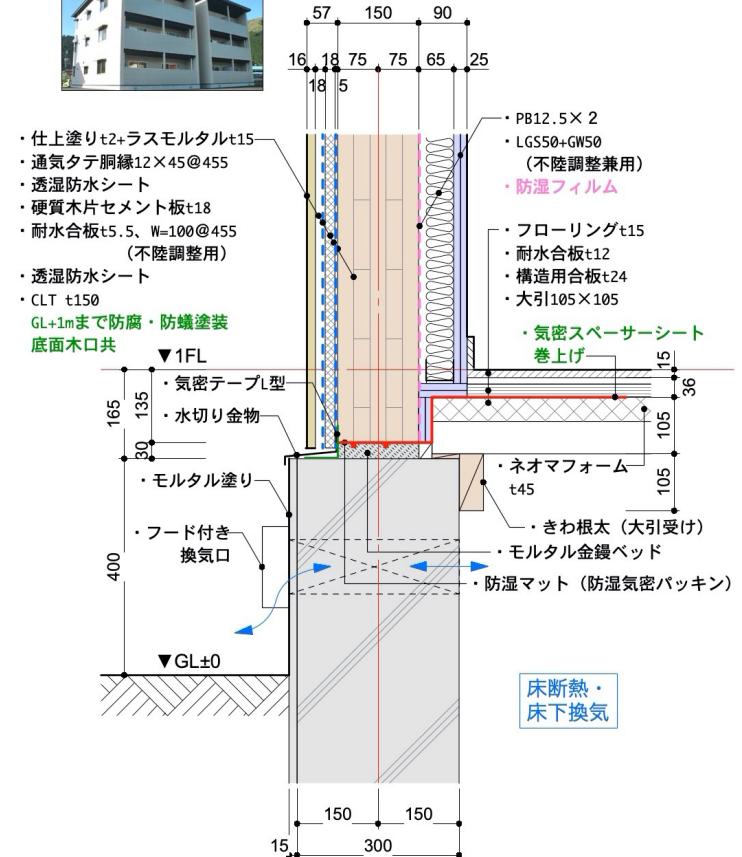
基礎天端における水分滞留抑制性能について、①～③に想定する水分の滞留抑制に関して検証を要する事項を検討する。

- ①雨水等……滞留抑制措置の有無
  - ・ 外壁通気構造か
- ②結露水……結露抑制措置の有無
  - ・ 室内側に**防湿層**があるか
  - ・ 外壁側の**断熱性能**があるか
- ③設備漏水…滞留抑制措置の有無
  - ・ 基礎天端に滞留する恐れがあるか

在来軸組構法や枠組み壁工法（以下、軸組等と記載）と比べてCLT工法に特有の課題があれば特記する。

2.真庭木材協同組合CLT勝山共同住宅

調査例



滞留抑制区分	劣化対策	検討
① 雨水等	外壁通気構造：あり	—
② 結露水	防湿フィルム：あり/CLT断熱性能確認	要
③ 設備漏水	基礎天端に滞留の恐れ：なし	—
※ CLT工法特有の課題：なし		—

## （イ） ……事例調査結果一覧

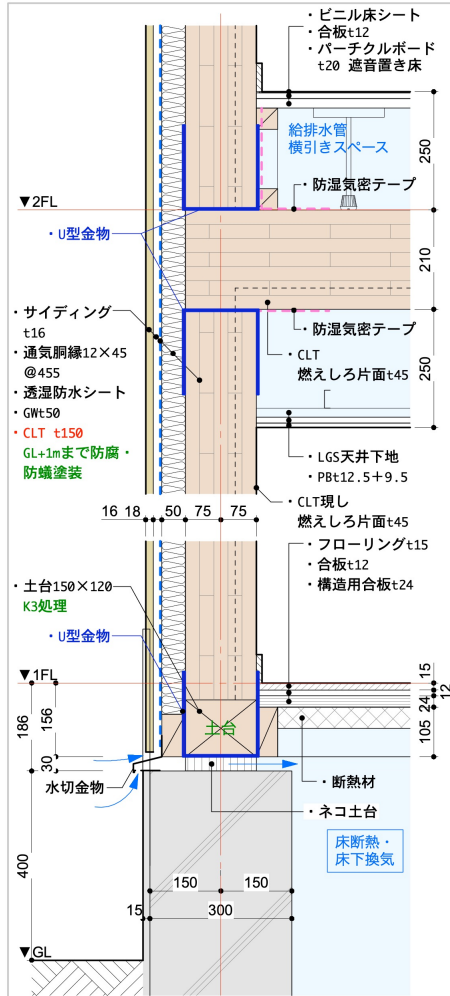
## イ-4

	名称	外壁通気構造	室内側防湿層	断熱槽 外側	断熱層 内側	床下換気	基礎天端 立上げ	
1	おおとよ製材社員寮	○	△ 防湿槽の 内側に断熱層	—	○	—	○	
2	真庭木材事業協同組合CLT 勝山共同住宅	○	△ 防湿槽の 内側に断熱層	—	○	○	○	
3	オホーツクウッドピア CLTセミナーハウス	—	—	○	—	—	○	
4	湯川村CLT共同住宅-1	○	—	○	—	○	○	
	湯川村CLT共同住宅-2	○	○	—	○	○	○	
5	THSセミナーハウス	○	— CLT現し	—	— CLT現し	— 土間スラブ	—	
6	いわきCLT復興公営住宅-1	— CLT現し	—	—	○	— 土間スラブ	—	
	いわきCLT復興公営住宅-2	○	—	○	○	— 土間スラブ	—	
7	はるのガーデン	○	○	○	—	— 2階床スラブ	—	
8	コスモウェブ栗生本社	○	— CLT現し	○	—	— 土間スラブ	○	
9	しりうち地域産業担い手セ ンター	○	—	○	—	○	○	
10	日本ゼオン苑美寮	○	—	○	—	—	○	
11	高知学園大学	○	— CLT現し	—	—	— 土間スラブ	—	

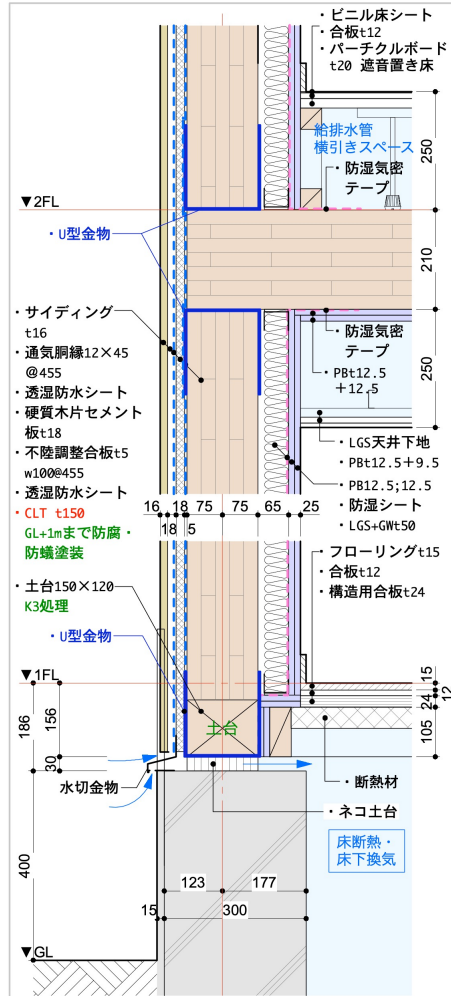
(イ) ……土台あり・モデルによる比較検討 (準耐火構造)

イ-5

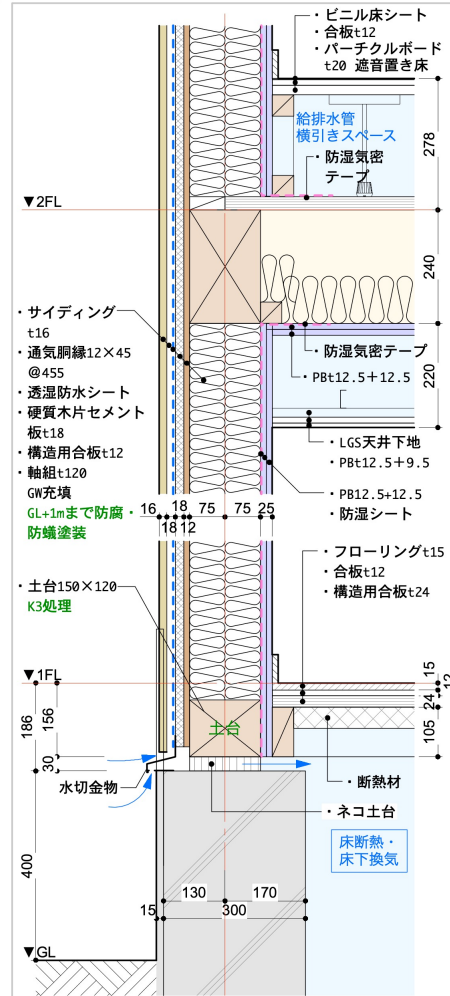
1. CLTパネル工法 (CLT現し)



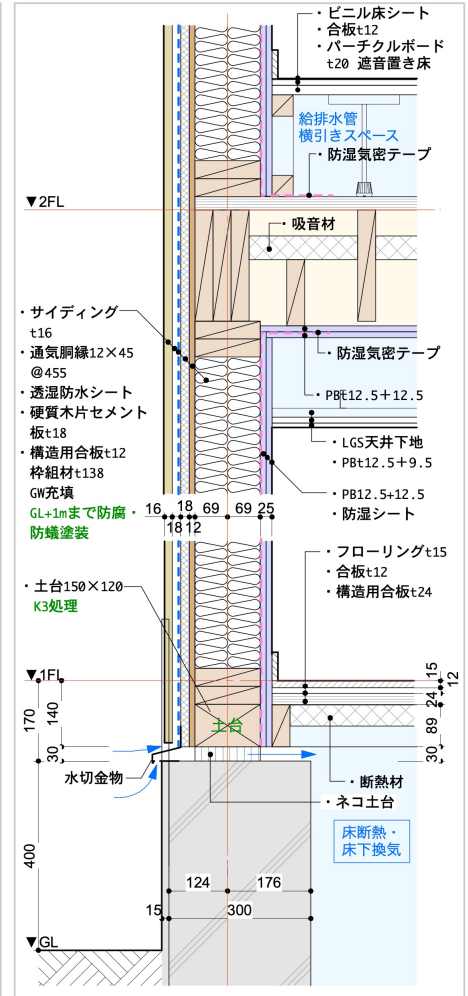
2. CLTパネル工法 (内外被覆)



3. 軸組構法 (内外被覆)



4. 枠組壁工法 (内外被覆)



① 雨水等の滞留抑制

- 外壁通気構造+水切りにより軸組等と同様の仕様が可能

② 結露水の滞留抑制

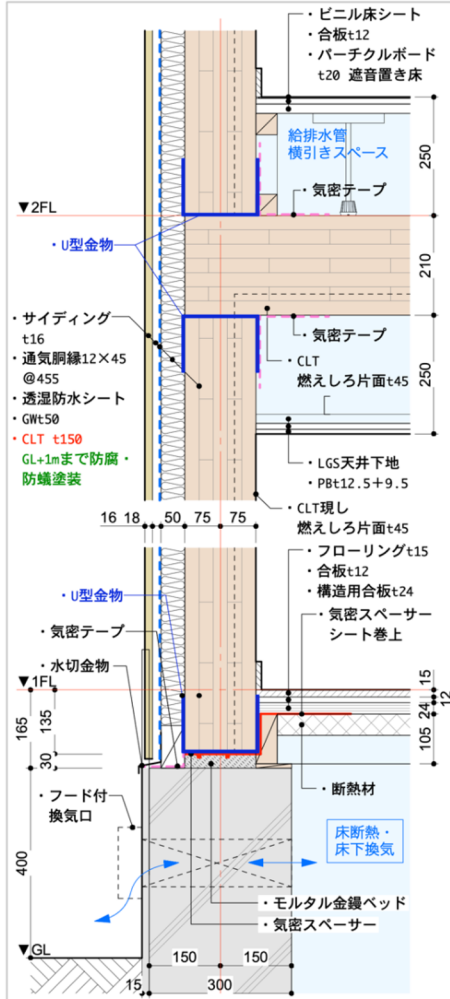
- 防湿シートにより軸組等と同様の仕様が可能
- CLT現しは断熱性能を確認する
- CLTの金物は結露対策が必要

③ 設備漏水の滞留抑制

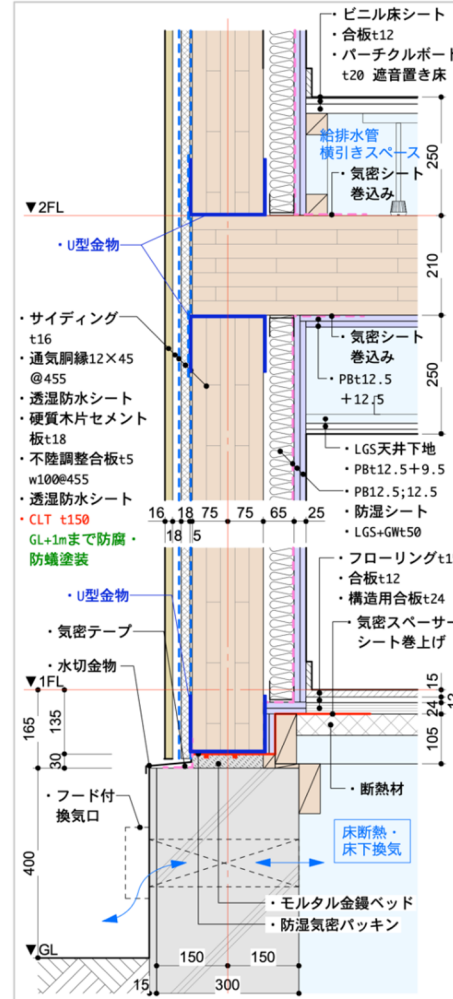
- 1階床下配管は軸組等と同様に基礎天に滞留しない仕様が可能
- 2階床下では壁体内に漏水が侵入しないよう対策が必要（共通）

(イ) ……土台なし直置き・モデルによる比較検討 (準耐火構造) イ-6

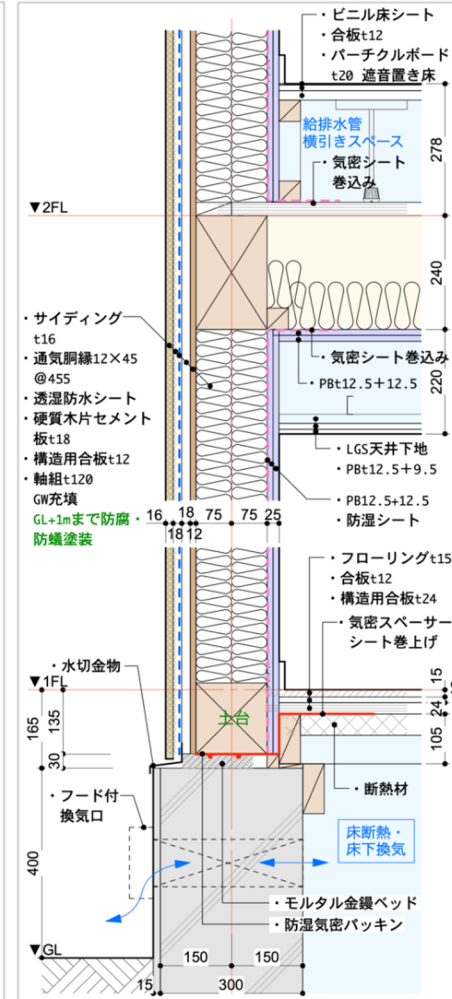
1. CLTパネル工法 (CLT現し)



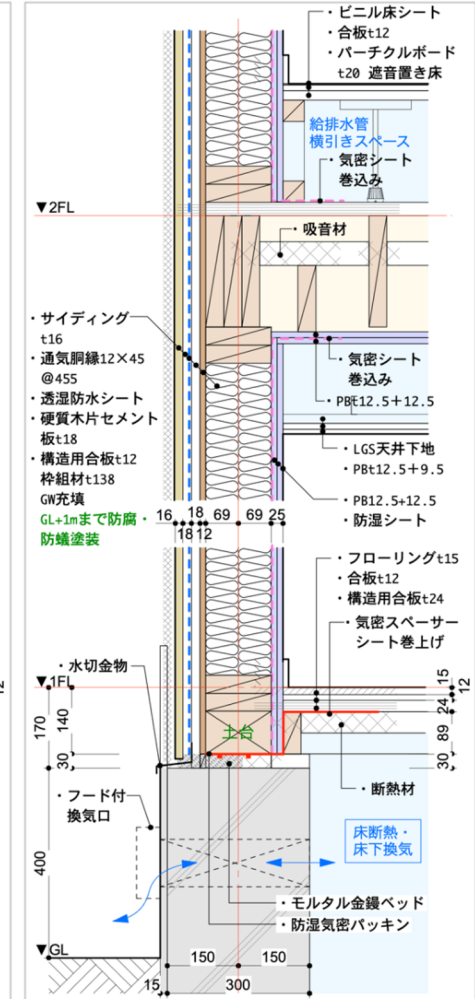
2. CLTパネル工法 (内外被覆)



3. 軸組構法 (内外被覆)



4. 枠組壁工法 (内外被覆)



① 雨水等の滞留抑制

- 外壁通気構造+水切りにより軸組等と同様の仕様が可能

② 結露水の滞留抑制

- 防湿シートにより軸組等と同様の仕様が可能
- CLT現しは断熱性能を確認する
- CLTの金物は結露対策が必要

③ 設備漏水の滞留抑制

- 1階床下配管は軸組等と同様に基礎天に滞留しない仕様が可能
- 2階床下では壁体内に漏水が侵入しないよう対策が必要 (共通)

# (イ) ……土台なし直置き・事例による検討

## イ-7

### ①雨水等の滞留抑制

- 外壁通気構造+水切りにより軸組等と同様の仕様が可能

- 仕上塗りt2+ラスモルタルt15
- 通気縦胴縁12\*45@455
- 透湿防水シート
- 硬質木片セメント板t18
- 耐水合板t5.5、w100@455 (不陸調整)
- 透湿防水シート

■ CLT内面で結露が生じる外気温度 (室内温度15度、相対湿度60%時)

$$T_0 = -88^{\circ}\text{C}$$

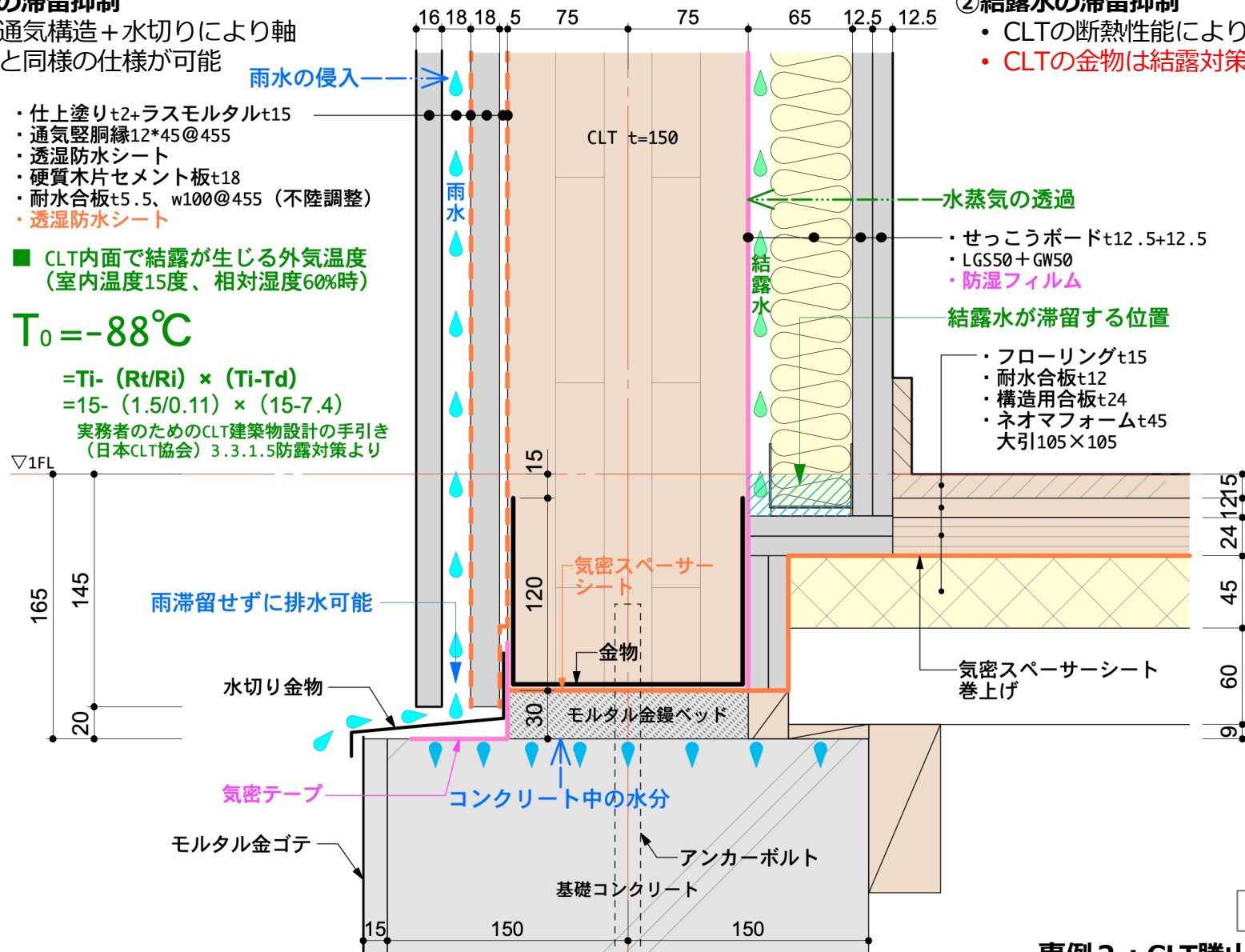
$$= T_i - (R_t/R_i) \times (T_i - T_d)$$

$$= 15 - (1.5/0.11) \times (15 - 7.4)$$

実務者のためのCLT建築物設計の手引き (日本CLT協会) 3.3.1.5防露対策より

### ②結露水の滞留抑制

- CLTの断熱性能により結露しない
- CLTの金物は結露対策が必要



調査例

事例2 : CLT勝山共同住宅

## （□）薬剤処理材の性能確認

□-1

「保存処理直交修正板（CLT）の日本農林規格に資するデータ収集調査事業」の成果を共有することとした。

同事業の本年度の成果の概要を示す。

### 1. 保存処理CLTの品質及び材料強度に関するデータ収集

- 曲げヤング係数に関しては保存処理による影響は見られなかった。
- 曲げ強度はラミナ処理された場合に低下するが、一定の強度低下を見込んで基準を満たす製品を製造することは可能であると考えられる。

### 2. 保存処理CLTの規格に求められる品質基準案の作成

- JAS及びAQの主な品質項目を、ラミナ処理、製品処理において分類して示した。

### 3. 使用環境に対応した保存処理CLTへの耐候性要求性能の把握

- 無塗装品の変色は大きいが、塗装により抑制することが可能。
- 小口シールによる割れ抑制効果は暴露3ヶ月では明瞭でなかった。

### 4. 使用環境に対応したCLTの保存処理への耐久性要求性能の把握

- 含水率は暴露期間とともに増加し、幅はぎ（接着）TLユニットの含水率は幅はぎ（接着）なしより低い傾向が見られ、特に深層で顕著であった。
- 質量減少率により計測した実際の腐朽量は劣化リスク（含水率が25%超となった頻度）とよく一致し、含水率に基づく劣化リスク見積の妥当性が確認された。

## (八) 非薬剤処理材の性能確認

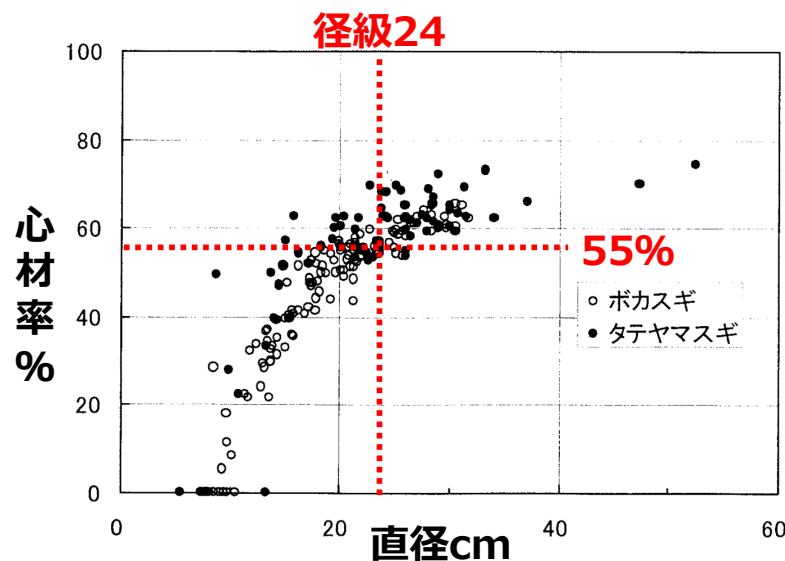
八-1

### 心材による非薬剤処理材の製造可能性に関する情報収集・整理

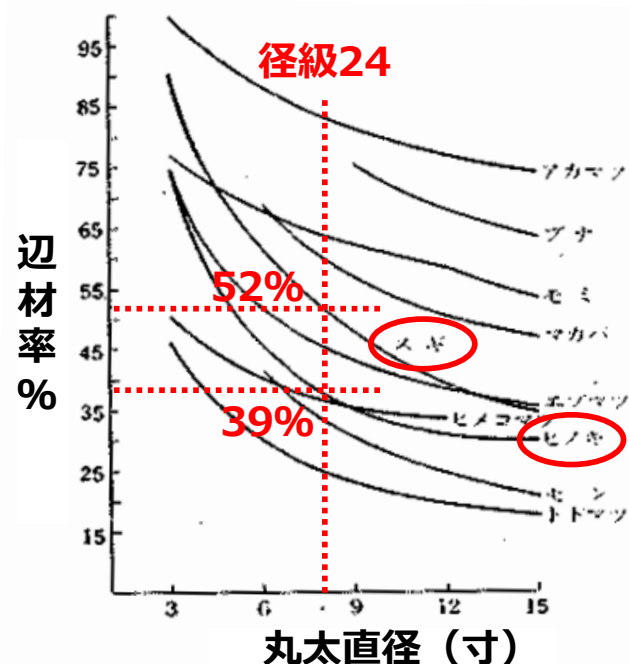
心材CLTの製造にかかる課題について情報を収集し整理した。

#### 1. 原材料ラミナの調達

- 径級24上～28上の丸太から厚36mm×幅132mm程度の原材料ラミナをとる。
- 心材化は樹皮から一定年数を経過して起こることから、心材率は大径材ほど大きくなる。径級と心材率 (辺材率) について既往のデータを示す。



富山県産スギの丸太直径と心材率の関係  
H12富山県林業技術センター「富山県スギの材質と強度」



各樹種の丸太直径と辺材率の関係  
辺心材の理学性の差異について (第10回木材学会)



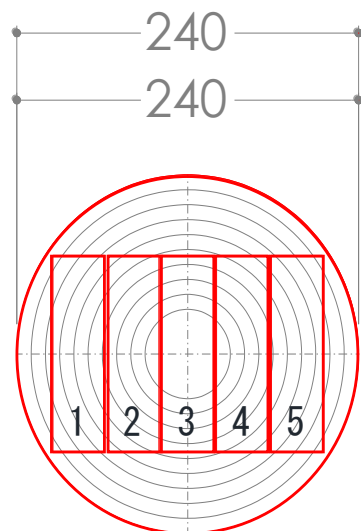
(八) ……情報収集・整理

八-2

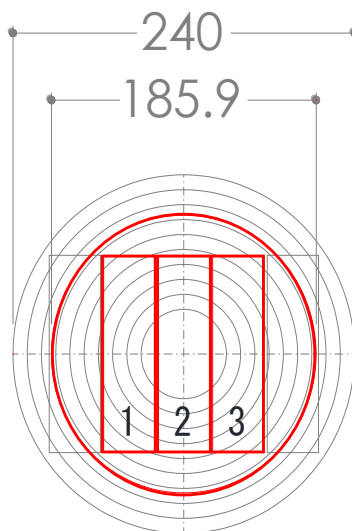
2. 材種による歩留まり

- 推定心材率より、24径級丸太からの心材ラミナ採取可能枚数を検討。

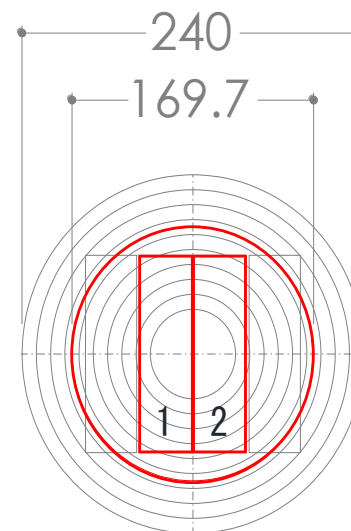
	丸太 径級	丸太 直径 [mm]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	推定 心材率 [%]	推定心 材直径 [mm]	ラミナ 厚[mm]	ラミナ 幅[mm]	ラミナ 採取枚数 [枚]	ラミナ 採取断面積 [mm <sup>2</sup> ]	ラミナ 歩留り[%]
①心辺材区別なし	24	240	45216	-	-	36	132	5	23760	52.55%
②ヒノキ心材のみ	24	240	45216	60%	185.90	36	132	3	14256	31.53%
③スギ心材のみ	24	240	45216	50%	169.71	36	132	2	9504	21.02%



①心辺材の区別なし  
→5枚



②ヒノキ心材のみ  
→3枚



③スギ心材のみ  
→2枚

- ヒノキで3枚、スギで2枚の心材ラミナが採取可能。

(八) ……情報収集・整理

八-3

3. CLT製造全体工程における歩留まり……①心辺材の区別なし

- 40.28%……通常のCLTの製造歩留まり

製造工程	工程毎の歩留まり	歩留まり(原木～製品)	歩留まり(ラミナ～製品)
原木 (丸太)	100%	100%	
↓	↓	↓	
原板 (ラミナ)	52.55%		100%
↓	↓		
乾燥、粗取り(グレーディング)	89%		
↓	↓		
縦継ぎ、仕上げ切削	87%		
↓	↓		
プレス (積層接着)	99%		
↓	↓		
製品(マーボード)	100%	40.28%	76.66%

(八) ……情報収集・整理

八-4

3. CLT製造全体工程における歩留まり…… ② ヒノキ心材のみ

- 24.17% ……ヒノキ心材CLT の製造歩留まり

製造工程	工程毎の歩留まり	歩留まり(原木～製品)	歩留まり(ラミナ～製品)
原木 (丸太)	100%	100%	
↓	↓	↓	
原板 (ラミナ)	31.53%		100%
↓	↓		↓
乾燥、粗取り(グレーディング)	89%		
↓	↓		
縦継ぎ、仕上げ切削	87%		
↓	↓		
プレス (積層接着)	99%		
↓	↓		
製品(マザーボード)	100%	24.17%	76.66%

(八) ……情報収集・整理

八-5

3. CLT製造全体工程における歩留まり…… ③ スギ心材のみ

- 16.11% ……スギ心材CLT の製造歩留まり

製造工程	工程毎の歩留まり	歩留まり(原木～製品)	歩留まり(ラミナ～製品)	
原木 (丸太)	100%	100%		
↓	↓	↓	↓	
原板 (ラミナ)	21.02%			100%
↓	↓			
乾燥、粗取り(グレーディング)	89%			
↓	↓			
縦継ぎ、仕上げ切削	87%			
↓	↓			
プレス (積層接着)	99%			
↓	↓			
製品(マザーボード)	100%	16.11%	76.66%	

## （八）……情報収集・整理

## 八-6

### 4. 材料手配の課題

- 心材ラミナは一般市場では手に入らない。
- ラミナになってから心材を仕分けするのは効率が悪い。ラミナを製造する際に心材ラミナを仕分けして集積するのが効率的である。
- ラミナ調達先の製材所では垂木や間柱の製材基準SD20として製品化されるため、CLTで使用するには含水率15%以下まで再乾燥が必要となる。

### 5. 製造工程の課題

- 心材ラミナの方法手配の効率が製造コストに影響する。
- 芯持ちの心材ラミナは、芯去り材に比べ乾燥段階での反りや曲がりが発生しやすいため、乾燥工程における歩留まりが低下する。
- CLT製品となった後の寸法変化、曲がりや反りがどの様に出るかは未知数。
- 辺材ラミナに比べて心材ラミナの出現率は低くなり、同一等級構成CLT製造において原材料ラミナの歩留まり低下によるコストアップが避けられない。

### 6. 製品価格の課題

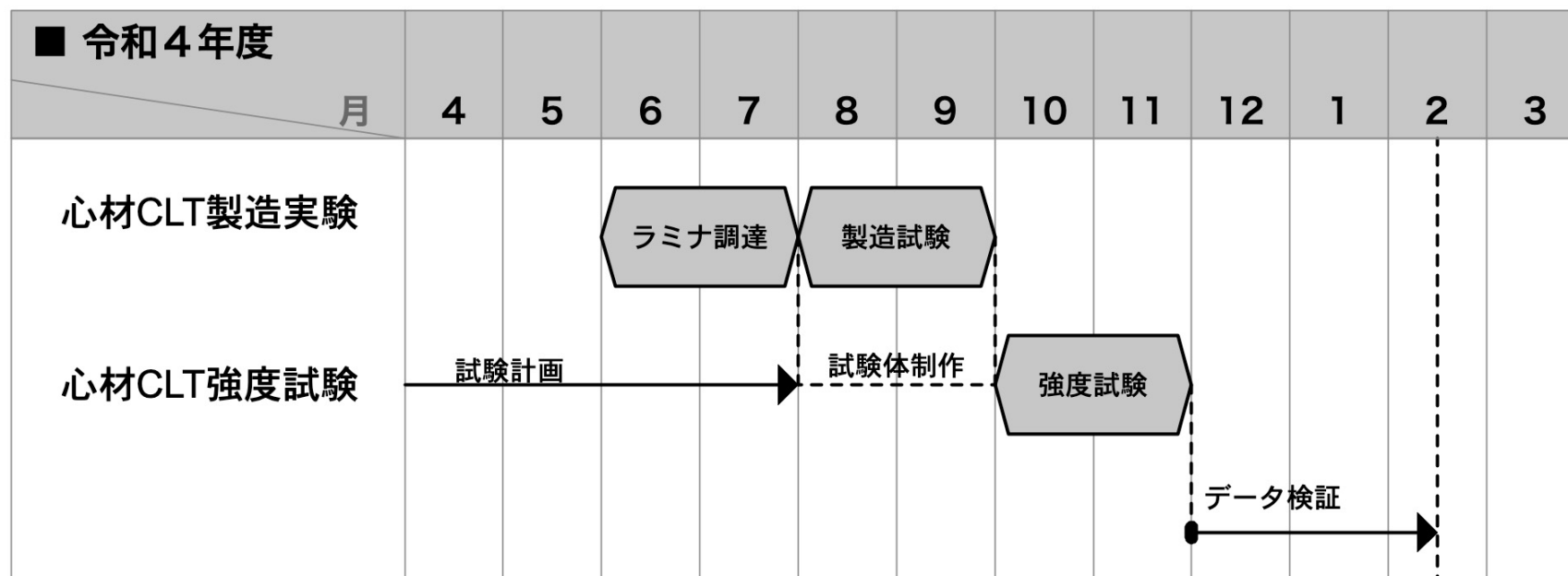
- 以上より心材の原材料ラミナは、木取りにおける歩留まり低下と、乾燥・製造工程での不良や強度不足による歩留まり低下のため、一般CLTに比べコストアップが見込まれる。

## (八) ……心材CLTの材料実験計画

八-7

### 4. 令和4年度 of 材料実験計画

- 製造実験：ヒノキ心材CLTパネル、5層5プライ (厚150mm) 1.8m×8m
- 強度試験：曲げ試験10体



## （二）基礎直置き仕様の検討

### 二-1

### 検討の方針

基礎直置きで劣化対策等級3を満たす仕様を検討するため、令和4・5年度に検証実験を行う。

令和4年度は、基礎に直置きされたCLTが基礎上に滞留する水分をどのように吸着するかを定量的に検証し、土台直置き仕様と比較してCLTの水分吸着の特性を把握する。

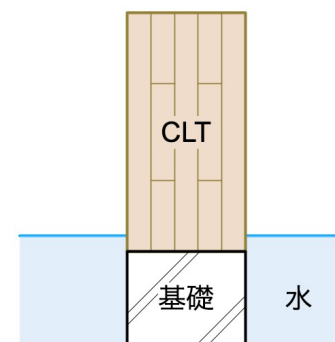
令和5年度は、土台直置きと同程度以上に水分吸着を防止することができるCLT基礎直置き仕様を実験により検討する。

## （二）……水分吸着性状検証実験の計画／実験概要

## 二-2

### 1. 実験の方法

- CLTをコンクリート基礎の上に載せ、水中に浸して水分滞留が持続する状態をつくって時間経過に伴う水分吸着の推移を計測する。
- 土台についても同様の実験を行い、これと比較することによりCLTの水分吸着特性を定量的に把握する。
- 水分移動の測定は電気式含水率計による含水率測定と、重量測定を組み合わせで行う。



### 2. 樹種・仕様

- CLTは水分を吸着しやすい「スギCLT」を用い、土台は水分を吸着しにくい「ヒノキ心材土台」を用いて安全側の比較をする。
- スギCLTの水分吸着量が、防止仕様の検討が可能な範囲を超えた場合の担保として「ヒノキCLT」の試験を加える。
- ヒノキ心材土台の水分吸着防止における優位性を定量的に把握するために「スギ土台」を試験に加える。
- 木材には防腐処理等をせずに、純粋な水分子の吸着性状を把握する。

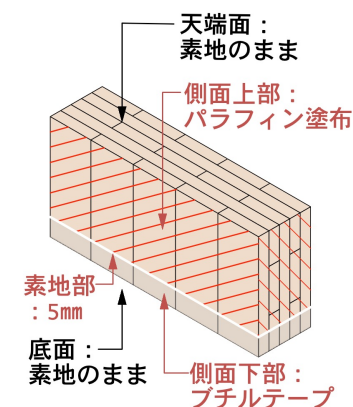


## （二）……水分吸着性状検証実験の計画／実験概要

二-3

### 3. 試験体の側面処理

- 試験体側面の水に接する下部はブチルテープ を張り、素地部を5mm挟んだ上はパラフィンを塗って水分の出入りを遮断する。
- 天端面は基礎と接する底面からの水分吸着を誘引するため素地のままとする。



### 4. CLTの積層数

- CLTは5層5プライで行う。
- ラミナ間の水分の相互作用はほとんどないと思われるので、「3層3プライ」の1層目・2層目は5層5プライと同様、「7層7プライ」の4層目は5層5プライの2層目と同様と想定する。

### 5. ラミナたて継ぎの影響

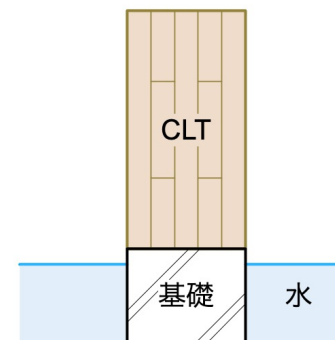
- ラミナにたて継ぎ（フィンガージョイント）があると水分の浸潤が止まってしまふ。第三層のたて継ぎの有無は目視で確認できないので測定点を複数にしてデータが取得できないリスクを低減する。

## （二） ……水分吸着性状検証実験の計画／実験概要

二-4

### 6. 令和5年度に向けた予備実験

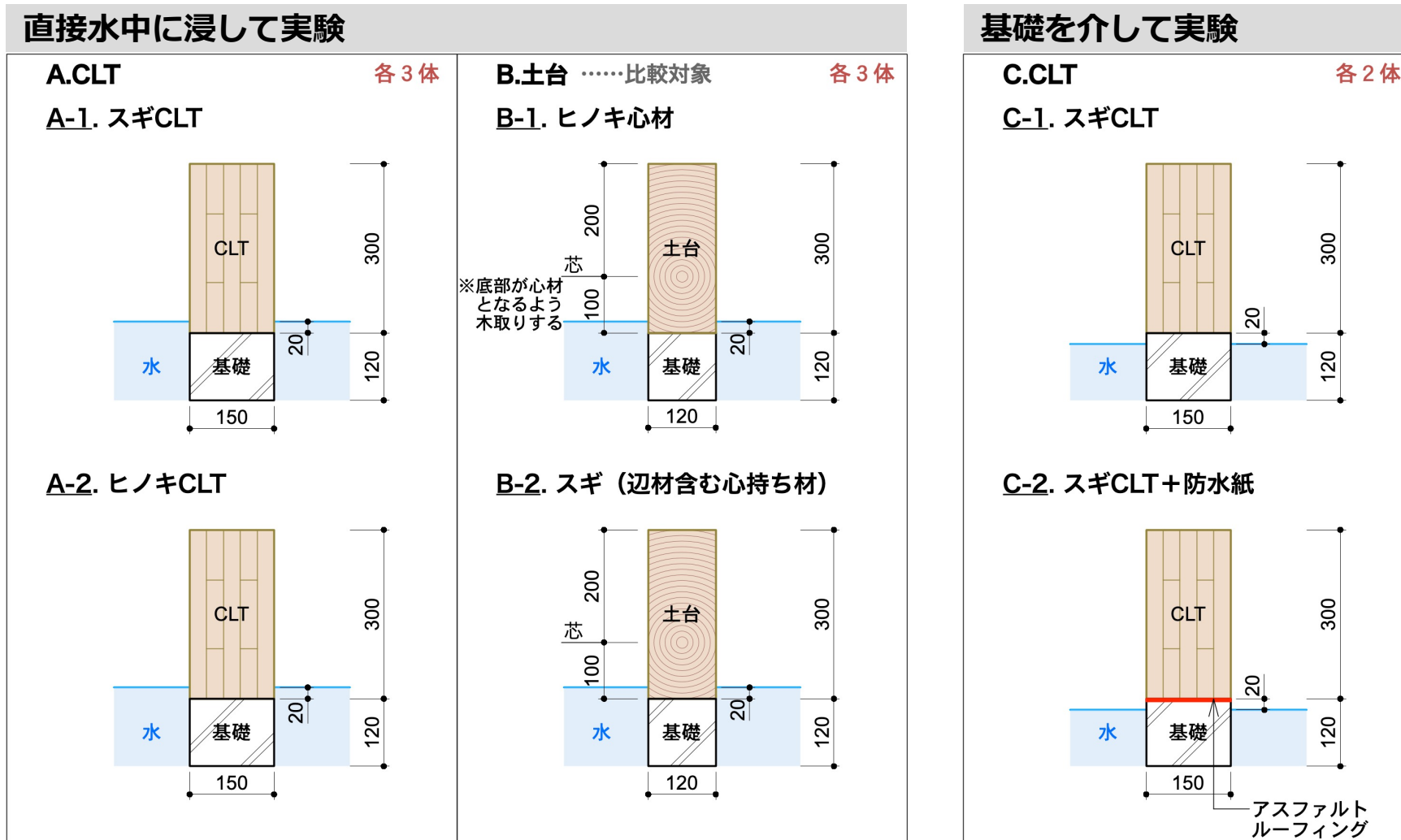
- 令和5年度の水分吸着防仕様の検討を想定して、水面を基礎天端より下げ、実建物に近い条件で基礎コンクリートを介して木材に移動する水分の状況を、予備実験として行う。



(二) ……水分吸着性状検証実験の計画 / 試験体の検討

二-5

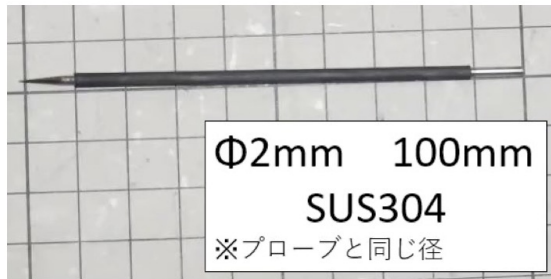
1. 試験体の種類



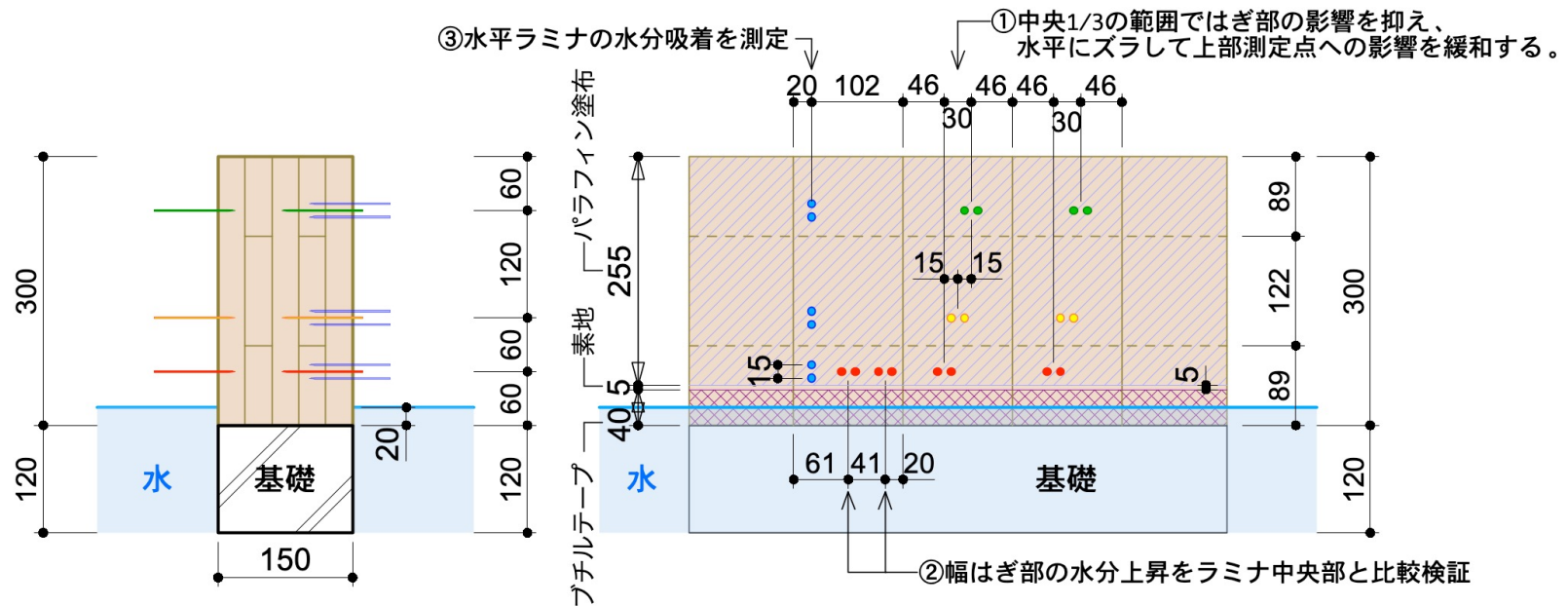
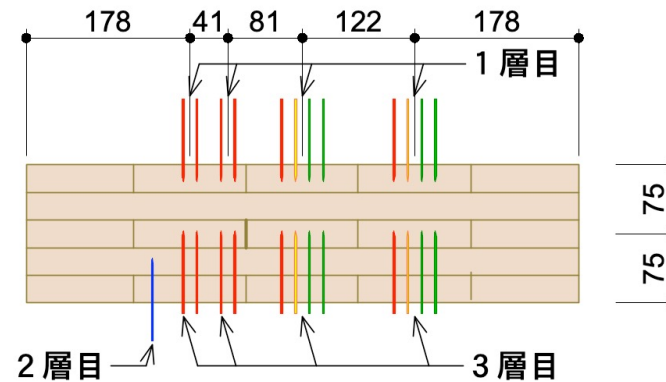
(二) ……水分吸着性状検証実験の計画／試験体の検討

二-6

2. CLTの計測点



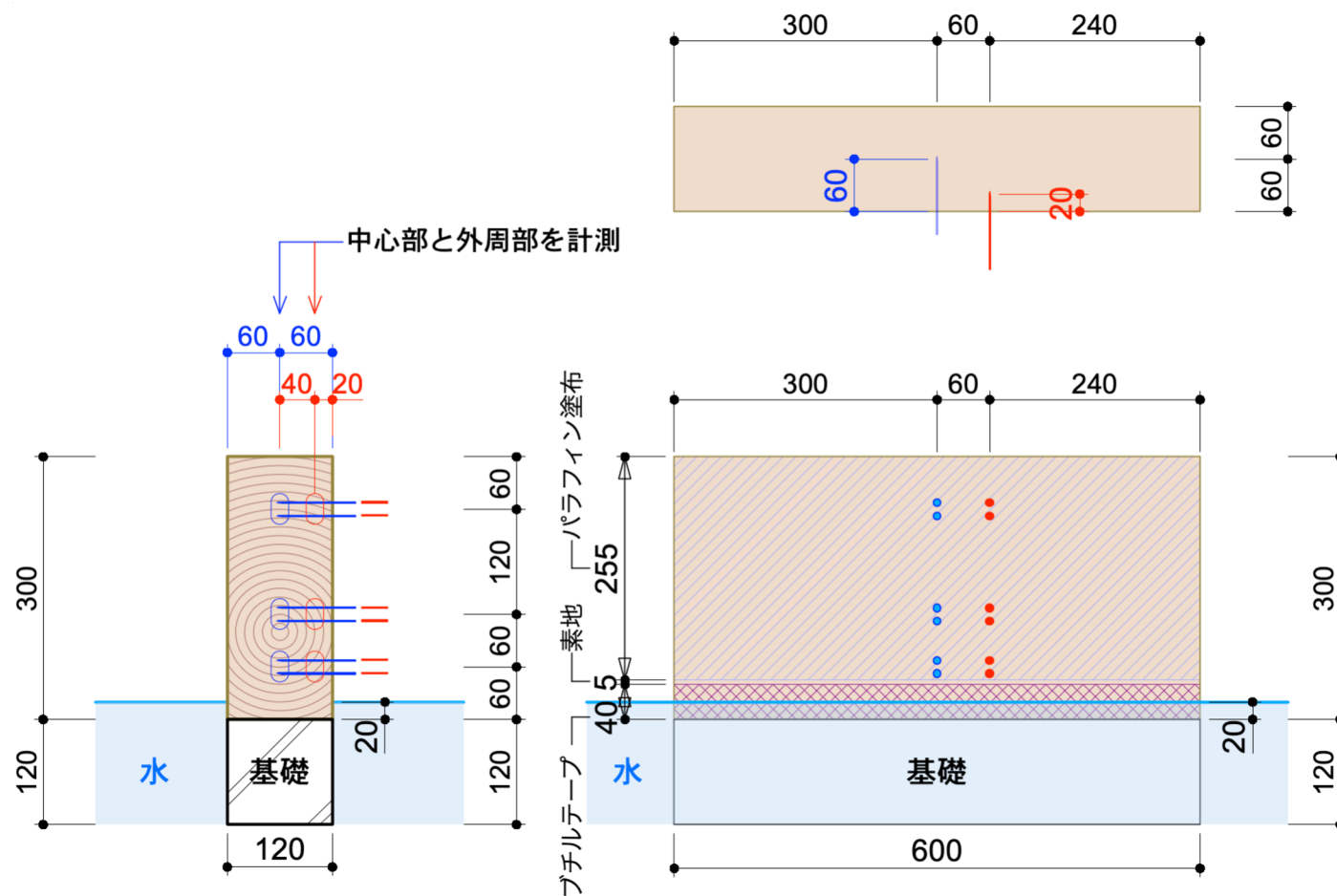
測定用の針 (予備実験に使用)



(二) ……水分吸着性状検証実験の計画／試験体の検討

二-7

3. 土台の計測点



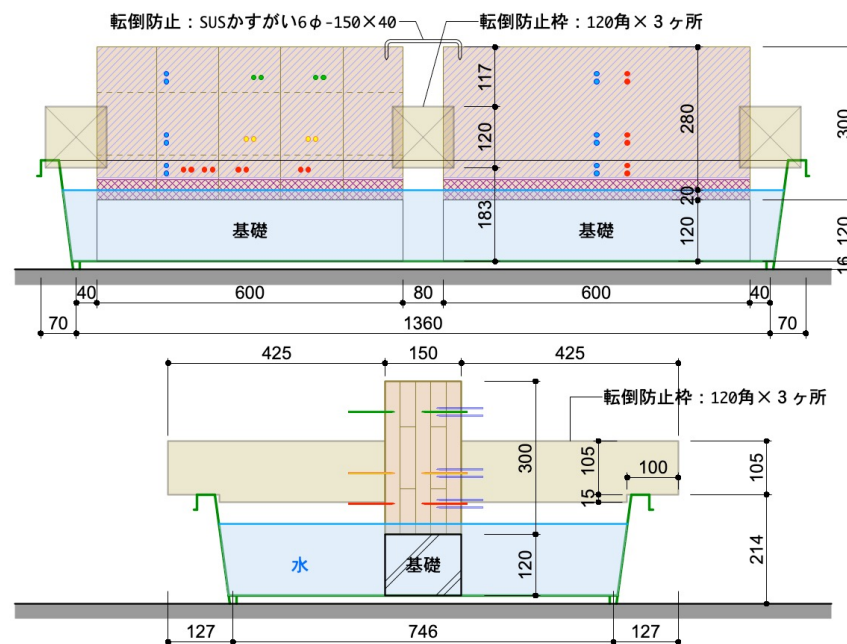
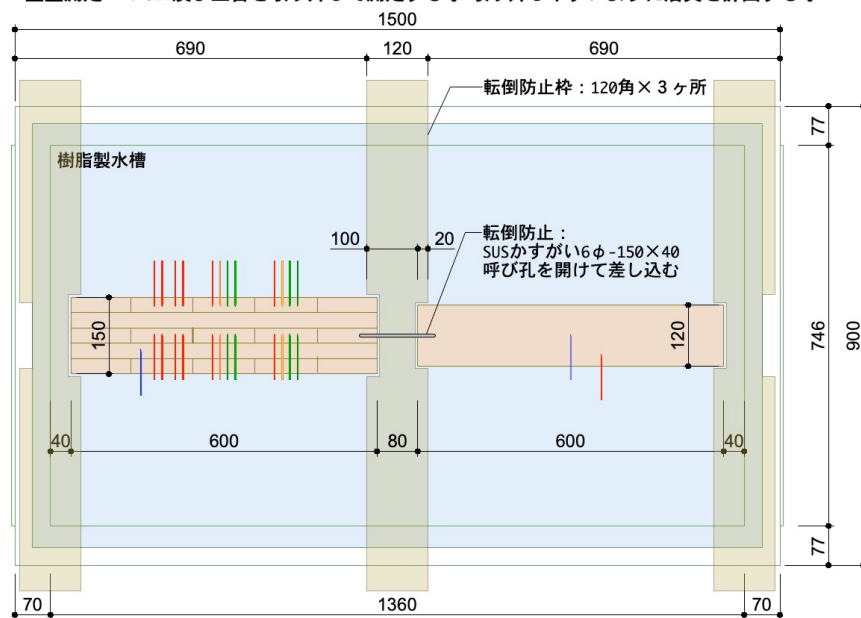
## (二) ……水分吸着性状検証実験の計画／試験体の検討

二-8

### 4. 試験ユニット

配置：1槽に2体、計測針に正対してアクセスできるように配置する。

ユニット：1槽に試験体2体を、計測針に正面からアクセスできるよう向きに配置する。  
 含水率測定：各測定針からリード線を伸ばしバナナ端子を取り付けて並べ、測定する。  
 重量測定：CLT及び土台を取り外して測定する。取り外しやすいように治具を計画する。

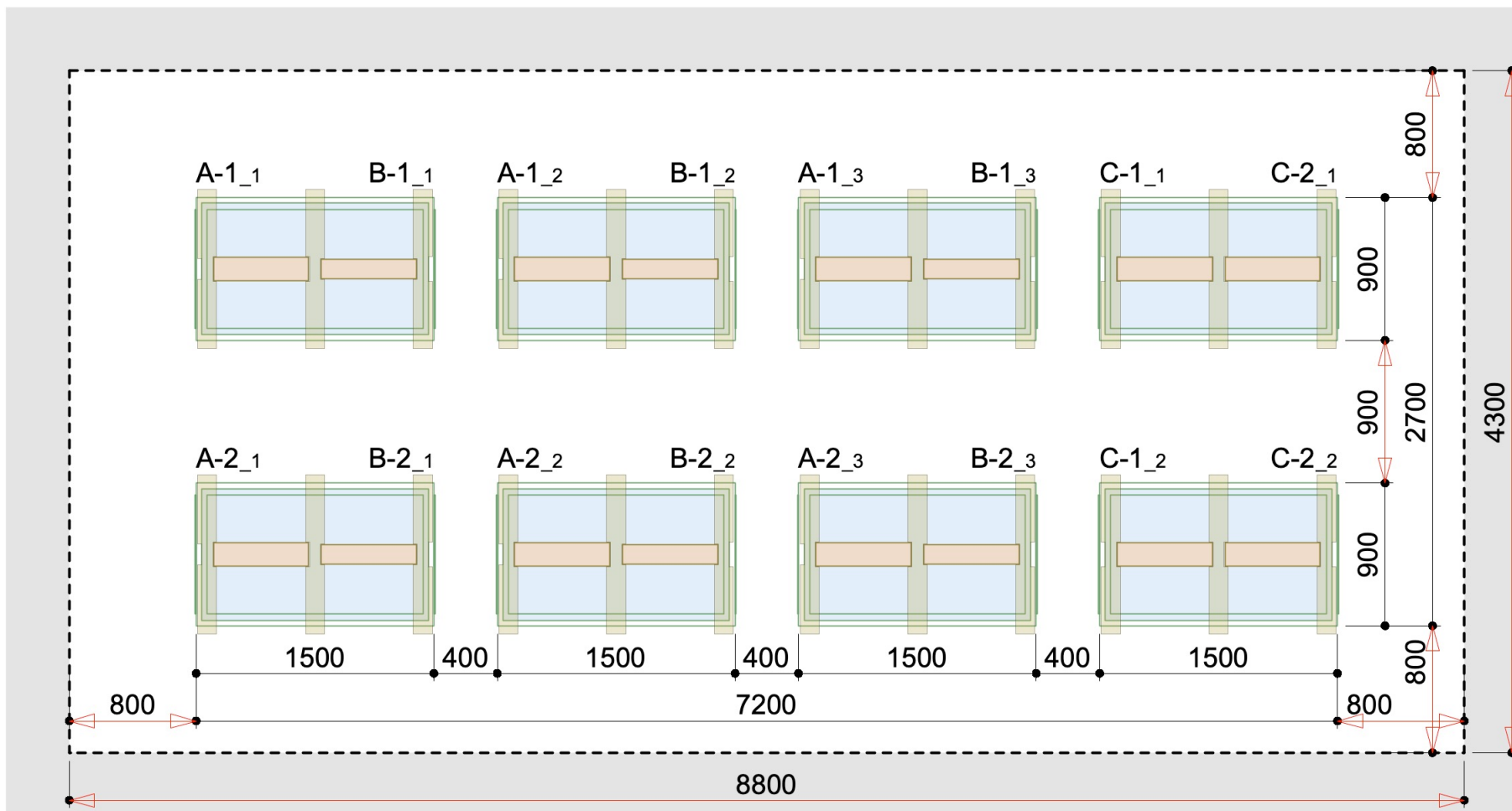


(二) ……水分吸着性状検証実験の計画／試験体の検討

二-9

5. 試験体の配置

計測ゾーンとして80cm程度の通路を確保する。



## （二）……水分吸着性状検証実験の計画／試験体の検討

二-10

## 6. 試験体のリスト

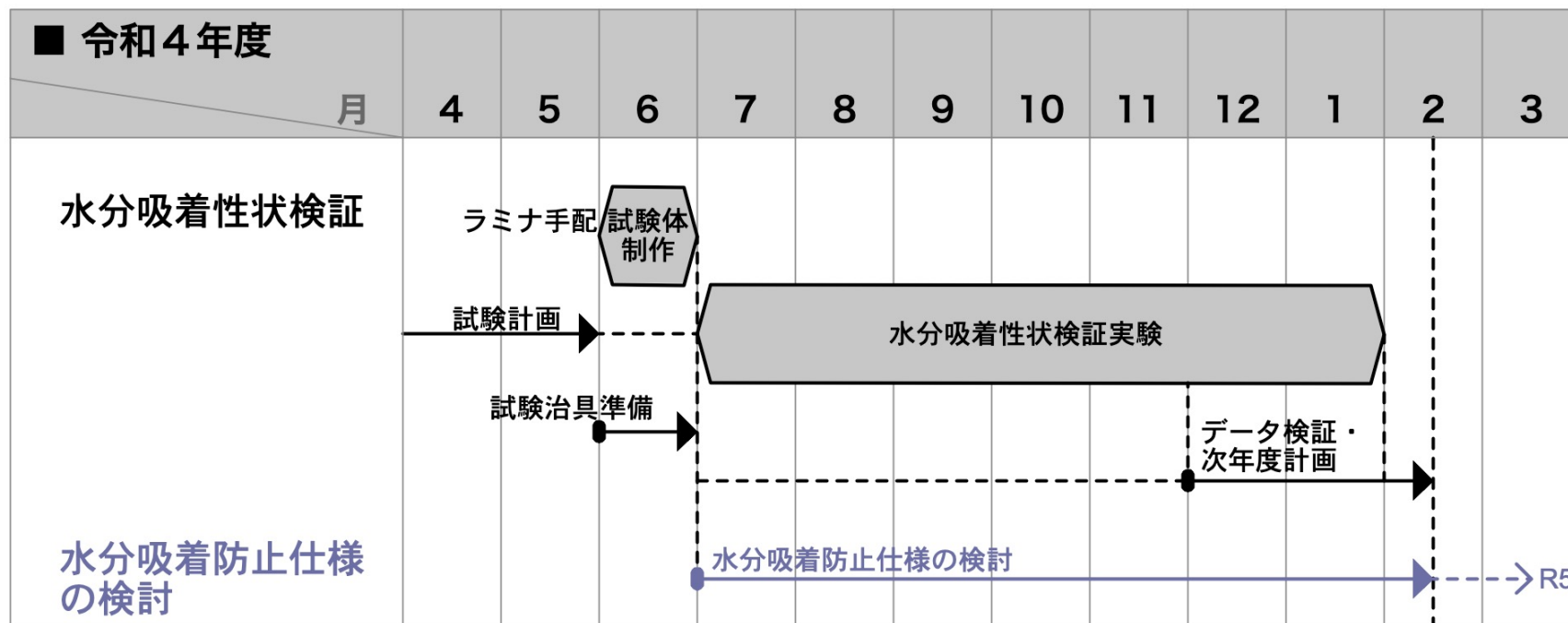
番号	仕様	寸法 mm	樹種	防水紙	数	測定点	測定点合計
A-1	CLT	150×600×h300	スギ	なし	3	19	57
A-2	CLT	〃	ヒノキ	なし	3	19	57
B-1	土台	120×600×h300	スギ	なし	3	6	18
B-2	土台	〃	ヒノキ心材	なし	3	6	18
C-1	CLT	150×600×h300	スギ	なし	2	19	38
C-2	CLT	〃	スギ	あり	2	19	38
				計	16	88	226



（二）……水分吸着性状検証実験の計画／試験体の検討

二-11

7. 試験工程案



## （二）……水分吸着性状検証実験の計画／含水率測定の見討 二-12

### 1. 吸水時の内部含水率の測定

CLTの端部からの水分吸着を見討するにあたり、内部の含水率を把握するための予備見討を行った。

木材の含水率測定の方法は試験体の重量を測定し乾燥後の重量と比較することによる「全乾法」と「電気式含水率計による方法」の2つがある。

**全乾法**：試験体を切断し、目標の部位を取り出して測定する必要があり、経時的かつ非破壊で見討するには向かない。

**電気式含水率計**：一般に試験体の表層部分の測定にとどまり、精度は全乾法に比べて劣る場合が多いが、経時的に非破壊で測定が可能。

今回の実験の目的に照らし、断面の大きなCLTの内部含水率を電気式含水率計測定する手法について見討を行った。

## （二）……水分吸着性状検証実験の計画／含水率測定の見直し

二-13

### 2. 測定原理

携帯型電気式含水率計は「高周波式」と「電気抵抗式」に大別できる。

**高周波式**：木材の静電容量が含水率によって異なることを利用した方法。表層から数ミリ～数十ミリの含水率を測定することができるが、CLTの内層のような深い部分を測定することは難しい。

**電気抵抗式**：木材の含水率と電気抵抗との関係性を利用し、木材表面に打ち込んだ測定端子間の電気抵抗を測定することによって含水率を算出する。測定端子間の最も電気抵抗の低い部分（高含水率部分）の値を示す。

電気抵抗式含水率計については、ワイヤー状の測定端子を木材内部に挿入し導通性接着剤で先端を固定することにより、内部の含水率を測定する方法が試みられている。

今回は、電気抵抗式含水率計を用いたより簡便な方法として、針状の測定端子の先端と末端以外を絶縁被覆し、あらかじめ目標部位まで先孔を開けた試験体に打込んでCLT内部の含水率を測定する手法を試みた。

## (二) ……水分吸着性状検証実験の計画／含水率測定の見直し

二-14

## 3. 実験方法

## 測定端子の制作

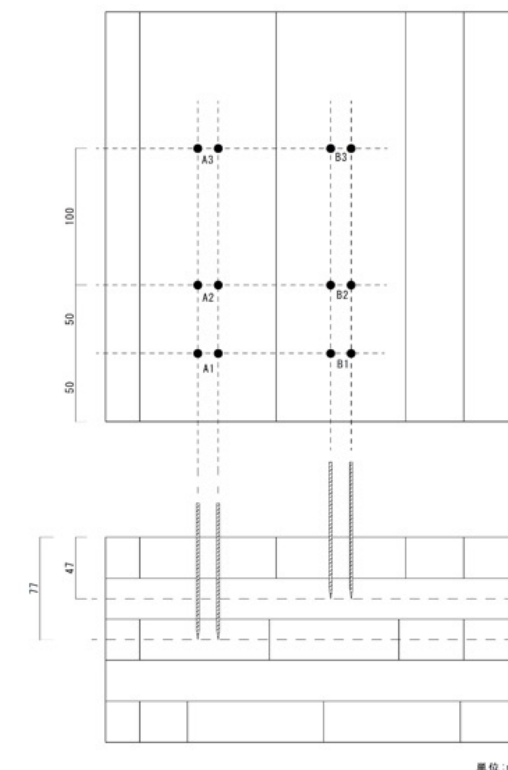
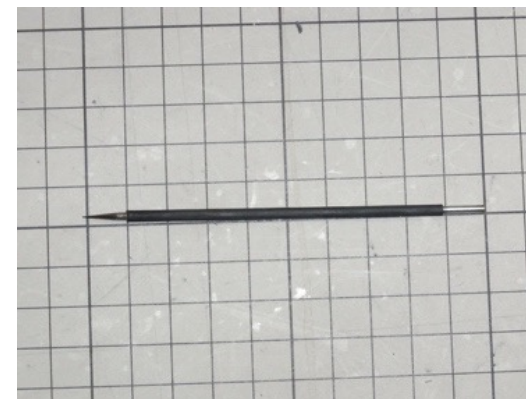
- SUS304、直径2mm長さ100mm
- 両端を10mm残して電工用熱収縮チューブで被覆

## 試験体

- スギCLT 5層5プライ、厚150mm、MX60
- 300mm×300mm

## 測定端子のCLT試験体への取付

- 計測位置は底面より50mm、100mm、200mmの3カ所
- 試験体表面に垂直に直径3.5mmの先孔を加工
- 先孔の間隔は含水率計の測定端子間と同じ15mm
- 先孔の深さは3層目70mm、2層目40mm
- 含水率計測定端子の針長さと同じ7mm打込み、孔口を2液性エポキシ系接着剤で密封



単位:mm

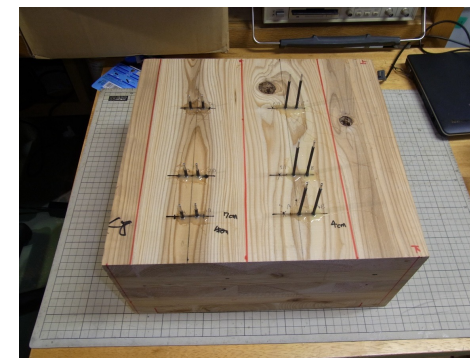
## (二) ……水分吸着性状検証実験の計画／含水率測定の見直し

二-15

## 4. 吸水試験

## 試験体の設置

- 20℃65%の恒温恒湿槽にプラスチック容器を設置
- 試験体を底面から1cmの高さまで水に浸し、水深を維持



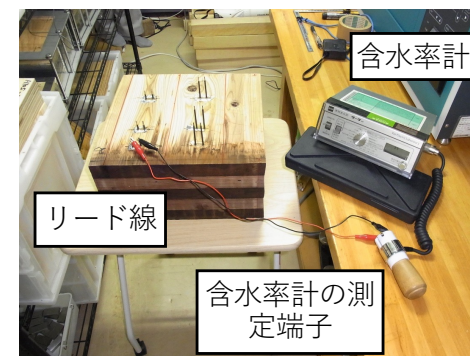
## 含水率計による測定

- 定期的に取り出して「重量」と「含水率」を測定
- ステンレス針と含水率計の測定端子をワニ口クリップ付リード線で接続して含水率計の表示を記録
- 測定端子を入れ替えながら4回測定し、平均値を採用
- 測定レンジは低水分（含水率4～35%）
- 56日間測定



## 全乾法による含水率の測定

- 試験終了後、試験体を裁断、解体し3層目及び2層目ラミナについて全乾法により含水率を測定



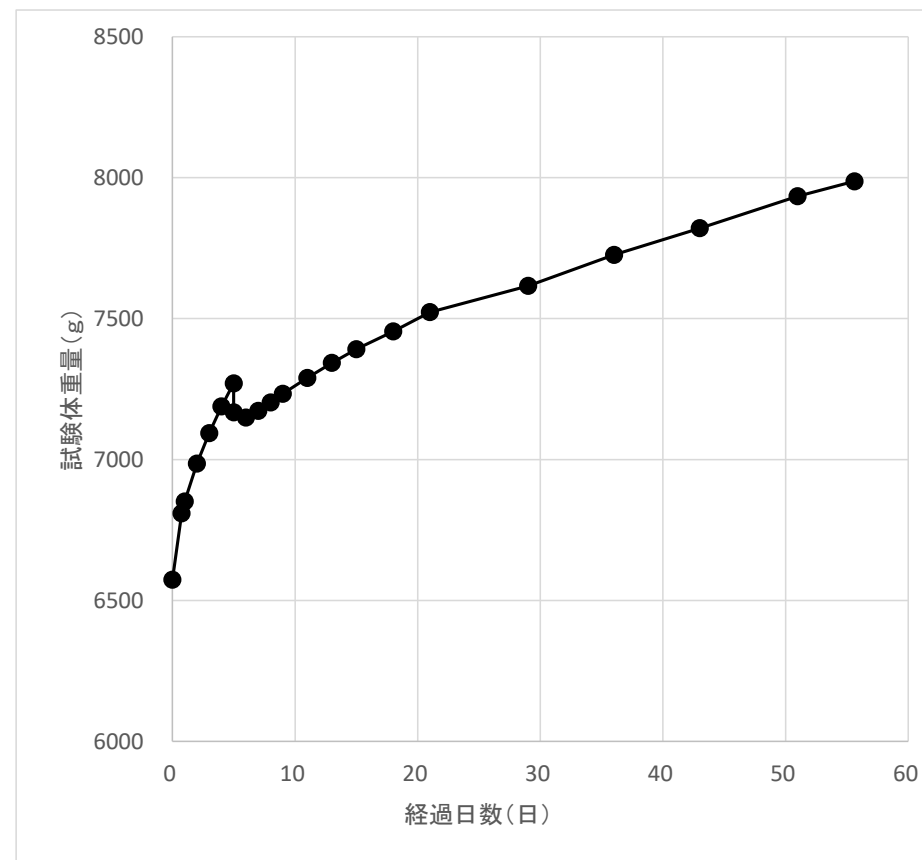
## (二) ……水分吸着性状検証実験の計画／含水率測定の見直し

二-16

## 5. 結果と考察

## 重量変化

- 初期に吸水面付近の吸水によると思われる大きな重量変化が発生し、その後内部水分拡散が支配的になるに従い増加量が低下し、20日以降はほぼ一定の増加量となる。
- 6日目の重量低下はアルミテープと試験体の間に毛細管現象による吸水があったため、アルミテープを取り外したことによるもの



## (二) ……水分吸着性状検証実験の計画／含水率測定の見直し

二-17

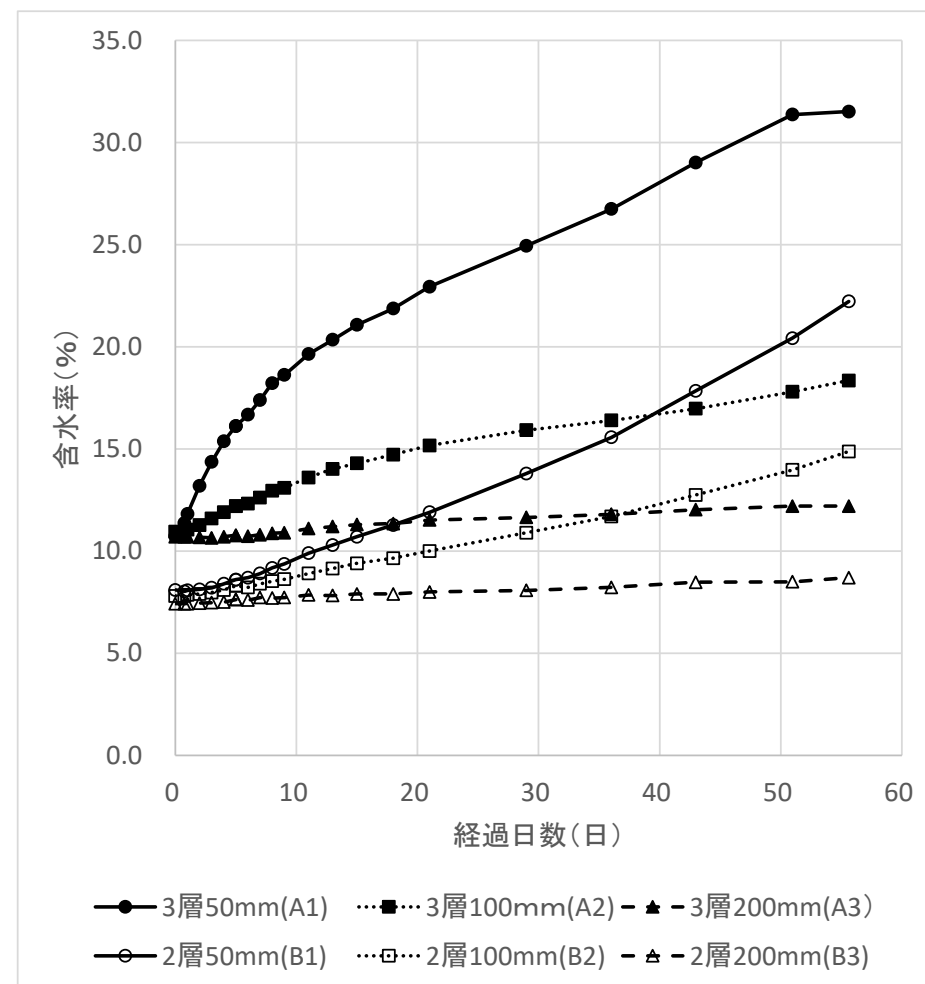
## 含水率計による測定

## …… 3層目ラミナ

- 3層50mm：急速に上昇、40日後には繊維飽和点の28%に到達
- 3層100mm：やや上昇し18%
- 3層200mm：ほとんど変化なし

## …… 2層目ラミナ

- 3層目に比べ含水率が低く計測された。
- 測定端子を繊維方向に直交して打込むべきところを並行に打込んだためと、ラミナの個体差等が理由として考えられる。



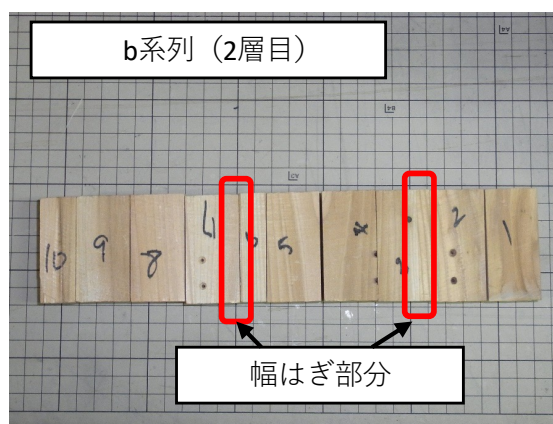
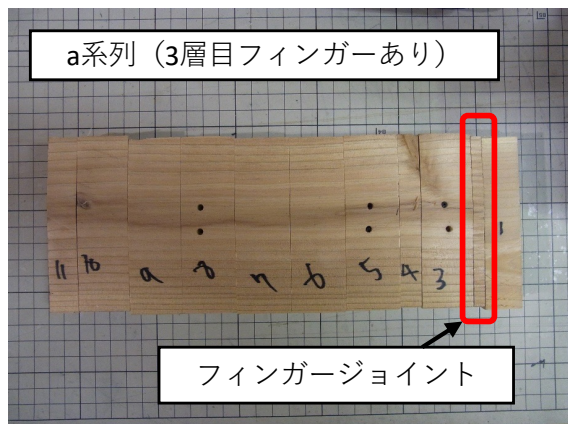
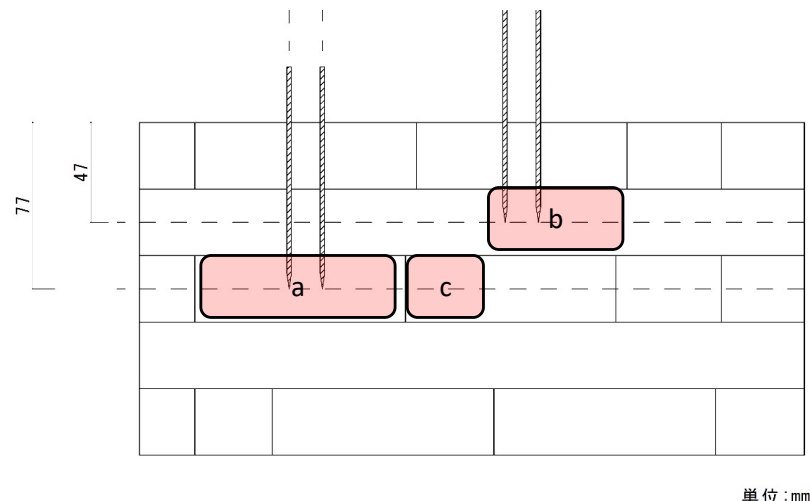
(二) ……水分吸着性状検証実験の計画／含水率測定 of 検討

二-18

全乾法による含水率測定

……試験体の採取

- 3層目ラミナをa系列、2層目ラミナをb系列とした。
- 3層目ラミナには吸水面から30mmにフィンガージョイントがあったため、隣接するジョイントのないラミナからも試験体を採取してc系列とした。
- 吸水面から30mm毎に切り出して含水率試験体を採取





## (二) ……水分吸着性状検証実験の計画／含水率測定の見直し

二-19

## 全乾法による含水率測定

## …… 3層目ラミナ

- フィンガージョイントの有無で傾向が大きく変わり、a系列ではc系列に比べフィンガージョイントの存在により吸水が阻害されている。
- 仮道管等の水の導通組織が不連続であること、界面の接着剤の存在が理由として考えられる。
- フィンガージョイントのないc系列は吸水面から120mm程度まで繊維飽和点を超える値を示した。

## …… 2層目ラミナ

- b系列で繊維飽和点を超えているのは吸水面から40mm程度まで
- 今回の計測では、幅はぎの影響は明確ではなかった。

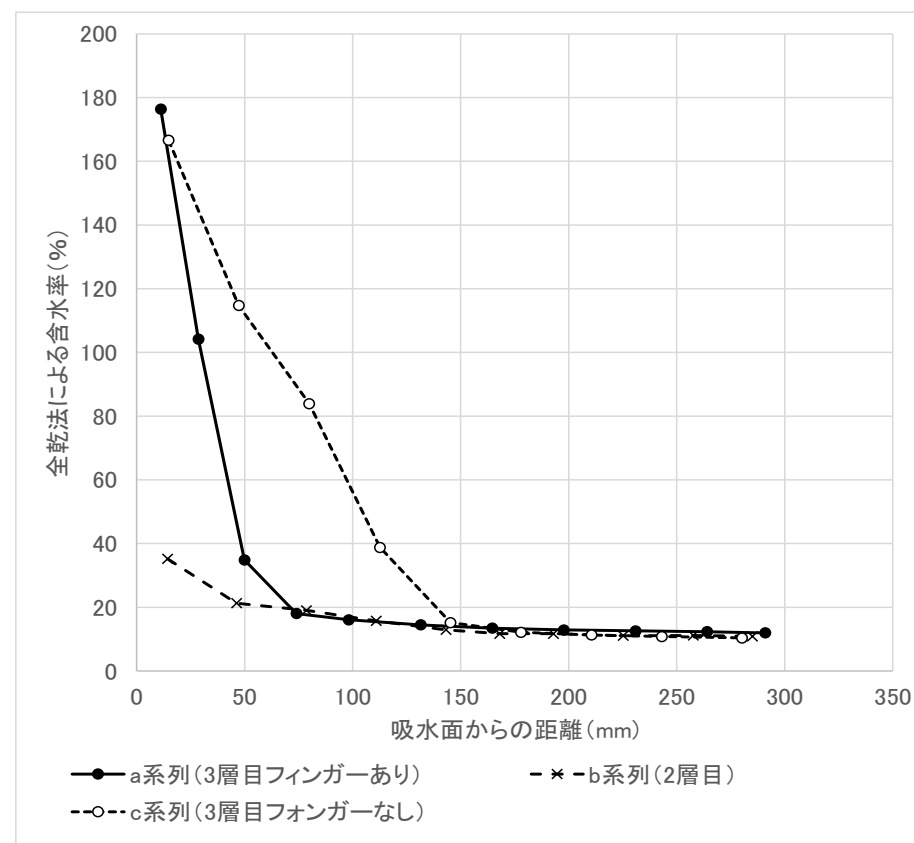


図13 全乾法による含水率の材内分布  
(吸水から56日目)

## (二) ……水分吸着性状検証実験の計画／含水率測定の見直し

二-20

## 含水率計と全乾法の比較

- 両者の間に3%程度の含水率の差が見られたが、全体としてプロットが傾き1の直線に沿った形となっていることから、材内の含水率経時変化を概ね把握するには今回の手法は有効であると考えられる。
- 今後、両者の比較データを蓄積してキャリブレーションを行うことにより、精度を高めることが可能と考えられる。

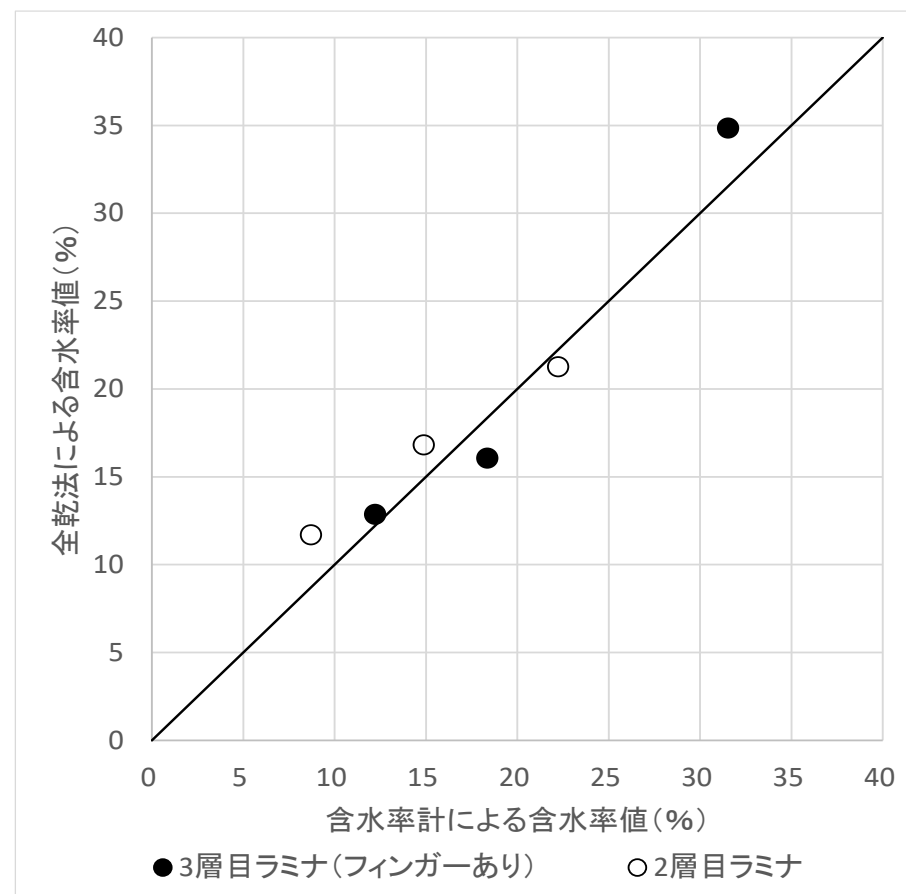


図14 含水率計と全乾法の含水率値の比較

**（二） ……水分吸着性状検証実験の計画／含水率測定の見討****二-21****6. まとめ**

- ① **ステンレス針による測定端子を打ち込むことで、CLT内部の任意の場所の含水率の経時変化を把握できる可能性が示された。**
- ② ラミナの軸方向の吸水においては、フィンガージョイントが水分移動に大きな影響を与えることがわかった。今後の測定ではフィンガージョイントの存在を考慮して試験を計画する必要がある。
- ③ 吸水試験においてはアルミテープによるシールは不適であることがわかったことから、他の手法を見討する必要がある。

## （二）……直置き仕様実施事例の調査

## 二-22

CLT壁パネルを鉄筋コンクリート基礎に直置きした実建物について、基礎と接するCLTパネルの含水率や金物の状態などを確認した。

### 1. 調査概要

調査対象：真庭木材事業協同組合CLT勝山共同住宅

所在地：岡山県真庭市勝山1884-19

竣工年：2015年3月（竣工後6年11か月経過）

調査日：2022年2月5日（土）

調査箇所：外壁の屋外側の壁CLT脚部とその上部

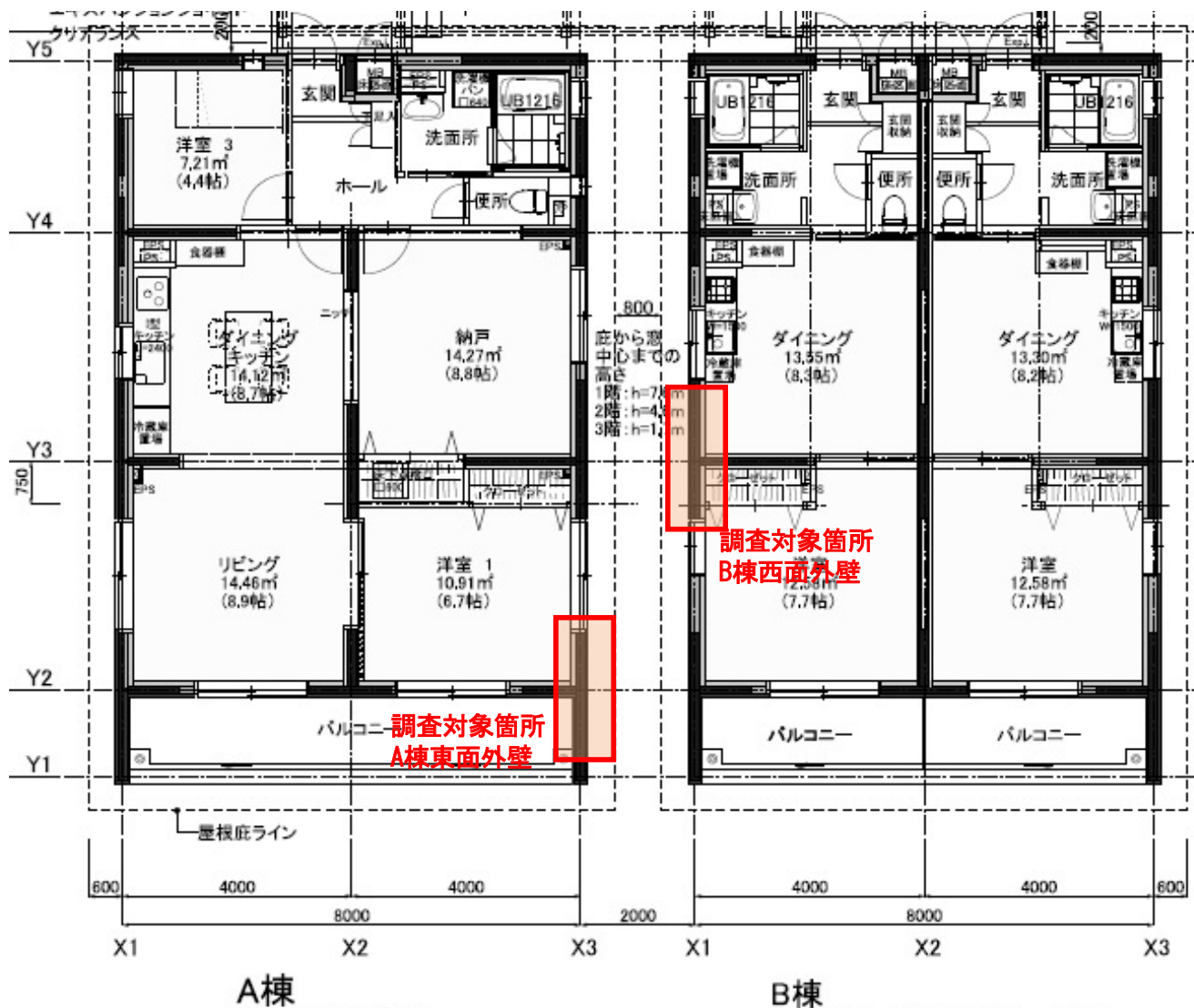
調査方法：

- 外壁仕上げ材、断熱材等を外し、構造躯体の壁CLTが基礎と接する部分の状態を目視で確認
- 壁CLTと基礎とを緊結する接合部の状態を目視で確認
- 壁CLTの含水率を測定

## (二) ……直置き仕様実施事例の調査

二-23

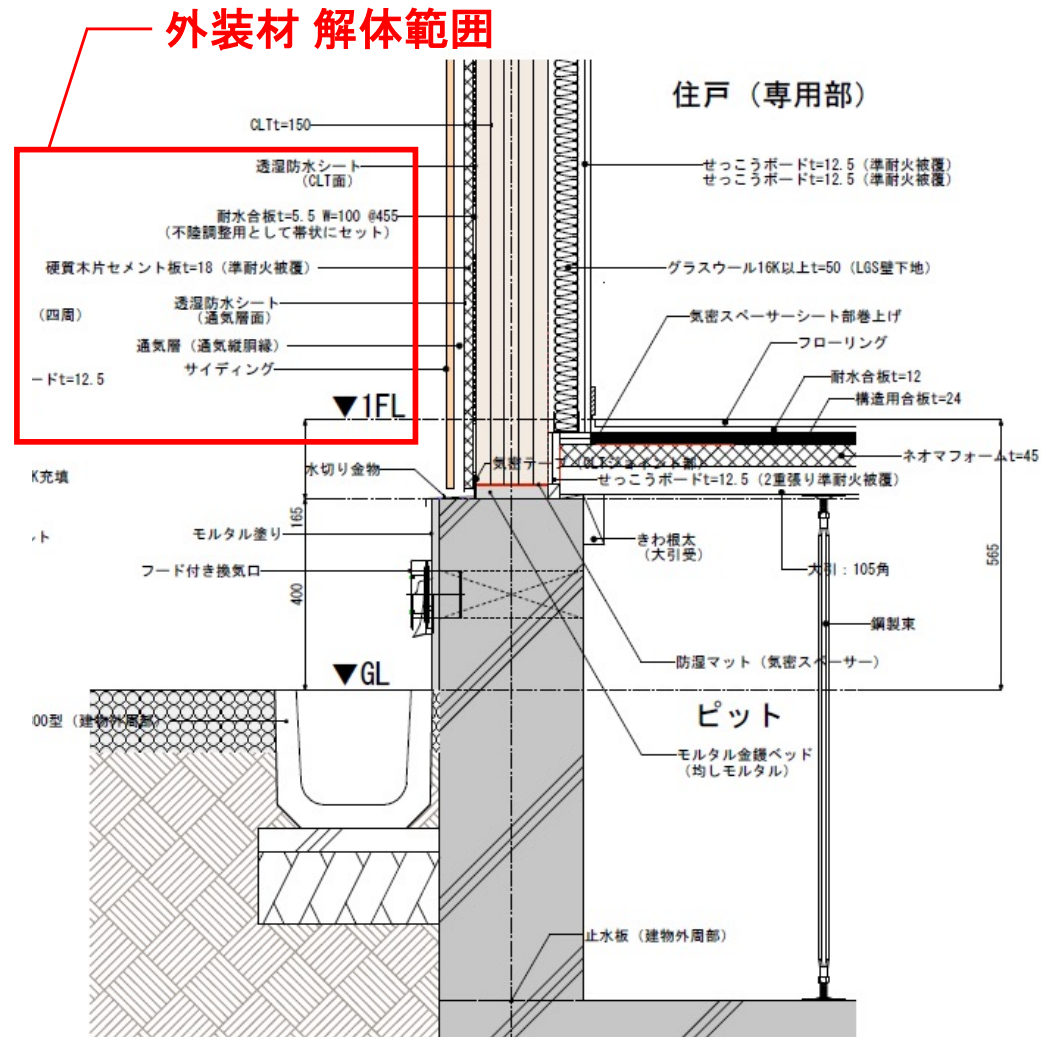
### 調査対象部分の位置



## (二) ……直置き仕様実施事例の調査

二-24

### 調査対象部分の断面図



## (二) ……直置き仕様実施事例の調査

二-25

## 2. 調査結果

## 劣化状況の目視確認

- 壁CLTパネルに劣化は見られなかった。
- 基礎天端や壁CLT表面に水分の滞留は見られなかった。
- 壁CLTパネル脚部のせん断接合部に目立った劣化は見られなかった。
- せん断金物の固定ビスに錆じみが見られた。
- 取り外して目視確認するとビス中央から先端にかけて赤錆が確認できた。CLT内部の水分や施工時の切削抵抗によるメッキの剥離などの原因が推定されるが、竣工後7年を経過した建物としては問題ないと考えられる。



(二) ……直置き仕様実施事例の調査

二-26

含水率測定

- 各計測点とも15%以下。

A棟	測定点	電気抵抗式水分計	高周波式水分計
	A-1	9.4%	11.6%
	A-2	9.9%	13.2%
	A-3	9.9%	14.4%

B棟	測定点	電気抵抗式水分計	高周波式水分計
	B-1	10.1%	14.4%
	B-2	11.1%	13.1%
	B-3	9.9%	11.0%



ご清聴ありがとうございました

令和3年度 建築基準整備促進事業（調査事項M10）成果報告  
「CLT等を利用した住宅における評価方法基準化に関する検討」

株式会社アルセッド建築研究所