

## D. 耐久性分野

## 目次

1. 総論	
1.1 木造建築物の劣化対策に関するこれまでの経緯	D-4
1.2 本報告で対象とする研究課題	D-4
1.3 実施体制	D-5
2. 水分による建物外皮の劣化に関する技術資料	
2.1 開口部の各種防水納まりに対する動風圧撒水試験	D-6
2.1.1 試験概要	D-6
2.1.2 試験結果	D-16
2.1.3 考察	D-24
2.2 バルコニー手すり壁に対する送風撒水試験	D-26
2.2.1 試験概要	D-26
2.2.2 試験結果および考察	D-30
2.3 中間階に給気口および排気口を設置した外壁通気構法に対する送風撒水試験	D-37
2.3.1 試験概要	D-37
2.3.2 試験結果	D-41
2.4 中層建築物を想定した外壁通気構法の仕様に関する実験	D-45
2.4.1 試験概要	D-45
2.5 6階建て木造建築棟による外壁通気層の環境に関する実大暴露実験	D-54
2.5.1 実施目的	D-54
2.5.2 対象建物の概要	D-54
2.5.3 測定方法	D-56
2.5.4 実験結果とその考察	D-58
2.5.5 まとめ	D-63
2.6 防耐火被覆に使用する強化石膏ボードの耐水性試験	D-64
2.6.1 目的および試験概要	D-64
2.6.2 試験結果	D-65
2.6.3 まとめ	D-66
2.7 CLT床へのコンクリート打設による水分の影響に関する実験	D-67
2.7.1 実験概要	D-67
2.7.2 実験結果とその考察	D-71
2.7.3 まとめ	D-73
3. 中層木質混構造建築物の維持管理計画の立案に資する技術資料	
3.1 はじめに	D-74
3.1.1 取りまとめ方針	D-75
3.2 中・大規模木造建築物の劣化および変状の事例調査	D-76
3.2.1 中・大規模木造建築物の事例調査の概要	D-76
3.2.2 各建物種類の劣化および変状事例の調査結果と考察	D-81



## D.耐久性分野

3.2.3 事例からの木造建築物の屋外現し部の劣化評価例	D-83
3.2.4 まとめ	D-86
3.3 供用期間の設定	D-88
3.3.1 供用期間の設定方法	D-88
3.3.2 供用期間と仕様の規定	D-89
3.3.3 長期使用構造等とするための措置および維持保全の方法の基準の概要	D-91
3.3.4 供用期間の設定のまとめ	D-92
3.4 維持管理計画の立案	D-93
3.4.1 維持管理計画の立案にあたっての流れ	D-93
3.4.2 修繕・改修内容・サイクルの調査	D-94
3.4.3 維持管理計画の作成例	D-98
3.4.4 定期点検と実施体制	D-107
3.5 まとめと今後の課題	D-111
3.5.1 まとめ	D-111
3.5.2 今後の課題	D-111
4. 中層木造および木質混構造建築物に対する配慮事項	
4.1 取りまとめ方針	D-112
4.2 配慮事項	D-113
4.2.1 CLT床へのコンクリート打設による水分の影響	D-113
4.2.2 材料の体積変化① 混構造建築物（異種構造材料間）	D-115
4.2.3 材料の体積変化② 中層木造建築物（木材）	D-119
4.2.4 風圧による破損、浸水① 窯業系サイディング	D-122
4.2.5 風圧による破損、浸水② 窓用サッシ	D-125
4.2.6 風圧による破損、浸水③ 外壁通気構法の給排気口	D-129
4.2.7 風圧による破損、浸水④ 外壁通気構法の雨水浸入量	D-134
4.2.8 陸屋根の仕様	D-139
4.2.9 熱橋および漏気対策の不備による結露	D-141
5. 総括	
5.1 総括	D-147
5.2 今後の課題	D-148
【参考資料】	
i. 事例シート	D-150
ii. 既往の研究および本報告書の実験結果から導き出される推奨仕様および配慮事項	D-195

### 1. 総論

#### 1.1 木造建築物の劣化対策に関するこれまでの経緯

現在の木造建築物の劣化対策に関しては、建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術の開発」（1980年度～1984年度）によりその基本的な考え方が示され、その後の研究成果を取り込みつつ、木造建築物の耐久性確保のための各種制度に反映されている。

木造建築物に対する劣化対策は、生物劣化（腐朽および蟻害）に主眼が置かれており、各段階に応じて以下のように分類される。

- ① 構造躯体への水分の浸入防止
- ② 水分が構造躯体および下地材に浸入した場合の浸入水の早期の排出および乾燥
- ③ 劣化しにくい材料（防腐／防蟻処理材、耐久性の高い樹種の芯材、等）の使用
- ④ 維持管理計画（定期点検、予防保全、等）の策定と実施

上記の劣化対策の分類のうち、①は木造建築物にとっては最も基本的かつ不可欠な劣化対策であり、例えば、外壁ではサイディング、透湿防水シート、各種のシーリング材等を、屋根では屋根材（瓦、スレート等）、防水シート等を、それぞれ適切に設置・施工して雨水の浸入および滞留を防いでおり、設計・施工指針や製品マニュアル等で標準的な設計および施工方法や納まりの詳細が解説されている。

②および③は、建物のより長期の供用を可能とするために推奨される対策であり、例えば、住宅性能表示制度における「日本住宅性能表示基準（平成13年国土交通省告示第1346号）」の劣化対策等級の等級3で規定されている、外壁の通気層を設けた構造、有効な小屋裏換気口の設置、高耐久な樹種の選定、および有効な防腐・防蟻処理などの対策などがこれにあたる。

④は、建物の設計・建設時の対策に加えて、供用時における対策を示すものであり、「長期使用構造等とするための措置及び維持保全の方法の基準（平成21年国土交通省告示第209号）」においては、上記のような劣化対策に加えて床下及び小屋裏への点検口の設置や床下空間の確保、および維持保全計画の策定などを求めている。

また、一般的な木造住宅に関する劣化対策以外にも、新しい木質系材料を用いた工法として近年適用事例が増えつつあるCLTパネル工法に関して、「CLTパネル工法を用いた建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を定める等の件（平成28年国土交通省告示第611号）」において、防腐および防蟻措置等に関する規定が示されている。

#### 1.2 本報告で対象とする研究課題

木材および木質系材料を用いた建築物の長期的な供用を想定すると、各種の劣化要因に対応した耐久設計、および建設後に継続して良好な状態を維持するための維持管理計画の立案が必要となる。しかし、今後の普及促進が期待される、4階～6階建ての中層木造建築物およびRC造、S造との混構造による木質混構造建築物（以下、中層木質混構造建築物）の建築実績が少ないこともあり、中層木質混構造建築物の耐久設計における配慮事項や推奨仕様、維持管理計画の立案に必要な技術情報は十分に整備されるには至っていない。本報告書では、中層木質混構造建築物の耐久設計における配慮事項、建物外皮からの雨水浸入および結露等による劣化を防ぐための推奨仕様、および維持管理計画の立案に関する技術情報の収集・整理を行う。

## D.耐久性分野

### 1.3 実施体制

本報告書は、国土交通省総合技術開発プロジェクト「新しい木質材料を活用した混構造建築物の設計・施工技術の開発」（平成29年度～令和3年度）の中で設置された耐久性分科会で検討された内容を取りまとめたものである。耐久性分科会の委員構成（令和3年度版、敬称略、役職は当時）を示す。

#### 委員長

奥石 直幸 早稲田大学 理工学術院創造理工学部 教授

#### 委員

安福 勝 近畿大学 建築学部建築学科 准教授

飯島 敏夫 (公財) 日本住宅木材技術センター 理事

石川 廣三 東海大学 名誉教授

上坂 晃一 (一社) 日本ツーバイフォー建築協会 建物品質管理委員会 主査

梅田 泰成 (一社) 日本木造住宅産業協会

古賀 純子 芝浦工業大学 建築学部建築学科 教授

齋藤 宏昭 足利大学 工学部創生工学科建築・土木分野 教授

坂部 芳平 (一社) 日本CLT協会 開発技術部長

槌本 敬大 (国研) 建築研究所 材料研究グループ 上席研究員

中島 史郎 宇都宮大学 地域デザイン科学部都市デザイン学科 教授

松岡 大介 ものづくり大学 技能工芸学部建設学科 准教授

宮内 博之 (国研) 建築研究所 材料研究グループ 主任研究員

山崎 肇 (一社) 日本防水材料協会 技術委員

#### 幹事・研究担当者

三島 直生 国土技術政策総合研究所 建築研究部材料・部材基準研究室 室長

宮村 雅史 国土技術政策総合研究所 建築研究部構造基準研究室 研究官

脇山 善夫 国土技術政策総合研究所 住宅研究部住宅生産研究室 室長

秋山 信彦 国土技術政策総合研究所 建築研究部評価システム研究室 主任研究官

阿部 一臣 国土技術政策総合研究所 建築研究部基準認証システム研究室 室長

犬飼 瑞郎 国土技術政策総合研究所 建築研究部 建築新技術統括研究官

2. 水分による建物外皮等の劣化に関する技術資料

2.1 開口部の各種防水納まりに対する動風圧撒水試験

2.1.1 試験概要

(1) 試験目的

本試験は、中層木造建築物の開口部まわりからの防水性を確保するため、戸建て住宅に使用されている一般的な防水納まりよりも防水性が高いと思われる防水納まりの仕様を含めて試験体とし、動風圧撒水試験にて、防水性を確認するものである。なお、外壁に外装材およびシーリングを施した場合は、劣化および欠陥部分がないため、通気層内への雨水浸入が無くなり、各防水納まりの防水性能を相対的に比較し検証することが困難となる。従って、今回は外装を省略して、直接、透湿防水シートへ動風圧および撒水する方法を採用した。

(2) 試験体の概要

試験体は、開口部を有する中層木造建築物による75分準耐火構造の外壁を想定したものであり、構造躯体となる枠組材に厚さ9mmの構造用合板を張り、その外側に国交省告示第861号に適合する厚さ21mmの強化石膏ボードを2枚張り付けて防耐火被覆を施し、サッシおよび透湿防水シートなどを施している。

本試験は、開口部まわりの防水仕様の違いにより2体の試験体(①及び②)を用意した。これら試験体は、それぞれ8つの開口部(サッシ)が設置されており、開口部まわりの防水仕様が異なっている。

なお、試験体にはサイディング等の外装材は施工していない。試験体の仕様を表2.1.1~3、図2.1.1~9、並びに写真2.1.1~4に示す。

(3) 各試験体の特徴

各試験体の特徴を以下に示す。

試験体①

A1：アルミサッシを用い、先張り防水シートおよびサッシフィンのシーラー部の裏面に防水処理を施していない試験体

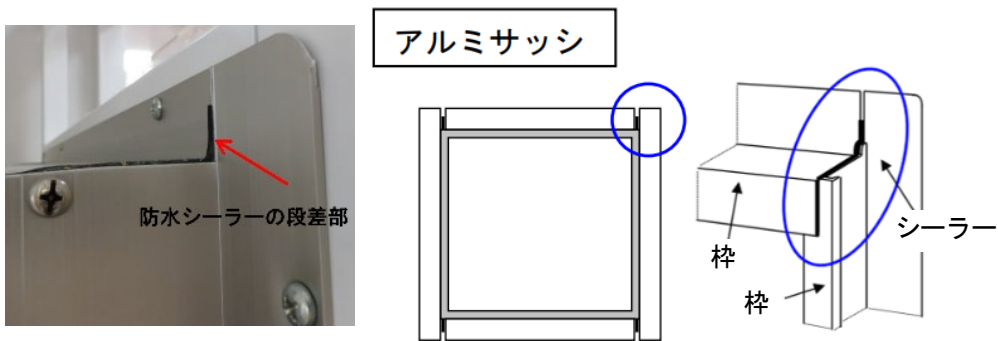


図2.1.1 アルミサッシフィン相互間のシーラー

## D.耐久性分野

A 2 : A 1 の仕様に対してサッシフィン裏面にテープ処理を施し、その効果を検証するための試験体

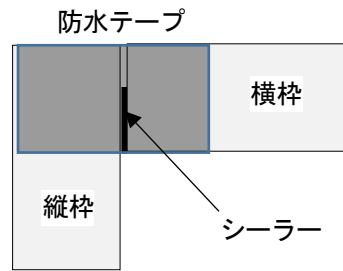


図2.1.2 サッシ裏面のテープ処理

B 1 : サッシフィンが溶着されている樹脂サッシを用い、アルミサッシとの差を検証するための試験体

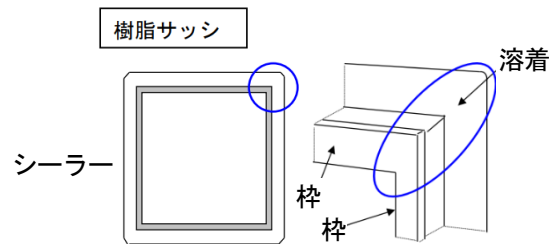


図2.1.3 樹脂サッシフィン相互間の溶着

B 2 : B 1 の仕様に対して、窓台への先張り防水シートを施し、その効果を検証するための試験体

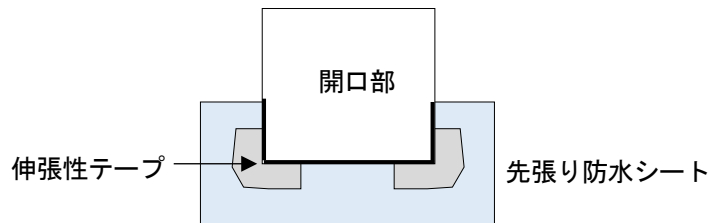


図2.1.4 先張り防水シートによる構法

C 1 : 透湿防水シートの重ね部にステープルを用いなくて、片面防水テープを施して、下地面への防水性能の向上に関する検証をするための試験体

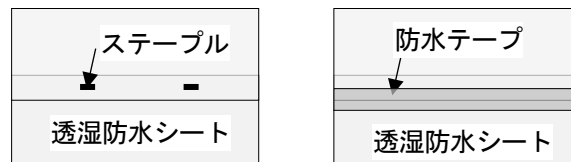


図2.1.5 透湿防水シート重ね部の留め付け方法

C 2 : C 1 の仕様に対して、窓台への先張り防水シートを施し、その効果を検証するための試験体

## D.耐久性分野

D 1 : 図2.1.6に示す通り、サッシを取り付ける前に透湿防水シートおよび水切り防水シートなどを先に張り、その後にサッシを取り付け、サッシフィンを片面防水テープ等で貼り付ける仕様。サッシフィン裏面と透湿防水シートや下地材との間にシーリングを施し、その効果を検証するための試験体。透湿防水シートの施工手順を図-2.1.6に示す。

D 2 : D 1 に対してシーリングを施さず、その影響を検証するための試験体

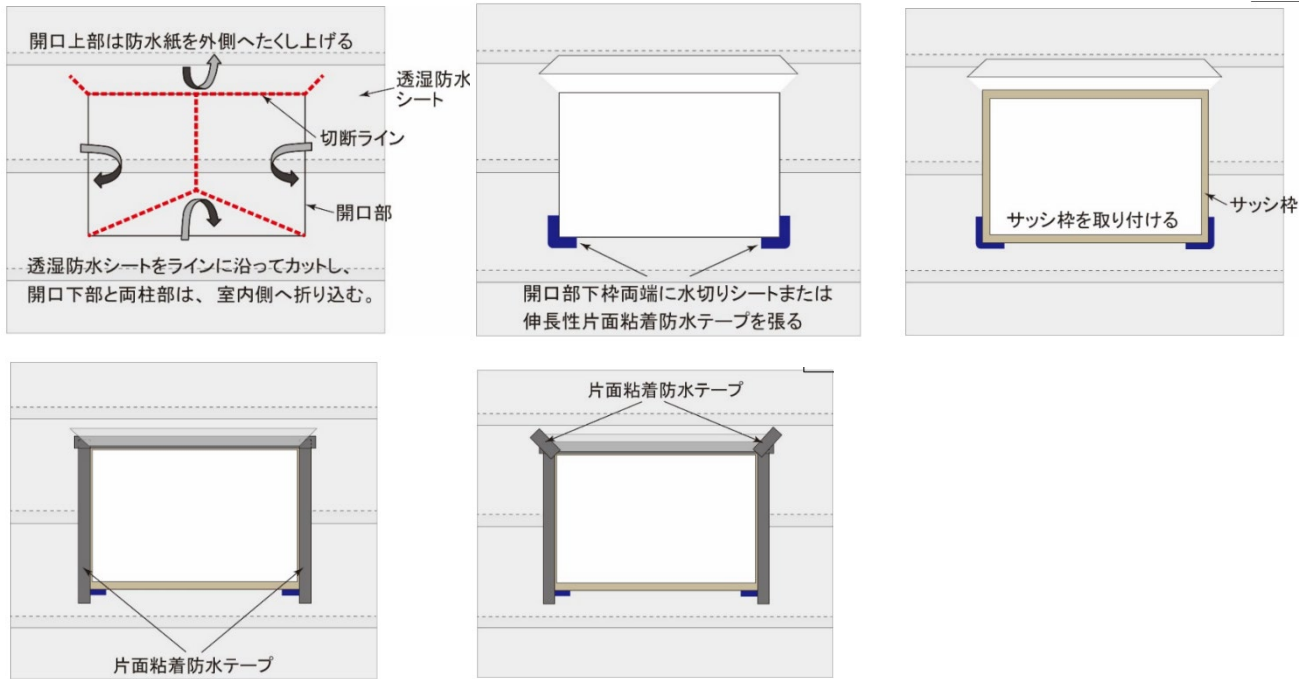


図 2.1.6 透湿防水シート先張り工法の施工手順

試験体①の概要を表 2.1.1 に示す。

表 2.1.1 開口部周りの防水仕様（試験体①）

開口部記号	窓台先張り処理	サッシの種類	サッシシーラー部テープ処理	サッシフィン裏面処理	透湿防水シート	サッシフィン表面処理
A1	なし	アルミサッシ (半外付け)	テープなし	なし	サッシ先付けシート後張り	アクリル防水テープ(4周)
B1	なし	樹脂サッシ (半外付け)	—	なし	サッシ先付けシート後張り	アクリル防水テープ(4周)
C1	なし	樹脂サッシ (半外付け)	—	なし	サッシ先付けシート後張り ステーブル留付け無し 重ね部のテープ貼り	アクリル防水テープ(4周)
D1	先張りシート+伸張性テープ	樹脂サッシ (半外付け)	—	シーリング	シート先張り サッシ後付け	アクリル防水テープ(3周)
A2	なし	アルミサッシ (半外付け)	サッシシーラー部テープ処理	なし	サッシ先付けシート後張り	アクリル防水テープ(4周)
B2	先張りシート+伸張性テープ	樹脂サッシ (半外付け)	—	なし	サッシ先付けシート後張り	アクリル防水テープ(3周)
C2	先張りシート+伸張性テープ	樹脂サッシ (半外付け)	—	なし	サッシ先付けシート後張り ステーブル留付け無し 重ね部のテープ貼り	アクリル防水テープ(3周)
D2	先張りシート+伸張性テープ	樹脂サッシ (半外付け)	—	なし	シート先張り サッシ後付け	アクリル防水テープ(3周)

## D.耐久性分野

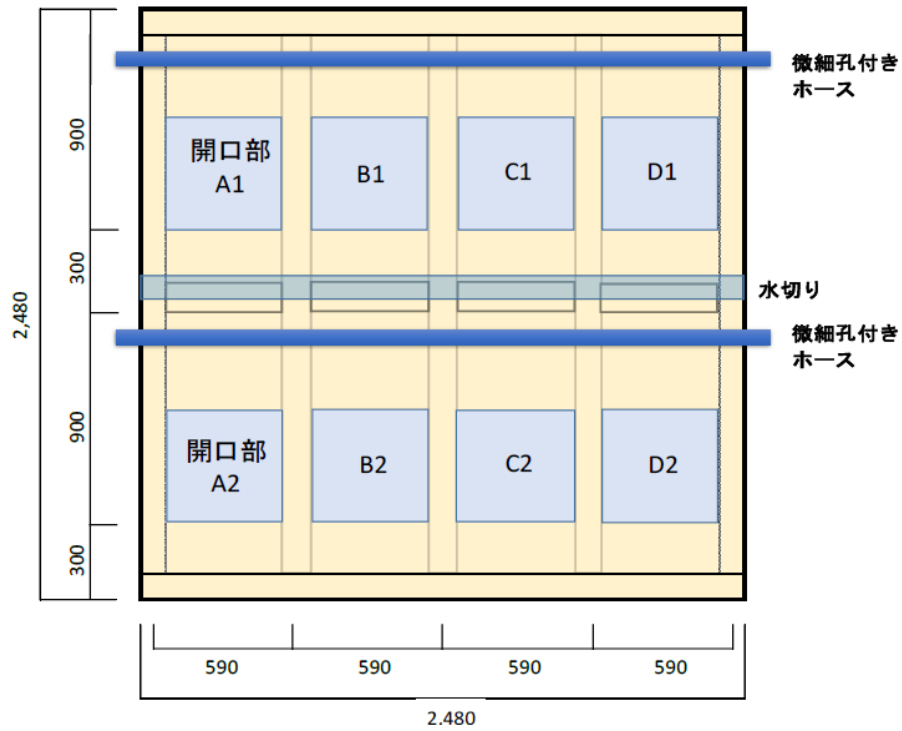


図 2.1.7 試験体① (屋外側)



写真2.1.1 試験体① (屋外側)

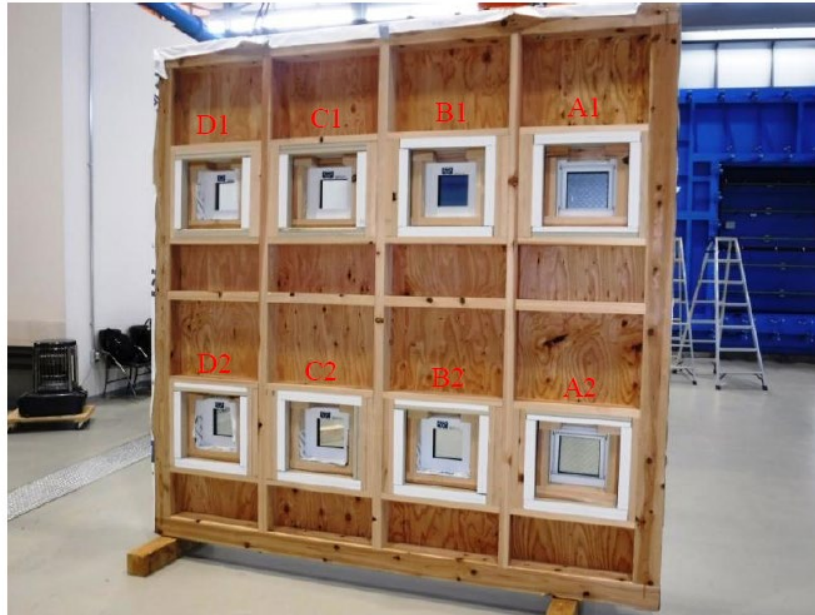


写真 2.1.2 試験体①（屋内側）

試験体②

E 1 : アルミサッシによる一般的な半外付け用サッシを室内側から室内側へ留め付け、防水性能の向上とサッシの交換の容易性を向上させることを目的とした仕様の防水効果を検証するための試験体である。透湿防水シートとサッシの間は、透湿性防水塗料および水切りを用いている。

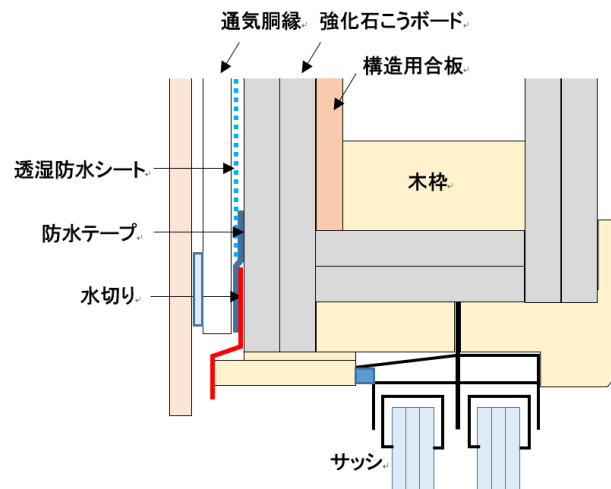


図 2.1.8 半外付けサッシを室内側に取付けたサッシの納まりの試験体（試験体には内外装材はない）

E 2 : E 1 に対して窓台に伸張性テープを施し、その効果を検証するための試験体

F 1 : 窓台に先張りシートを施し、下地に透明板を用いて、漏水状況を観察するための試験体

F 2 : F 1 に対してサッシシーラー部の裏面に防水テープを施し、その効果を観察するための試験体

G 1 : アルミサッシのシーラー部に防水テープを施し、その効果を検証するための試験体

G 2 : G 1 と同じ仕様として、上下の影響を検証するための試験体

H 1 : 樹脂サッシを用いて、通気層室内側表面に透湿性塗料を施し、防水効果を検証するための試験体

H 2 : H 1 に対して窓枠も含めて透湿性塗料を施し、防水効果を検証するための試験体



## D.耐久性分野

透湿防水シートと透湿性塗料の特長と相対比較を以下に示す。

表 2.1.2 透湿防水シートと透湿防水塗料の特徴と相対比較

透湿防水シート	透湿性塗料
シートの捲れによる通気量の減少	塗料であるため、捲れない
釘孔からの雨水浸入	塗料であるため、釘を使用する必要がない
シートの重ね部の隙間などからの雨水浸入	塗料であるため、重ね部が生じない
サッシまわりの凹凸(サッシフィン、シーラー部、留め付けビス、先張り防水シート・透湿防水シート・防水テープの重なり)により水みちが発生し漏水するリスクが生じる。	塗料であるため、下地の形状に追従するため、隙間が生じにくい
JIS マーク品および同等以上の性能が確認されたものがほとんどなく、早期に劣化している事例が散見されている	国内の使用実績がほとんどなく、耐久性に関する資料も少ない

### 透湿防水塗料による施工手順

- 1) 下地処理：ブラシ、ローラー、エアースプレー等により小さな凹み等を透湿防水塗料で埋めて平滑にする。
- 2) 出隅・入隅・継目・端部等の処理：透湿防水塗料を塗った後、メッシュテープを貼り付け、さらに透湿防水塗料を上から塗り重ねる。
- 3) 全体塗り：厚さが均一となるように、外壁全体を縦横一定の方向で塗りつける。合板等の多孔質な下地の場合は、複数回塗り重ねる。
- 4) 乾燥：十分に乾燥させる。

表 2.1.3 開口部周りの防水仕様（試験体②）

開口部記号	窓台先張り処理	サッシの種別	サッシシーラー部処理	透湿防水シート	サッシフィン表面処理	その他
E1	なし	アルミサッシ (半外付け) 室内側から留め付け	テープあり	サッシとシートは連続していない	アクリル防水テープ(4周)	半外付けサッシを内付け 水切りあり
F1	先張りシート+伸張性テープ	アルミサッシ (半外付け)	テープなし	サッシ先付けシート後張り	アクリル防水テープ(3周)	下地に透明板
G1	なし	アルミサッシ (半外付け)	サッシフィン裏面にテープ処理	サッシ先付けシート後張り	アクリル防水テープ(3周)	—
H1	なし	樹脂サッシ (半外付け)	—	なし	専用メッシュテープ	屋外面のみ塗装
E2	伸張性テープ	アルミサッシ (半外付け) 室内側から留め付け	テープ有り	サッシとシートは連続していない	アクリル防水テープ(4周)	半外付けサッシを内付け 水切り有り
F2	先張りシート+伸張性テープ	アルミサッシ (半外付け)	サッシフィン裏面にテープ処理	サッシ先付けシート後張り	アクリル防水テープ(3周)	下地に透明板
G2	なし	アルミサッシ (半外付け)	サッシフィン裏面にテープ処理	サッシ先付けシート後張り	アクリル防水テープ(3周)	—
H2	なし	樹脂サッシ (半外付け)	—	なし	専用メッシュテープ	屋外+窓枠 全体塗装

D.耐久性分野

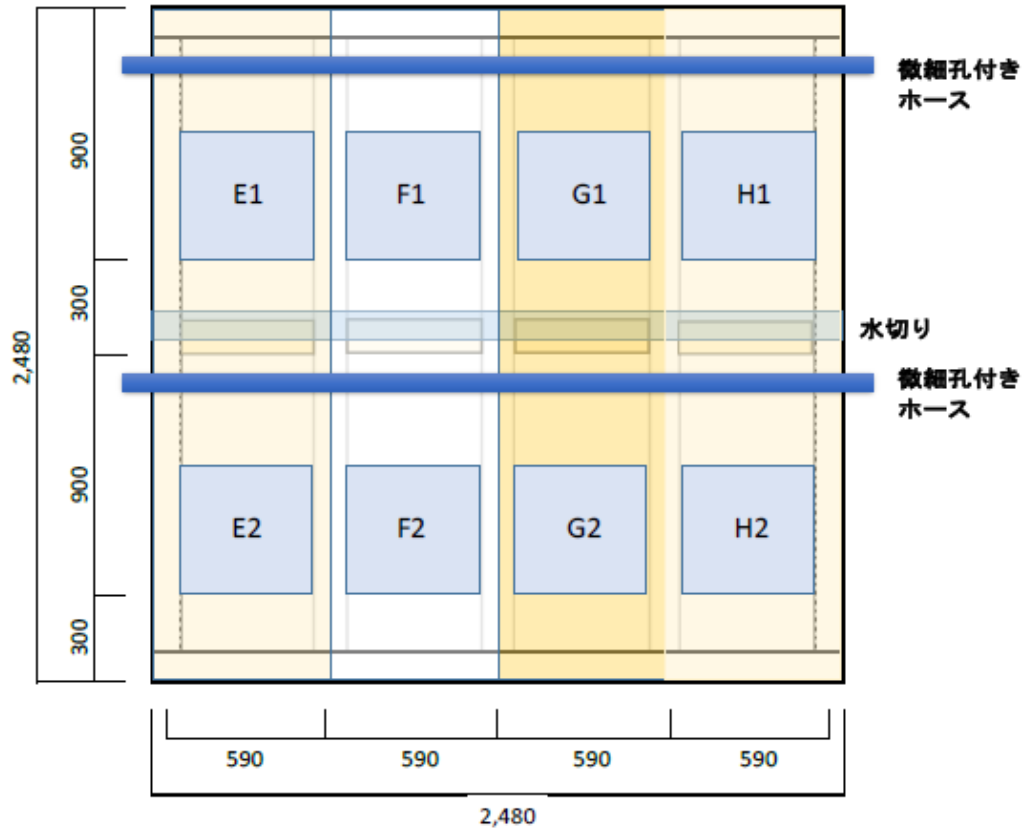


図 2.1.9 試験体② (屋外側)



写真 2.1.3 試験体② (屋外側)

## D.耐久性分野

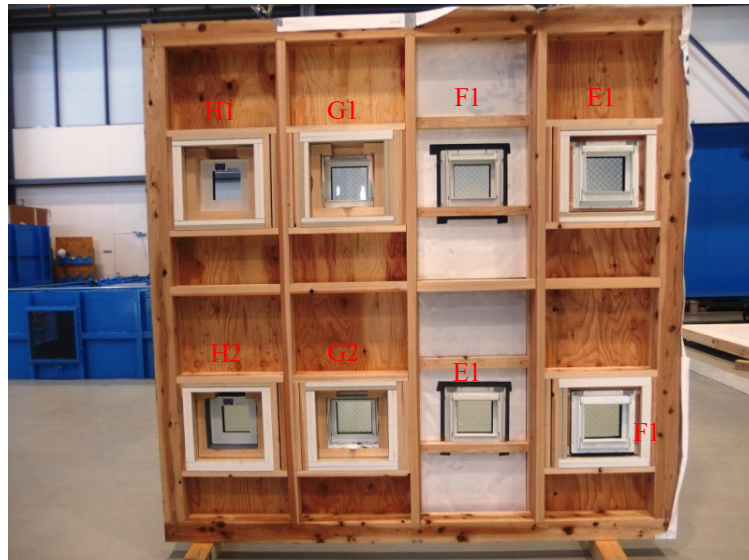
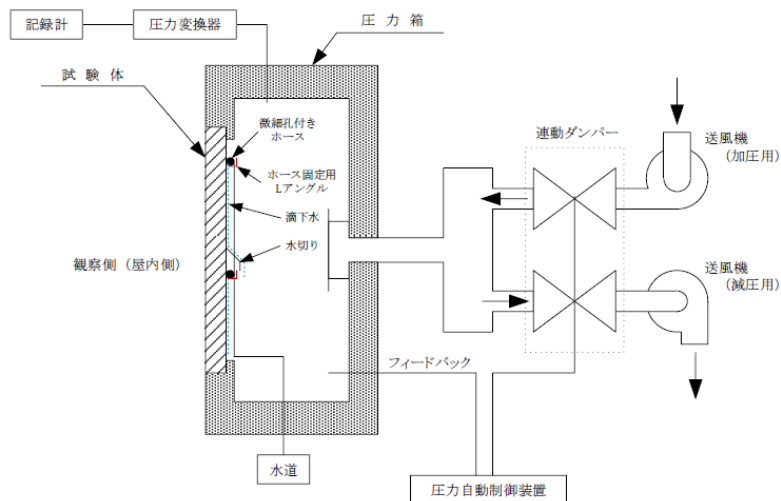


写真2.1.4 試験体②（屋内側）

### (4) 試験方法

試験は、図2.1.10に示す動風圧試験装置を使用し、JIS A 1517（建具の水密性試験方法）に準じて行った。ただし、水噴霧は、動風圧試験装置の散水ノズルを使用せず、微細孔付きホース2本を屋外側壁面に水平に這わせ、そこから水を滴下して行った。なお、JIS A 1517では、水噴霧量を $4\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ としており、本試験体の面積は $6.15\text{m}^2$ であるので、 $24.6\text{L}/\text{min}$ となるが、本試験は通気層内の漏水を想定しているため、滴下量をホース1本あたり $2.5\text{L}/\text{min}$ （試験体全体では $5\text{L}/\text{min}$ ）とした。（写真2.1.5～6参照）

加圧プロセスはJIS A 4706（サッシ）9.5水密性試験の等級（W-1～W-5）を用いた。図2.1.11に加圧プロセスを示す。



仕様	最大圧力 : $10500\text{ Pa}$ 脈動最大振幅 : $750\text{ Pa}$ 脈動周期 : $2\text{ sec}$ 滴下水量 : $2.5\text{L}/\text{min}$ （微細孔付きホース1本あたり）
装置及び試験方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>動風圧試験装置は、圧力箱、送風機、圧力調節器、圧力測定器などから構成されている。本装置は、試験体を圧力箱に取り付け、送風機によって発生させた風圧を、自動制御で試験体に加える。</li> <li>水密性試験は、圧力の載荷と同時に微細孔付きホースから水を滴下し、試験体の観察側（屋内側）への漏水状況を観察した。</li> <li>圧力は圧力箱側からの加圧を正圧、観察面側からの加圧（圧力箱内を減圧）を負圧とした。</li> </ul>

図 2.1.10 動風圧試験装置

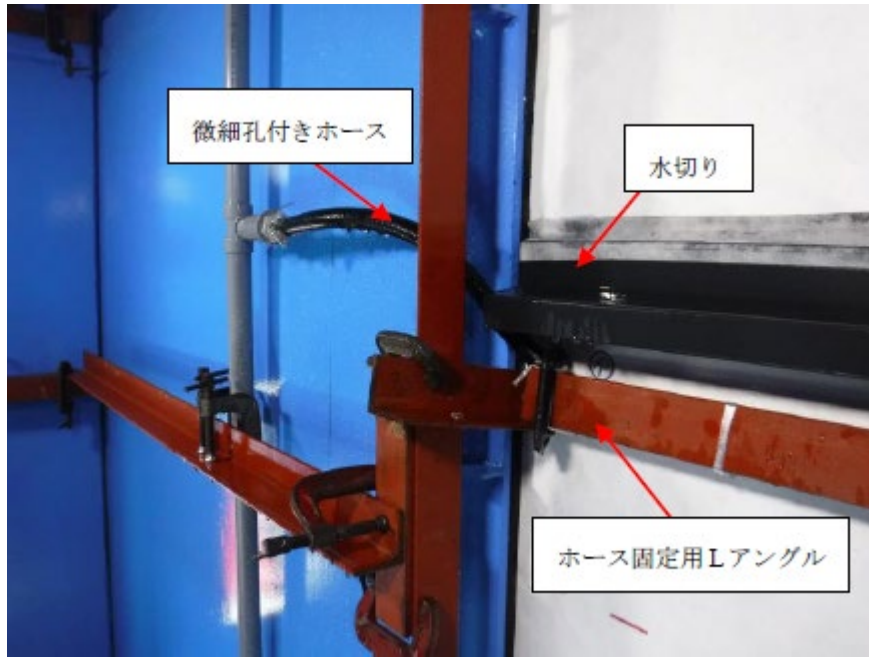


写真 2.1.5 微細孔付きホースの設置状況 (試験体①)

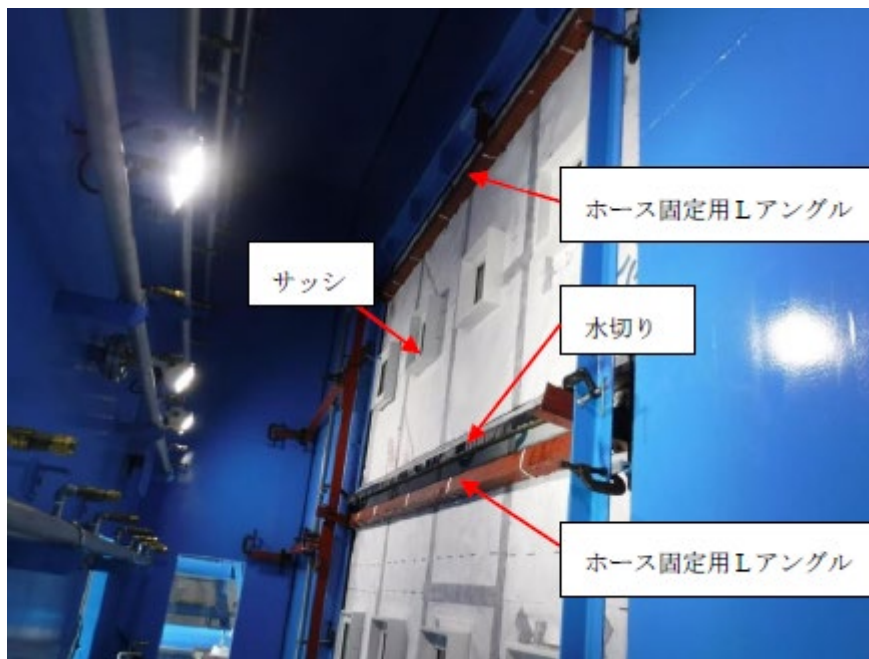


写真 2.1.6 微細孔付きホースの設置状況 (試験体①)

## D.耐久性分野

### ① 加圧・水噴霧方法

加圧および水噴霧の方法は、図-2.1.11 及び以下に示す通りとした。

- 1) 予備加圧 脈動加圧に先立ち、上限値に等しい静圧を1分間加え、昇圧速度は、1秒当たり100Pa程度とした。
- 2) 水噴霧量は、試験体全面に微細孔付きホース2本にて毎分5L/m<sup>2</sup>の水量を均一に噴霧した。
- 3) 加圧を行う手順は、以下の通りとした。
  - ①水噴霧が必要量に達してから加圧準備時間内（30秒以内）に加圧を開始
  - ②中央値Pまで加圧し、昇圧速度は、1秒当たり20Pa程度とした。
  - ③昇圧した後、脈動を開始し、図2.1.11に規定する脈動圧を設定し、速やかに安定させた。
  - ④規定の脈動圧に達した後、10分間継続し、試験体の漏水状況を目視によって観察・記録した。

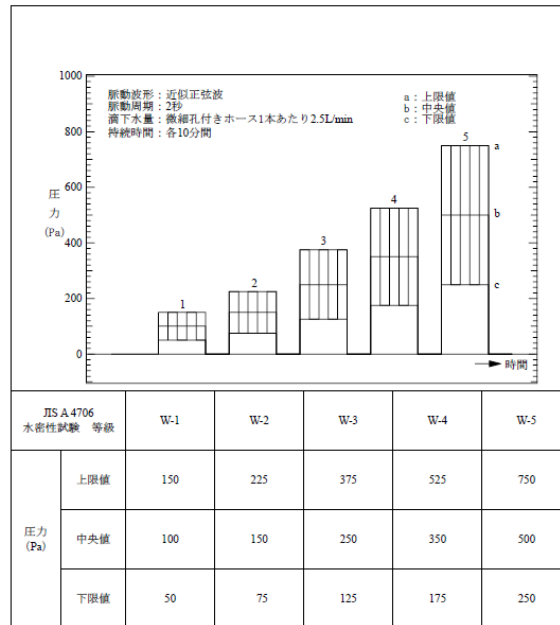


図 2.1.11 水密性試験加圧プロセス（試験体①及び②共通）

### ② JIS による水密性の等級区分

本実験では、JIS A1517（建具の水密性試験方法）に準拠して実験を実施し、その結果により W-1～W-5 の等級に区分した。参考としてサッシの必要等級の目安を図2.1.12 に示す。

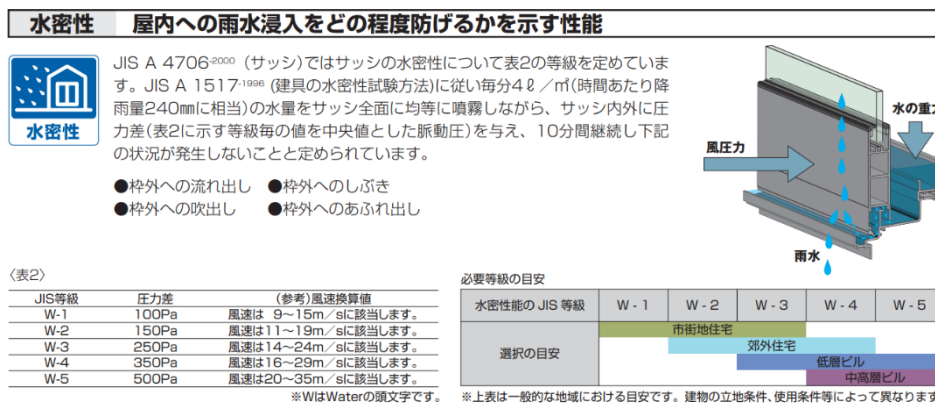


図 2.1.12 サッシの水密性による JIS 等級の区分 出典：（一社）日本サッシ協会

## D.耐久性分野

### 2.1.2 試験結果

#### (1) 水密性

試験体①、②の試験結果を以下に示す。

表2.1.4 水密性試験結果（試験体①）

等級 (中央値)	開口部A1	開口部B1	開口部C1	開口部D1	開口部A2	開口部B2	開口部C2	開口部D2
W-1 (100Pa)	漏水なし	漏水なし	漏水なし	漏水なし	漏水なし	漏水なし	漏水なし	漏水なし
W-2 (150Pa)	漏水なし	漏水なし	漏水なし	漏水なし	サッシ上枠と 木との間から 流れ出し	漏水なし	漏水なし	漏水なし
W-3 (250Pa)	・サッシ上枠 と木との間か ら流れだし ・石膏ボード から流れ出し	漏水なし	漏水なし	漏水なし	同上の 漏水拡大	漏水なし	漏水なし	漏水なし
W-4 (350Pa)	同上の 漏水拡大	漏水なし	漏水なし	漏水なし	同上の 漏水拡大	サッシ下枠と シートの間か ら流れ出し	サッシ下枠と シートの間か ら流れ出し	サッシ下枠と シートの間か ら流れ出し
W-5 (500Pa)	同上の 漏水拡大	漏水なし	漏水なし	漏水なし	同上の 漏水拡大	同上の 漏水拡大	同上の 漏水拡大	・同上の漏水 拡大 ・新たにサッ シ下枠とシー トの間から流 れ出し

#### 試験による等級区分

W-5：開口部B1（サッシフィンが溶着されている樹脂サッシ）

開口部C1（樹脂サッシを用い、透湿防水シートの重ね部に片面防水テープを施したもの）

開口部D1（透湿防水シートおよび先張り防水シートを先に張り、その後に樹脂サッシを取り付け、サッシフィン裏面と下地材との間にシーリングを施した仕様）

W-3：開口部B1（窓台への先張り防水シートを施し、樹脂サッシを取り付けた仕様）

開口部C1（窓台への先張り防水シートを施し、樹脂サッシを取り付けた仕様）

開口部D1（透湿防水シートおよび先張り防水シートを施し、サッシを取り付けた仕様）

W-2：開口部A1（アルミサッシ用い、先張り防水シートおよびサッシフィンのシーラー部の裏面に防水処理を施していない仕様）

W-1：開口部A2（アルミサッシのフィンの裏面にテープ処理を施した仕様）

## D.耐久性分野

表 2.1.5 水密性試験結果（試験体②）

等級 (中央値)	開口部E1	開口部F1	開口部G1	開口部H1	開口部E2	開口部F2	開口部G2	開口部H2
W-1 (100Pa)	漏水なし	・サッシ下枠下部の木とアクリル板の間から流れ出し ・サッシ下枠から流れ出し ・サッシ上枠ねじ付近から流れ出し	漏水なし	漏水なし	漏水なし	サッシ下枠及びねじ付近から流れ出し	漏水なし	漏水なし
W-2 (150Pa)	石膏ボードの突合せ部から流れ出し	同上の漏水拡大	漏水なし	漏水なし	漏水なし	・同上の漏水拡大 ・ねじ付近から流れ出し	漏水なし	漏水なし
W-3 (250Pa)	同上の漏水拡大	同上の漏水拡大	漏水なし	漏水なし	漏水なし	同上の漏水拡大	サッシ下枠とシートの間から流れ出し	漏水なし
W-4 (350Pa)	同上の漏水拡大	同上の漏水拡大	サッシ上枠と木との間から流れ出し	漏水なし	漏水なし	同上の漏水拡大	・同上の漏水拡大 ・上枠と木の間から流れ出し	サッシのガラス周りから流れ出し
W-5 (500Pa)	同上の漏水拡大	同上の漏水拡大	同上の漏水拡大	サッシのガラス周りから流れ出し	漏水なし	同上の漏水拡大	同上の漏水拡大	同上の漏水拡大

試験による合格した等級区分

W-5：開口部E 2（アルミサッシの半外付けサッシを室内側から留め付け窓台に伸張性テープを施した仕様）

W-4：開口部H 1（樹脂サッシを用いて、外装表面に透湿性塗料を施した仕様）

W-3：開口部G 1（アルミサッシのシーラー部に防水テープを施した仕様）

開口部H 2（樹脂サッシを用いて、外装表面および窓枠も透湿性塗料を施した仕様）

W-2：開口部G 2（アルミサッシのシーラー部に防水テープを施した仕様）

W-1：開口部E 1（施工不良、アルミサッシによる一般的な半外付けサッシを室内側から留め付けた仕様）

全て不合格：開口部F 1（アルミサッシによる窓台に先張りシートを施し、下地に透明板を用いた仕様）

開口部F 2（アルミサッシによる窓台に先張りシート、サッシシーラー部の裏面に防水テープを施し、下地に透明板を用いた仕様）

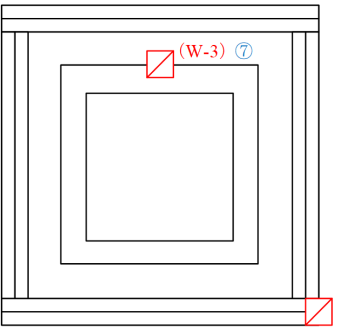




D.耐久性分野

(2) 漏水状況

各開口部の仕様と漏水状況の関係を以下に示す。

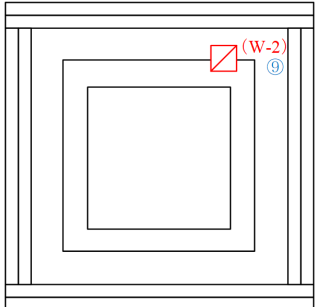

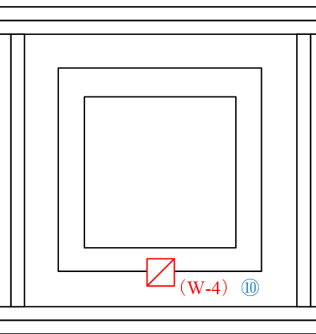

表 2.1.6 試験体①の漏水状況（その1）

仕様	漏水レベル	漏水位置	漏水状況		備考
A1	W-3 (250Pa)		 等級 W-3 サッシ上枠と木との間から流れ出し	 等級 W-4 石膏ボードからの流れ出し拡大	アルミサッシ サッシ先付け シート後張り
B1	漏水なし	—	—	—	樹脂サッシ サッシ先付け シート後張り
C1	漏水なし	—	—	—	樹脂サッシ サッシ先付け シート後張り ステープル留付け無し 重ね部のテープ貼り



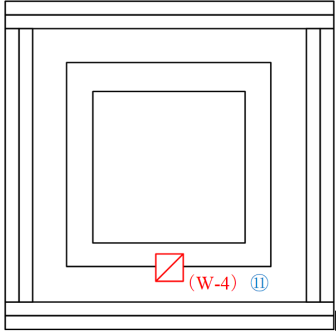

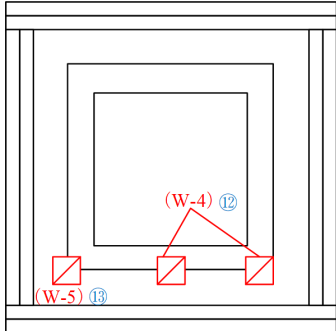


D.耐久性分野

表 2.1.6 試験体①の漏水状況（その2）

D1	漏水なし	—	—	—	<u>先張りシート</u> <u>+伸張性テープ</u> <u>樹脂サッシ</u> <u>シート先張り</u> <u>サッシ後付け</u>
A2	W-2 (150Pa)		 <p>サッシ上枠と木との間から流れ出し</p>		アルミサッシ サッシ先付け シート後張り <u>サッシシーラ一部</u> <u>テープ処理</u>
B2	W-4 (350Pa)		 <p>サッシ下枠とシートの間から流れ出し</p>		<u>先張りシート</u> <u>+伸張性テープ</u> <u>樹脂サッシ</u> サッシ先付け シート後張り

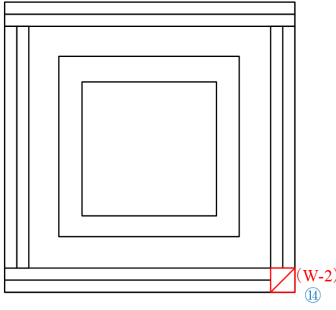

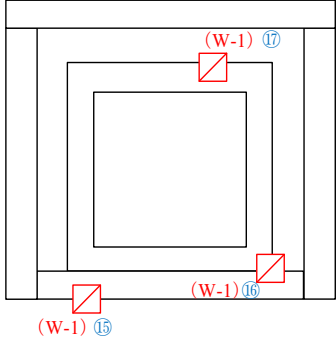


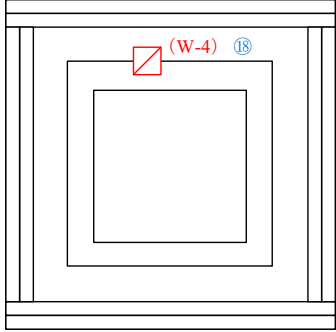

D.耐久性分野

表 2.1.6 試験体①の漏水状況（その3）

<p>C2</p>	<p>W-4 (350Pa)</p>		 <p>サッシ下枠とシートの間から流れ出し</p>		<p><u>先張りシート</u>  <u>+伸張性テープ</u>  <u>樹脂サッシ</u>          サッシ先付け          シート後張り  <u>ステーブル留付け無し</u>  <u>重ね部のテープ貼り</u></p>
<p>D2</p>	<p>W-4 (350Pa)</p>		 <p>サッシ下枠とシートの間から流れ出し</p>	 <p>新たにサッシ下枠とシートの間から流れ出し</p>	<p><u>先張りシート</u>  <u>+伸張性テープ</u>  <u>樹脂サッシ</u>  <u>シート先張り</u>  <u>サッシ後付け</u></p>

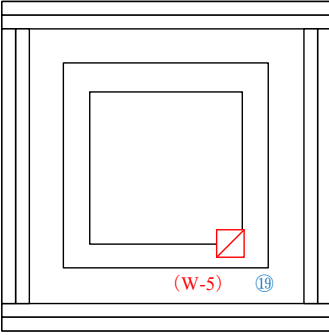

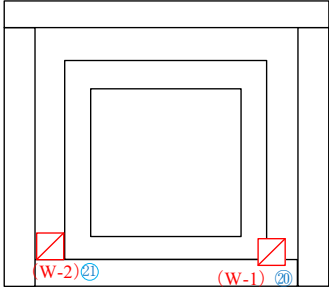


D.耐久性分野

表 2.1.7 試験体②の漏水状況（その1）

<p>E1</p>	<p>W-2 (150Pa)</p>		 <p>石膏ボードの突合せ部から流れ出し</p>		<p>施工不良 アルミサッシ (半外付け) 室内側から留め付け サッシとシートは 連続していない 水切りあり</p>
<p>F1</p>	<p>W-1 (100Pa)</p>		 <p>サッシ下枠から流れ出し</p>	 <p>サッシ上枠ねじ付近から流れ出し</p>	<p>先張りシート +伸張性テープ アルミサッシ サッシ先付け シート後張り 下地に透明板</p>
<p>G1</p>	<p>W-4 (350Pa)</p>		 <p>サッシ上枠と木の間から流れ出し</p>		<p>アルミサッシ サッシフィン裏面に テープ処理 サッシ先付け シート後張り</p>

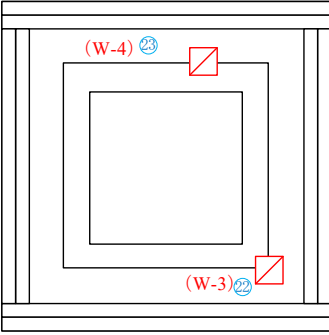


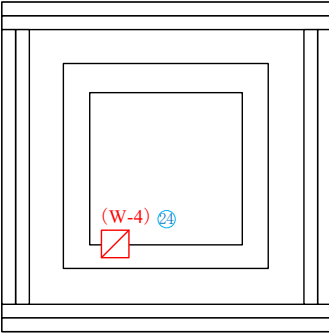

D.耐久性分野

表 2.1.7 試験体②の漏水状況（その2）

<p>H1</p>	<p>W-5 (500Pa)</p>	 <p>(W-5) ⑱</p>	 <p>サッシのガラス周りから流れ出し</p>		<p>樹脂サッシ 専用メッシュテープ 屋外面のみ塗装</p>
<p>E2</p>	<p>漏水なし</p>	<p>—</p>	<p>—</p>		<p>伸張性テープ アルミサッシ 半外付け 室内側から留め付け サッシとシートは 連続していない</p>
<p>F2</p>	<p>W-1 (100Pa)</p>	 <p>(W-2) ㉑ (W-1) ㉒</p>	 <p>サッシ下枠及びねじ付近から流れ出し</p>	 <p>ねじ付近から流れ出し</p>	<p>先張りシート +伸張性テープ アルミサッシ サッシフィン裏面にテ ープ処理 サッシ先付け シート後張り 下地に透明板</p>

D.耐久性分野

表 2.1.7 試験体②の漏水状況（その3）

<p>G2</p>	<p>W-3 (250Pa)</p>		 <p>等級 W-3 サッシ下枠とシートの間から流れ出し</p>	 <p>等級 W-4 サッシ上枠と木の間から流れ出し</p>	<p>アルミサッシ サッシフィン裏面に テープ処理 サッシ先付け シート後張り</p>
<p>H2</p>	<p>W-4 (350Pa)</p>		 <p>サッシのガラス周 りから流れ出し</p>		<p>樹脂サッシ 専用メッシュテープ 屋外+窓枠 全体塗装</p>

## D.耐久性分野

### 2.1.3 考察

75分準耐火構造の外壁を対象として、各種の納まりによる防水性能を動風圧撒水試験で確認した結果、防水上において以下のことが考察される。

- (1) サッシを先に取り付けた後、サッシフィンに防水テープを貼り、その外側から透湿防水シートを張り付ける方法を「一般仕様」と仮定すると、W-5 (500Pa) を合格した「一般仕様」(B1、C1、D1) は、全て樹脂サッシを採用した仕様であった。アルミサッシ(写真2.1.7)は、縦フィンと横フィンとの間の隙間に部分的なシーラーが施され、隙間や凹凸があるため、水みちとなりやすいことが影響したものと考えられる。一方、樹脂サッシは縦フィンと横フィンの相互間は溶着されているため隙間がなく、水みちが発生しにくいことが最高等級に繋がったものと考えられる。
- (2) アルミサッシのシーラー部分からの雨水浸入を防止するため、サッシフィンの裏面に防水テープを施した仕様は、防水の著しい効果(A2:W-1、G1:W-3、G2:W-2)はなかった。サッシフィンの裏面と下地材の間にテープの厚さ分の隙間が発生することが影響したものと考えられる。



写真 2.1.7 アルミサッシのシーラーによる段差

- (3) 窓台に先張り防水シートを施した後、窓台と間柱の隅角部に伸張性テープを施した仕様は、サッシ下枠と先張りシートの間から撒水した水が流れ出す事例が多かった。先張りシートおよび伸張性テープとサッシ下枠の相互間に段差による隙間が生じて漏水していた。
- (4) 透湿防水シートおよび先張り防水シートを先に張り、その後に樹脂サッシを取り付け、サッシフィン裏面と下地材との間にシーリングを施した仕様(D-1)は、W-5 (500Pa) においても漏水することがなかった。その要因としてサッシフィン裏面で接触する防水紙や防水テープとの隙間を湿式となるシーリングで埋めることが大きく影響したものと考えられる。
- (5) アルミサッシの半外付けサッシを室内側から留め付け、窓台に伸張性テープを施した仕様(E2)は、W-5 (500Pa) においても漏水しなかった。本仕様は、外壁面よりも室内側に後退した位置にサッシが留め付けられているため、壁面の流下水はサッシの上枠に滞留することがないため、良好な結果に繋がったものと考えられる。なお、本仕様は、室内側からサッシを交換することが可能であるため、維持保全の上で中・高層建築に適した納まりと思われる。なお、断熱性、防露性、防水性をさらに向上させるには、樹脂サッシの採用が推奨される。
- (6) 外装表面に透湿性塗料を施した仕様(H1)は、W-4 (350Pa) にて漏水しなかった。透湿防水シートや防水テープ等の乾式材料は、段差による隙間を充填させることが困難であるため、水みちが発生し



## D.耐久性分野

やすい。一方、湿式の塗料やシーリング等は、隙間を充填させることが容易であるため、今後において注目すべき材料と考えられる。米国においては、透湿防水シートの代替として塗料を採用する事例が増えつつある。

- (7) 下地に透明板を使用することにより、防水テープの粘着状況、水みち、漏水状況を把握することが出来た。しかし、透明板の剛性が低かったため、早期に漏水する状況となった。今後においては、剛性の高い厚い透明板を採用することが肝要である。

なお、本研究とは別に外装にサイディングを施し、開口部の各仕様別の漏水状況を確認する送風撒水試験も実施している。しかし、試験の結果、通気層の給排気口から雨水が浸入したが、室内側に漏水する仕様が全く無い結果となったため、相対的な評価が不可能となり、相対的な防水性を比較するためには本試験方法が最も適切と考えられる。

## 2.2 バルコニー手すり壁に対する送風撒水試験

## 2.2.1 試験概要

## (1) 試験目的

中・高層木造建築物において、風圧が高く最も雨水が浸入しやすい部位として、バルコニー手すり壁の上部や屋上のパラペットが考えられ、特に、通気層の排気口に防水処理を施さない場合は、多量の雨水が浸入することが想定される。本試験では、バルコニー手すり壁上部に対して、各種の防水処理による雨水浸入状況を把握するため、送風撒水試験を実施した。

## (2) 試験体

試験体は、中・高層木造共同住宅に設置されたバルコニー上部の各仕様による雨水浸入リスクを検証するため、送風撒水試験装置の前に実大となる高さ1,500mm、幅910mmの寸法とした。試験体下部には、通気層内を流下した水量を計測するための容器を設置した(図2.2.1、写真2.2.1~4)。試験体の周辺は、共同住宅などのバルコニー等を想定し、試験体前面より910mm後退した位置に掃き出し窓、バルコニー両側の隣戸との境界、上部のバルコニー床の役割を担うための囲いを設けた。

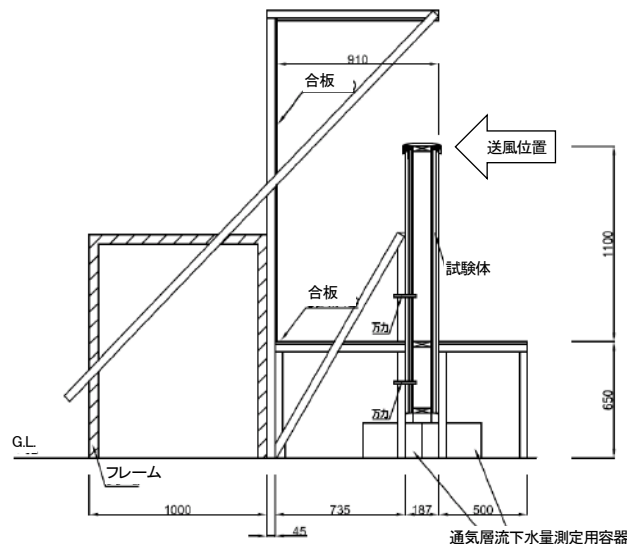


図2.2.1 試験体の周辺



写真2.2.1 試験体の周辺1



写真2.2.2 試験体の周辺2



## D.耐久性分野



写真2.2.3 水量計測用容器（室内側）



写真2.2.4 水量計測用容器（外）

### (3) 試験方法

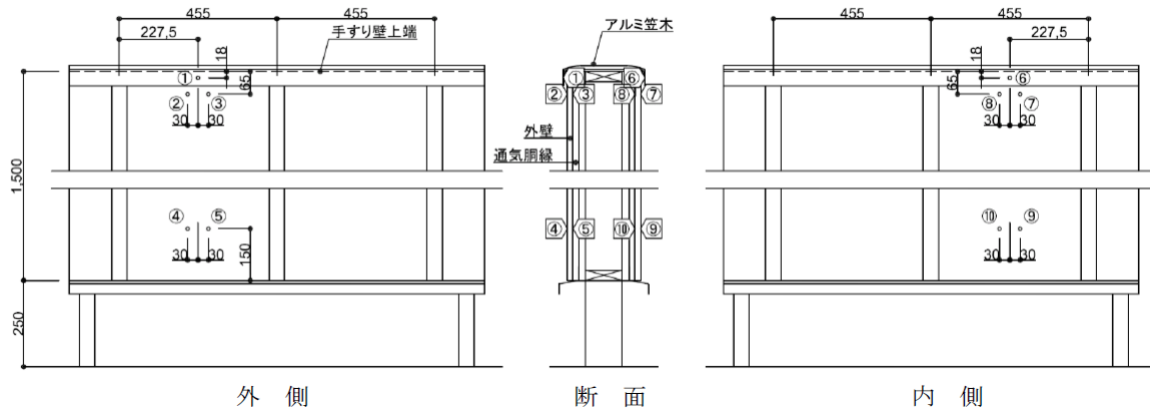
本試験は、各部位の風圧を測定するための「送風試験」と、漏水状況を把握するための「送風撒水試験」を実施した後、漏水状況や漏水量を把握するため計測・記録を実施した。

#### ① 試験体の設置

試験体は、送風機（リミットロードファン）の送風口の先端部より1mの位置に設置した。通気層の排気口と送風口中央の高さは一致させた。なお、水量計測用容器に撒水した水が入らないように試験体前面の下部はシートにて保護（写真2.2.4）されているため、送風装置による風圧も掛からないようになっている。従って、試験体下部の風圧は低くなり、笠木まわりから雨水が浸入しやすい条件としている。

#### ② 送風試験

試験体の各部位（図2.2.2）に風圧測定用チューブなどを設置した後、風速15m/sおよび風速20m/sで、各々30秒間送風し、各部の風圧を計測した。



	屋外側（風上）		屋内側（風下）
①	笠木裏面	⑥	笠木裏面
②	外装表面上端	⑦	外装表面上端
③	通気層上端	⑧	通気層上端
④	外装表面下端	⑨	外装表面下端
⑤	通気層下端	⑩	通気層下端

図 2.2.2 差圧の測定位置

## D.耐久性分野

### ③ 送風撒水試験

a 送風試験終了後、風圧測定用チューブを外して孔をテープ等で塞いだ後、撒水量4L/min、風速20m/s、35m/s、15~35m/s（9秒間隔の脈動）の条件にて各々10分間にわたり送風撒水し、各風速における通気層内部を通過した水量（計測容器内の水量）を計測した。

#### b 通気層内の水滴付着量の計測

送風撒水試験終了後、外装（透明板）を剥がし、通気層に面する透明板の水滴と、透湿防水シート表面の水滴を布で拭き取り、布の増加質量を計測し、水滴の付着量として記録した。また、透湿防水シートを留め付けたステープルの下部に張り付けた水濡れ感知シール（写真2.2.5~6）により、ステープルまわりの水の存在を確認した。



写真2.2.5 透湿防水シートの水濡れ感知シール（全体）

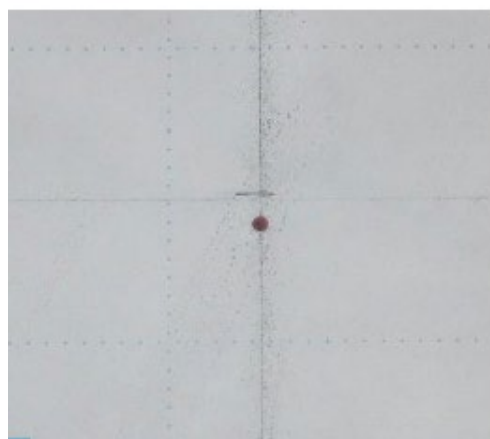


写真2.2.6 水濡れ感知シール（拡大）

#### c 下地表面の水滴付着量の計測

透湿防水シートを剥がし、ステープル孔などから漏れた石膏ボード表面への漏水状況を水濡れ感知シール（写真2.2.7~8）などで観察・記録した。



写真2.2.7 透湿防水シートの水濡れ感知シール（全体）

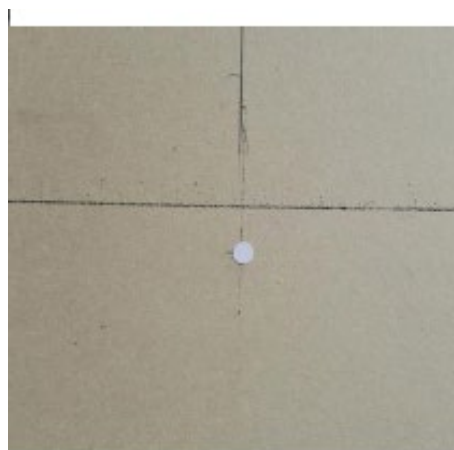


写真2.2.8 水濡れ感知シール（拡大）

#### d 笠木まわりの水滴付着量の計測

笠木を外し、笠木の裏面および笠木支持金具周辺の水滴を布で拭き取り、各々の水量を質量計にて計測するとともに漏水状況を観察・記録した。さらに、笠木下部の防水シートなどを剥がし、下地の漏水状況を観察・記録した。

## D.耐久性分野

### (4) 試験体の概要

#### ① 共通の仕様

表 2.2.1 試験体の共通仕様

躯体	在来軸組構法、柱105×105、間柱30×105
下地面材	NM-1498「両面薬剤処理ボード用原紙張/せっこう板」
透湿防水シート	試験体の片側半分ずつ、ポリエチレン不織布系とフィルムラミネート系を試験体中央で分割
シートの留め付け	ガンタッカーと1010Fのステープルを用い、横方向は通気胴縁の端部から1cm離れた部位と通気胴縁相互間の中間点、縦方向は20cm間隔で留め付け
通気胴縁	厚さ15mm、幅45mm、N65にて300mm間隔で留め付け
水濡れ感知シール	ステープル留め付け部より1cm下部の石こうボード表面および透湿防水シート表面、笠木支持金具周辺、手すり壁上端の木部へ貼り付け
外装材	透明板をビスで留め付け
笠木と外装材の隙間	室内側、屋外側の何れも全て5mmとした。

#### ② 手すりの壁上端部の下葺きの納まり

本試験では、図 2.2.3 に示す通り、下張り材の納まりを3種類採用した。

Type ①：透湿防水シートを手すり壁上端より25mm突き出して折り曲げてステープルで留め付け、上から幅100mmの両面防水テープで張付けて圧着した後、鞍掛け防水シートを施工。

Type ②：住宅金融支援機構による仕様。透湿防水シートを手すり壁上部を經由して反対面に100mm立ち下げ、鞍掛けシートを上部から被せ、上面に両面防水テープを施工。

Type ③：住宅金融支援機構の仕様に対し両面防水テープを省略した仕様。

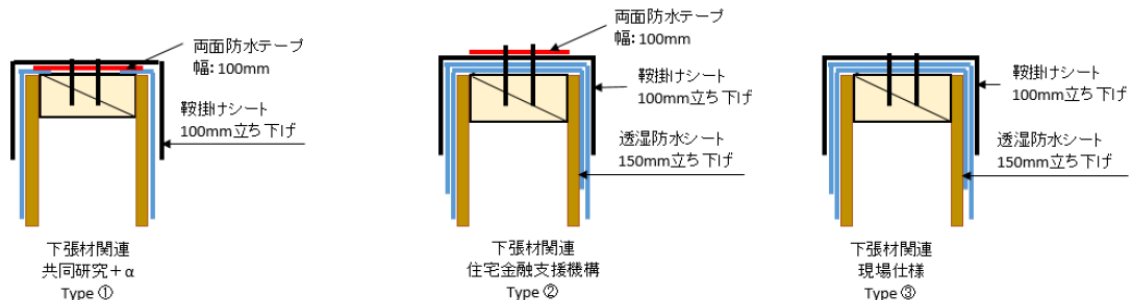


図 2.2.3 下張り材の納まり

#### ③ 各試験体の仕様

試験体は図2.2.4に示すType A～Fの計6体であり、各々の仕様を以下に示す。

Type A：Type①の下張り上に排気口が開放される一般的な笠木を設置したものであり、通気層の屋外側の排気口から雨水が浸入し、笠木支持金具や室内側の排気口まわりにも雨水が流れる可能性がある仕様。

Type B：Type②の下葺き上に一般的な笠木を設置したものであり、通気層の屋外側の排気口から雨水が浸入し、笠木支持金具や室内側の排気口まわりにも雨水が流れる可能性がある仕様。

Type C：Type①の下葺きを施し、排気口に「防雨型換気部材」を施したものであるが、笠木の形状はType A、Bと同様であり、笠木支持金具のまわりにも雨水が流れる可能性がある仕様。

## D.耐久性分野

Type D : Type①の下葺きを施し、排気口に「防雨型換気部材」を施したものであり、さらに笠木支持金具まわりに雨水が浸入しないよう密閉型の笠木支持金具となっている仕様。

Type E : Type①の下葺きを施し、排気口に「防雨型換気部材」を施したものであり、笠木支持金具は密閉型であり、さらに金具は雨水浸入を防止するため横留めとしている仕様。

Type F : Type③の下葺き上に窯業系サイディングを張り付け、その上から一般的な笠木を設置したものである。窯業系サイディングの裏張りは外装材製造団体から禁止されている仕様。

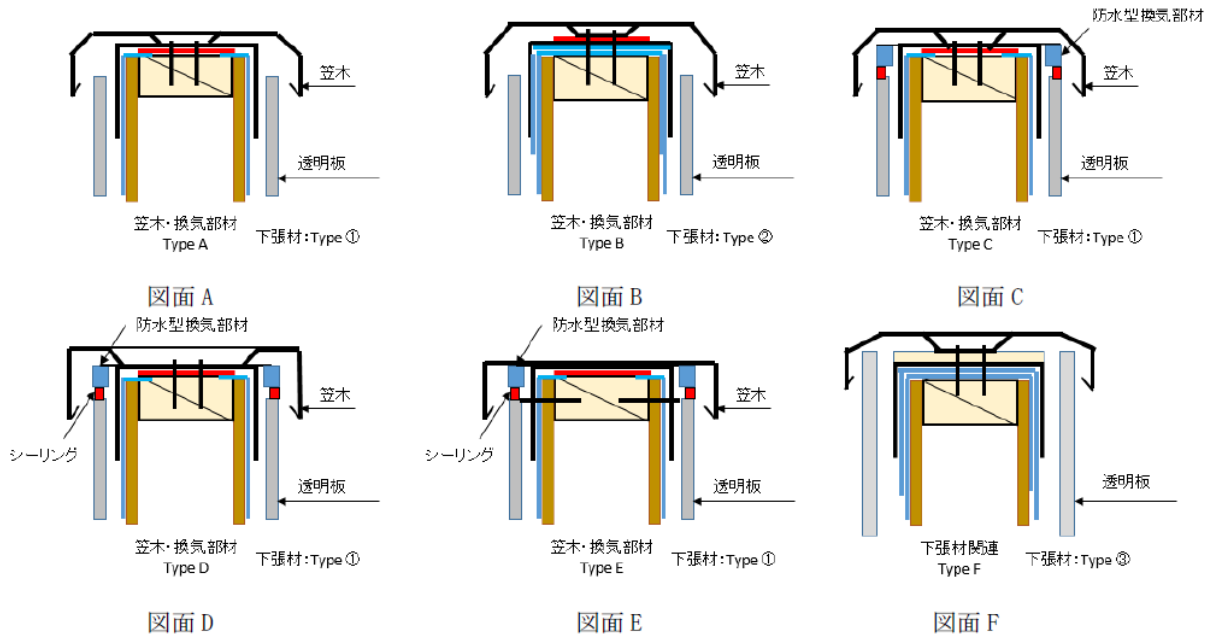


図 2.2.4 笠木・換気部材の納まり

### 2.2.2 試験結果および考察

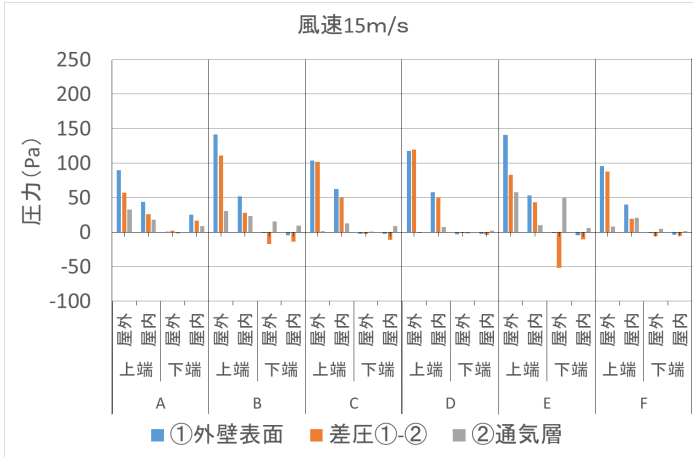
#### (1) 手すり壁への風圧

手すり壁の外装材表面と通気層内の圧力を計測した結果(図 2.2.5~8)、風速 15m/s 時において外装の表面と通気層内との差圧は、Type B、C、D の屋外側上端の値が大きく 100Pa を超えていた。風速 20m/s 時では Type A (162Pa)、B (173Pa)、F (214Pa) の差圧が各々大きい値となり、Type C、D の上端の外装表面の値が欠測となった。その理由として、使用していた差圧計のレンジ±200Pa を超えたためと考えられる。

手すり壁の外装表面の圧力、通気層内の圧力、この相互間の圧力に対して、上端と下端で比較すると、何れの仕様においても下端よりも上端の圧力が高かった。

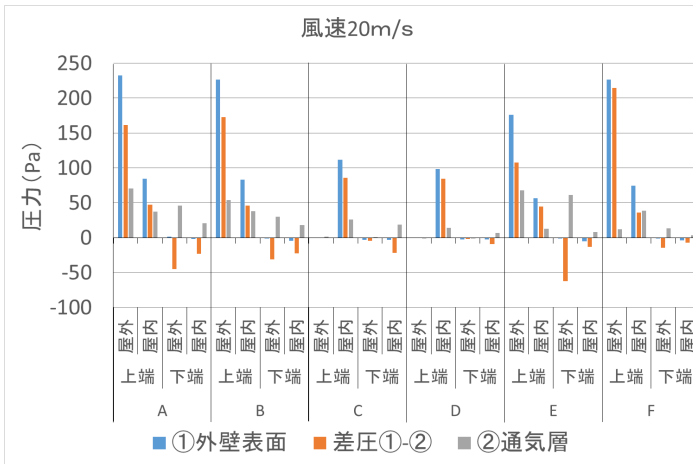
風速 20m/s 時において下端部の外装表面と通気層内の差圧は、屋内外共に減圧になっている。これは、手すり壁上端にのみ送風したため上部から侵入した空気が下端の通気層内まで圧力を高めたためだと考えられる。試験体下部は、送風装置が小型のため吹き出し口からの送風範囲から外れており、また、通気層の流下水を受ける容器に撒水した水が入らないようにシートで囲いをして雨風が入らない状態としているため、上部から雨水が入りやすい状態となっており、安全側の評価となる。特に中・高層建築物のパラペットでは強風に当たりやすく、1階部分では市街地の近隣の建物により、風速が低くなることもあるため、上端に対して送風することは、適切で安全側の試験法と考えられる。

## D. 耐久性分野



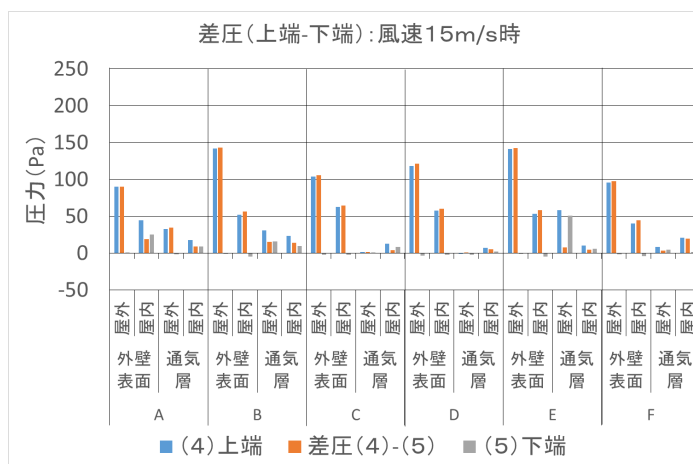
風速15m/s					
Type	手すり壁	外内	(1)外壁表面	差圧(1)-(2)	(2)通気層
A	上端	屋外	90	57	33
		屋内	44	26	18
	下端	屋外	0	2	-2
		屋内	25	17	9
B	上端	屋外	142	111	30
		屋内	52	28	23
	下端	屋外	-1	-17	15
		屋内	-5	-14	9
C	上端	屋外	103	102	2
		屋内	62	50	13
	下端	屋外	-2	-3	0
		屋内	-2	-11	8
D	上端	屋外	118	119	-1
		屋内	58	51	7
	下端	屋外	-3	-1	-2
		屋内	-2	-4	2
E	上端	屋外	141	83	58
		屋内	53	43	10
	下端	屋外	-1	-52	51
		屋内	-5	-11	6
F	上端	屋外	96	88	8
		屋内	40	20	21
	下端	屋外	-1	-6	5
		屋内	-4	-5	1

図 2.2.5 風速 15m 時における外装表面と通気層の風圧



風速20m/s					
Type	手すり壁	外内	(1)外壁表面	差圧(1)-(2)	(2)通気層
A	上端	屋外	232	162	71
		屋内	84	47	38
	下端	屋外	1	-45	46
		屋内	-2	-23	21
B	上端	屋外	227	173	54
		屋内	83	46	38
	下端	屋外	-1	-31	30
		屋内	-5	-23	18
C	上端	屋外	-	-	1
		屋内	112	86	26
	下端	屋外	-3	-5	1
		屋内	-3	-22	18
D	上端	屋外	-	-	-1
		屋内	98	84	14
	下端	屋外	-2	-2	-1
		屋内	-3	-5	7
E	上端	屋外	176	108	68
		屋内	57	44	13
	下端	屋外	-1	-62	61
		屋内	-5	-13	8
F	上端	屋外	227	214	12
		屋内	74	36	38
	下端	屋外	-1	-15	14
		屋内	-4	-7	3

図 2.2.6 風速 20m 時における外装表面と通気層の風圧

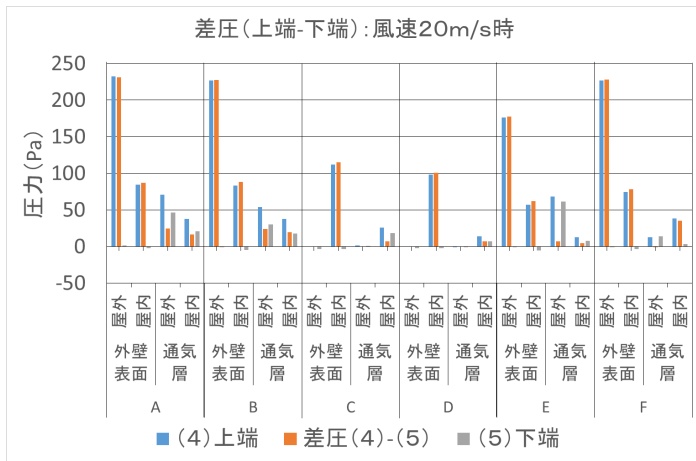


風速15m/s					
Type	部位	外内	(4)上端	差圧(4)-(5)	(5)下端
A	外壁表面	屋外	90	90	0
		屋内	44	19	25
	通気層	屋外	33	35	-2
		屋内	18	9	9
B	外壁表面	屋外	142	143	-1
		屋内	52	56	-5
	通気層	屋外	30	15	15
		屋内	23	14	9
C	外壁表面	屋外	103	106	-2
		屋内	62	65	-2
	通気層	屋外	2	1	0
		屋内	13	4	8
D	外壁表面	屋外	118	121	-3
		屋内	58	60	-2
	通気層	屋外	-1	1	-2
		屋内	7	5	2
E	外壁表面	屋外	141	142	-1
		屋内	53	58	-5
	通気層	屋外	58	8	51
		屋内	10	4	6
F	外壁表面	屋外	96	97	-1
		屋内	40	44	-4
	通気層	屋外	8	4	5
		屋内	21	19	1

図 2.2.7 風速 15m 時における手すり壁上端と下端の風圧



D.耐久性分野



風速20m/s			(4)上端	差圧(4)-(5)	(5)下端
Type	部位	外内			
A	外壁表面	屋外	232	231	1
		屋内	84	87	-2
	通気層	屋外	71	24	46
B	外壁表面	屋外	227	228	-1
		屋内	83	88	-5
	通気層	屋外	54	24	30
C	外壁表面	屋外	38	20	18
		屋内	112	115	-3
	通気層	屋外	1	-	1
D	外壁表面	屋外	26	7	18
		屋内	98	101	-3
	通気層	屋外	-1	-1	-1
E	外壁表面	屋外	14	7	7
		屋内	176	177	-1
	通気層	屋外	57	62	-5
F	外壁表面	屋外	68	7	61
		屋内	13	5	8
	通気層	屋外	227	228	-1
	外壁表面	屋外	74	78	-4
		屋内	12	-1	14
	通気層	屋外	38	35	3

図 2. 2. 8 風速 20m 時における手すり壁上端と下端の風圧

(2) 通気層内の流下水量

各風速 (20、30、15~35m/s (脈動)) の送風撒水試験が終了した後、通気層下部に設置していた容器内の水量を計測し、その値を屋外側 (風上側) および室内側 (風下側) による通気層の流下水量 (表 2.2.2、図 2.2.10) とした。通気層上端を開放型 (防雨型換気部材が無い) としている Type A、B、F の流下水量は著しく多く、特に Type A では、風速 20m/s において 256cc/min・m に至った。防雨型換気部材を設置した Type C、D、E は著しく流下水量が少なく、風速 20m/s では Type E の屋外側上部の 4.3cc/min・m が最大値であった。屋外側 (風上) と屋内側 (風下) の流下水量を比較すると、開放型の Type A、B、F は、何れの風速においても屋内側 (風下) の流下水量が多く、その要因として図 2.2.9、写真 2.2.9~11 に示すように、風上より吹いた風雨が笠木と外装の隙間から浸入し、風上側の通気層は雨水の流れに対して急角度となり浸入量が少なくなり、笠木と手すり壁上面との隙間を通過し、反対側 (室内側) の通気層に対して多量に流入したものと推察される。

防水型換気部材の Type C、D、E は、通気層上端に防水型換気部材を設置しているため通気層内への流下水量は著しく少なかった。特に屋内側 (風下) に関しては、透湿防水シート上の雨水浸入の形跡を目視で確認することは困難な状況であった。

表 2. 2. 2 各試験体による通気層内の流下水量

No.	試験体	風速(m/s)	防雨型換気部材	流下水量					
				屋外側(風上側)		室内側(風下側)		両側の合計	
				計測値 cc/10min	1分間 1m当たり cc/min・m	計測値 cc/10min	1分間 1m当たり cc/min・m	計測値 cc/10min	1分間 1m当たり cc/min・m
1	Aタイプ	20	なし	743	82	2,332	256	3,075	338
2		35		486	53	3,310	364	3,796	417
3		15~35(脈動)		448	49	2,891	318	3,339	367
4	20	1,231		135	1,624	178	2,855	314	
5	35	947		104	3,876	426	4,823	530	
6	15~35(脈動)	635		70	2,552	280	3,187	350	
7	Cタイプ	20	あり	0.0	0.0	0.5	0.1	0.5	0.1
8		35		31	3.5	2.1	0.2	34	3.7
9		15~35(脈動)		32	3.5	4.0	0.4	36	4.0
10	20	0.4		0.0	0.7	0.1	1.1	0.1	
11	35	43		4.7	20	2.2	63	6.9	
12	15~35(脈動)	10		1.1	26	2.9	36	4.0	
13	Eタイプ	20	なし	39	4.3	1.0	0.1	40	4.4
14		35		51	5.6	2.0	0.2	53	5.8
15		15~35(脈動)		45	4.9	4.0	0.4	49	5.4
16	20	959		105	1,112	122	2,071	228	
17	35	1,027		113	2,315	254	3,342	367	
18	15~35(脈動)	873		96	1,918	211	2,791	307	

## D. 耐久性分野

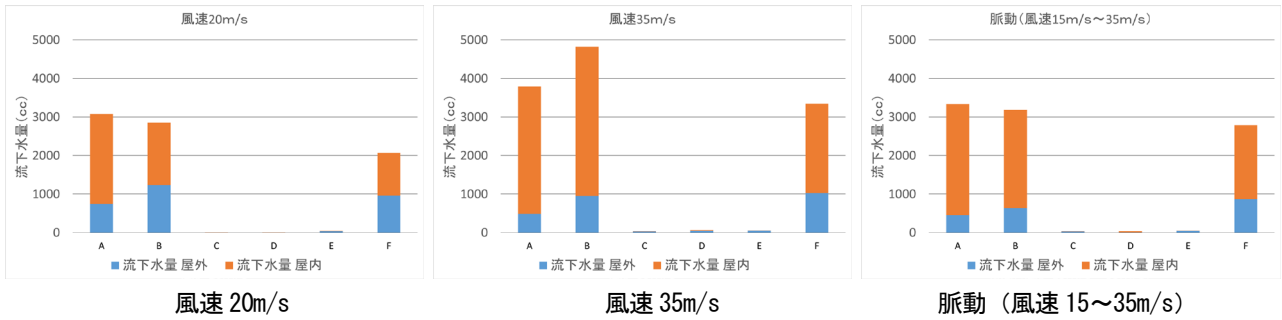


図 2. 2. 10 通気層内流下水量

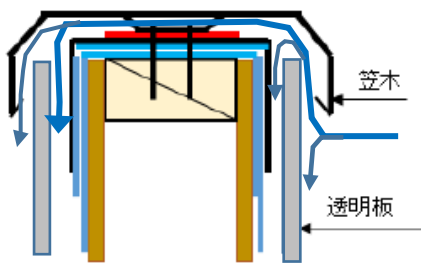


図 2. 2. 9 浸入水の通過ルート



写真 2. 2. 10 笠木裏面の付着水



写真 2. 2. 11 手すり上面の付着水

### (3) 防雨型換気部材による浸入水量への影響

防雨型換気部材を設置していない仕様は、浸入水量が著しく多く、Type B（風速 20m/s 時、室内側）の 3,876cc（426 cc/min・m）が最大量となった。

防雨型換気部材を設置した仕様は、浸入水量が著しく少なく、Type E（風速 20m/s 時、屋外側）の 51cc（5.6cc/min・m）が最大量となった。Type E は、笠木と手すり壁上面との間に隙間が無い納まりとなっており、屋外側からの浸入水がないため、浸入水は直接的に屋外側の通気層へ流入しやすい状態になったものと考えられる。一方、室内側（風下側）は、屋外側からの浸入水がないため、流下水量は著しく少なく 2.0cc（0.2cc/min・m）であった。Type B（換気部材なし）に対して Type E を比較すると、雨水浸入量を 98.7%低減したことになる。従って、通気層の上端部まわりに防雨型換気部材を使用した場合、排気口からの雨水の浸入を著しく低減することが明らかとなった。しかし、換気部材による換気量の減少、部材の経年劣化、埃等による詰まりなど、今後において、別途、確認する必要があると考えられる。

### (4) 通気層の浸入水付着状況

撒水試験終了直後に外装材、透湿防水シート、笠木を剥がし、各々に付着している状況と水量（写真 2.2.9～11）を記録した。防雨型換気部材の有無により比較すると、通気層内は、外装材（透明板）裏面、透湿防水シートの何れも「換気部材あり」よりも「換気部材なし」の方が雨水の付着量が多かった。これは、「換気部材なし」の仕様による通気層内の流下量が著しく多いことに関係しており、特に「換気部材あり」の風下側となる室内側の通気層の付着水は、全ての試験体で無かった。

流下水量と付着水量の関係を表 2.2.3 および図 2.2.11～12 に示す。外装材裏面および透湿防水シートの表面、何れにおいても本研究の範囲内では流下水量と付着水量との関係性は認められなかった。付着水量の最大値は、外壁裏面で 10cc、透湿防水シートでは 20cc となっており、流下水量が多くなった場合も水滴が大きくなり、表面張力よりも質量が勝り流下するためではないかと考えられる。

## D.耐久性分野

試験体作成時においては、透湿防水シートの表面に水に濡れると赤く変色する感水シールを貼っており、その状況を図 2.2.13 に示す。防雨型換気部材を施した Type C,D,E の室内側は、流下水量が少なかったため検知されなかった。

表 2.2.3 通気層の付着水の状況

Type	部位	防雨型換気部材	通気層の付着水量(cc)						流下水量(cc)	流下水量に対する付着水量の割合(%)		
			外壁裏面	1m <sup>2</sup> 当たり	透湿防水シート	1m <sup>2</sup> 当たり	合計	1m <sup>2</sup> 当たり		外壁裏面	透湿防水シート	
A	屋外側	なし	1	0.7	4	2.9	5	3.7	1677.0	0.06%	0.24%	
	室内側		9	6.6	13	9.5	22	16.1	8533.0	0.11%	0.15%	
B	屋外側		9	<b>6.6</b>	20	<b>14.7</b>	29	<b>21.2</b>	<b>2813.0</b>	0.32%	0.71%	
	室内側		10	<b>7.3</b>	19	<b>13.9</b>	29	<b>21.2</b>	<b>8052.0</b>	0.12%	0.24%	
C	屋外側	あり	1	0.7	8	5.9	9	6.6	63.5	1.58%	12.61%	
	室内側		0	<b>0.0</b>	0	<b>0.0</b>	0	<b>0.0</b>	<b>6.6</b>	0.00%	0.00%	
D	屋外側		1	0.7	8	5.9	9	6.6	53.4	1.87%	15.00%	
	室内側		0	<b>0.0</b>	0	<b>0.0</b>	0	<b>0.0</b>	<b>46.7</b>	0.00%	0.00%	
E	屋外側	なし	7	5.1	12	8.8	19	13.9	135.0	5.19%	8.89%	
	室内側		0	<b>0.0</b>	0	<b>0.0</b>	0	<b>0.0</b>	<b>7.0</b>	0.00%	0.00%	
F	屋外側		なし	5	3.7	16	11.7	21	15.4	2859.0	0.17%	0.56%
	室内側			5	3.7	15	11.0	20	14.7	5345.0	0.09%	0.28%

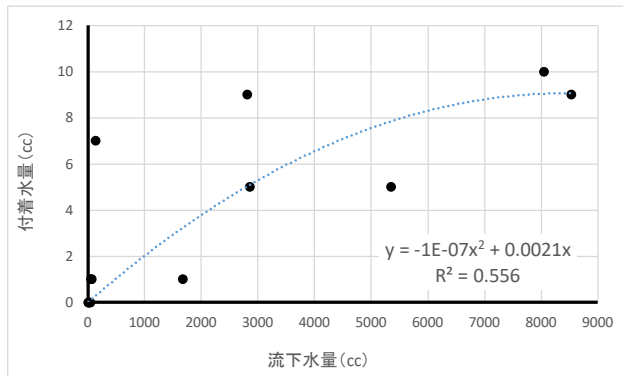


図 2.2.11 流下水量と外装材（透明板）裏面の付着水量

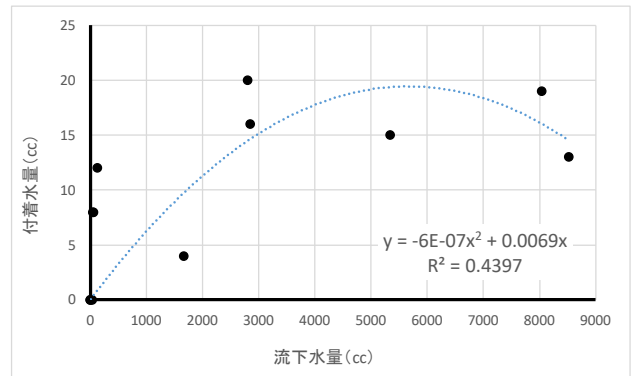


図 2.2.12 流下水量と透湿防水シートの付着水量



## D.耐久性分野

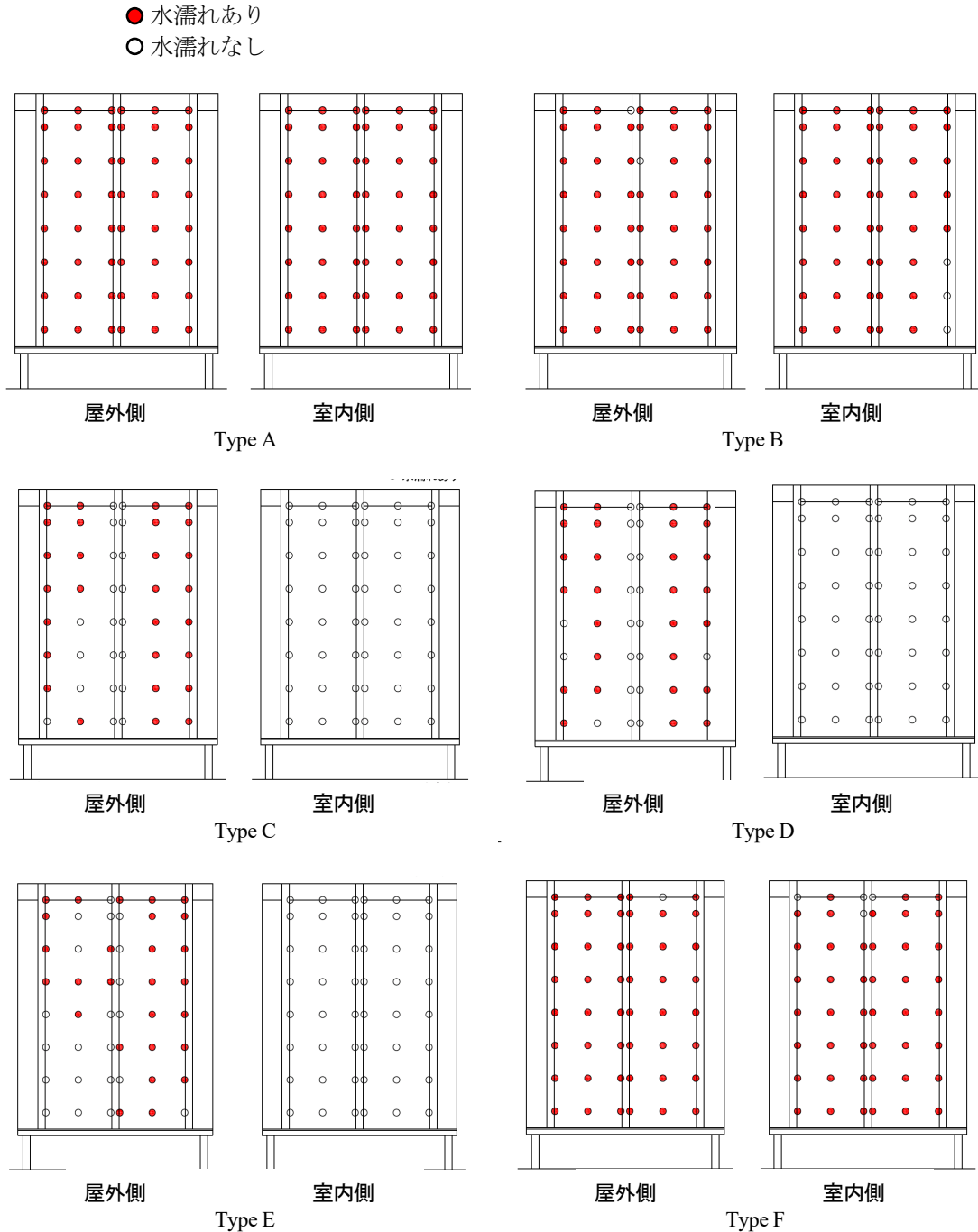


図 2.2.13 感水紙による透湿防水シートの濡れ状況

### (5) 笠木下内部の浸入水付着状況

手すり壁の上面は水平面であるため、笠木の固定金具を上部より留め付けるビスや小型のラグスクリューの孔のまわりから雨水浸入するリスクが高く、事故事例も数多く報告されており、防水上において重要な部位となる。Type E 以外は、上部から笠木の固定金具を留め付ける形式となっているため、特に浸入水量および付着水量が多い場合は、躯体側へ雨水が浸入するリスクも高くなるものと考えられる。表 2.2.4 に示す通り、Type A と Type D の雨水浸入量は同じ値であったが、その他の仕様は「換気部材なし」の付着水量が多かった。

## D.耐久性分野

表 2.2.4 通気層および笠木下内部の付着水量

Type	部位	防雨型換気部材	通気層(cc)					笠木の内側(cc)								
			外壁裏面	1㎡当たり	透湿防水シート	1㎡当たり	合計	1㎡当たり	笠木裏面	1m当たり	中間材	1m当たり	天端鞍掛上	1m当たり	合計	1m当たり
A	屋外側	なし	1	0.7	4	2.9	5	3.7	24	26.4	なし		-		24	26.4
	室内側		9	6.6	13	9.5	22	16.1								
B	屋外側		9	6.6	20	14.7	29	21.2	34	37.4	なし		18	19.8	52	57.1
	室内側		10	7.3	19	13.9	29	21.2								
C	屋外側	あり	1	0.7	8	5.9	9	6.6	4	4.4	なし		1	1.1	5	5.5
	室内側		0	0.0	0	0.0	0	0.0								
D	屋外側		1	0.7	8	5.9	9	6.6	2	2.2	15	16.5	7	7.7	24	26.4
	室内側		0	0.0	0	0.0	0	0.0								
E	屋外側	7	5.1	12	8.8	19	13.9	3	3.3	0	0.0	3	3.3	6	6.6	
	室内側	0	0.0	0	0.0	0	0.0									
F	屋外側	なし	5	3.7	16	11.7	21	15.4	30	33.0	12	13.2	4	4.4	46	50.5
	室内側		5	3.7	15	11.0	20	14.7								

### (6) 下地材への漏水状況

撒水試験終了直後に外装材と透湿防水シートを剥がし、強化石膏ボード（下地面材）の状況を確認したが、全ての試験体において水濡れは、確認できなかった。透湿防水シートの防水性が発揮されたためと考えられる。しかし、透湿防水シートは、早期に経年劣化する事例も報告されているので、別途、検討する必要がある。

一方、笠木、笠木固定金具、防水紙なども試験終了直後に取り外して、下地の濡れ状況を確認したが、躯体への浸入は無く濡れていなかった。

### 2.2.3 まとめ

今回の試験方法は、手すり壁の上部にしか送風しておらず、手すり壁の下部は風圧が低いため、通気層上端から雨水が浸入しやすい試験となった。撒水試験の結果、防雨型換気部材の設置により、手すり壁や笠木下の雨水浸入量が著しく減少した。防雨型換気部材が無い試験体においても、下地材や躯体への雨水浸入は無かった。今後においては、防水材料の経年劣化を含んだ防水試験の必要性があると考えられる。

## D.耐久性分野

### 2.3 中間階に給気口および排気口を設置した外壁通気構法に対する送風散水試験

#### 2.3.1 試験概要

##### (1) 実施目的

中・高層建築物において、上層階から通気層へ雨水が浸入し、排出口が土台水切りしかない場合、通気層は長距離となり、雨水浸入のリスクが高まることが考えられる。従って、外壁の途中に排気口を設けることにより通気層内の雨水を排出することが可能となる。一方、強風時において、排気口および給気口は雨水の浸入口にもなり得る。本研究においては、中間階に給排気口を有する外壁について、風圧力測定試験、送風散水試験を実施し防水性能を検証した。

##### (2) 試験体

試験体は、給排気口を有した外壁の2体である。各試験体には、給排気口の形状、防雨型換気材の有無及び中間階給気口の形状等が異なる4タイプの通気層がそれぞれ設置されている（計8タイプ）。また、外装材部分は、送風散水試験において通気層内への雨水浸入を観察するため、透明アクリル板を使用した。

試験体の概要を表2.3.1、図2.3.1～2、写真2.3.1～2に示す。

中間階給気口S1は、全ての試験体において高さ10mmとし、防虫網を設けた。排気口は各試験体においてX（水平方向の幅）およびY（垂直方向の高さ）の寸法を変化させ、その影響を検証した。

表 2.3.1 試験体の概要

試験体番号	通気層	中間階給気口 S1		排気口		防雨型換気部材	備考	中間階給気口 S2				
		寸法	防虫	X	Y			寸法	防虫網	F.S		
1	TypeA	10mm	防虫網	20mm	30mm	製品 A	推奨仕様 製品の影響	3mm	なし	なし		
	TypeB					製品 B		5mm				
	TypeC			3mm	30mm	X寸法の 影響	10mm					
	TypeD			10mm			15mm					
2	TypeE			なし	なし	20mm	20mm	なし	Y寸法の 影響	15mm	防虫網 A	ファイヤー ストップ
	TypeF										10mm	
	TypeG					60mm	なし			なし		
	TypeH											

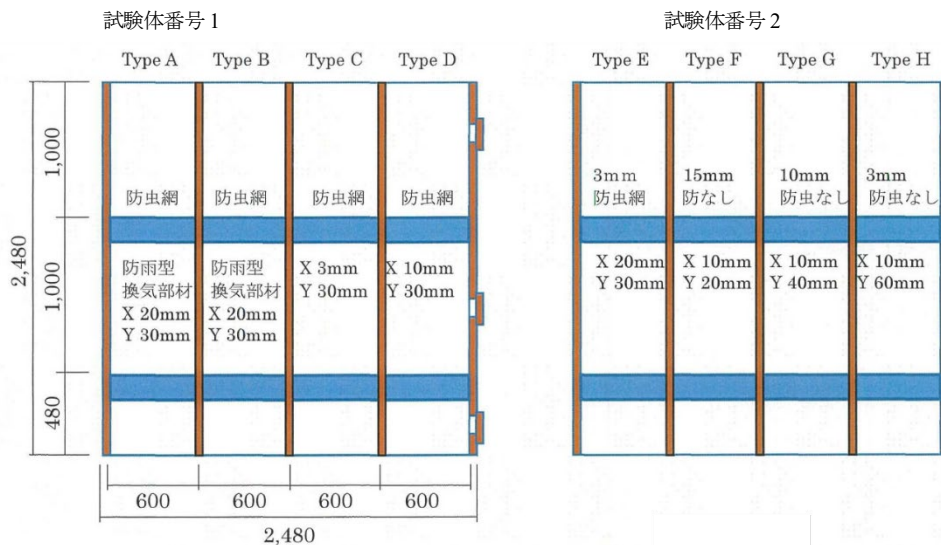


図 2.3.1 試験体の概要（立面図）

D.耐久性分野

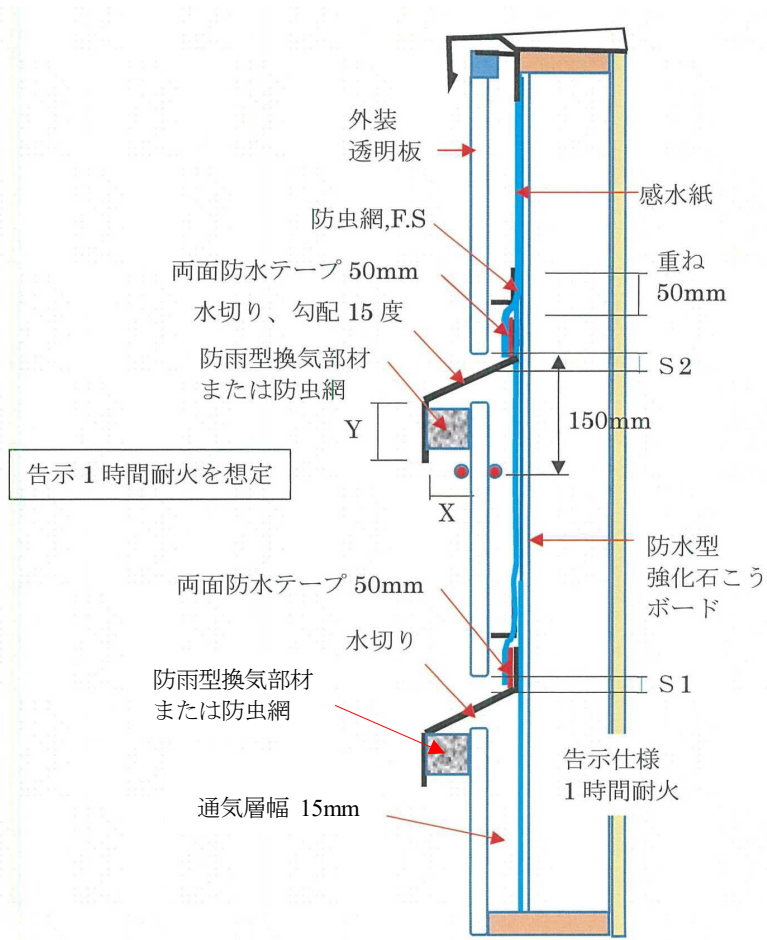


図 2.3.2 試験体断面詳細図

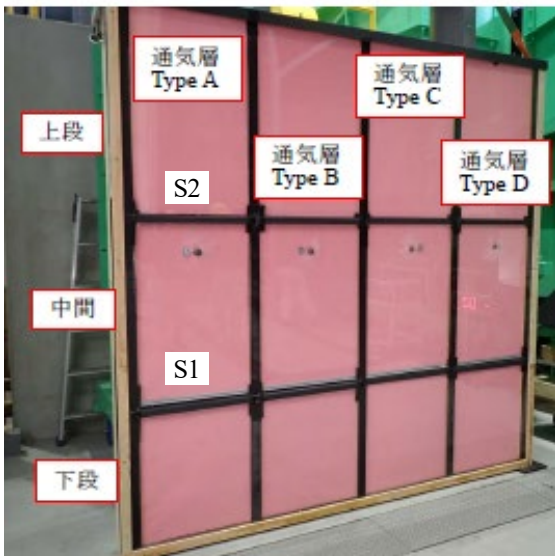


写真2.3.1 試験体番号1 (全景)



写真2.3.2 試験体番号2 (全景)

## D.耐久性分野

### (3) 試験方法

#### ① 風圧力試験

本試験は、図2.3.3、写真2.3.3～4に示す大型送風散水試験装置及び多点風圧力測定装置を用いて行った。試験装置から約10m/sの風を発生させて試験体に対し送風し、各通気層中間階の外壁面及び通気層内の風圧力の測定を行った（図2.3.4参照）。また、通気層内の風圧力測定の際は、標準状態に加え中間階給気口のS1及びS2をそれぞれガムテープで塞いだ状態についても測定を行った。なお、サンプリング周波数は100Hzで1分間測定し、風速及び風圧力の平均値を試験結果とした（表2.3.2）。

表 2.3.2 風圧力測定試験条件

試験番号	試験体番号	設定風速 (m/s)	風圧測定箇所	試験体の仕様
1	1	10	外壁面	標準状態
2		10	通気層内	標準状態
3		10	通気層内	中間階給気口 S1 をガムテープ処理
4		10	通気層内	中間階給気口 S2 をガムテープ処理
5	2	10	外壁面	標準状態
6		10	通気層内	標準状態
7		10	通気層内	中間階給気口 S1 をガムテープ処理
8		10	通気層内	中間階給気口 S2 をガムテープ処理

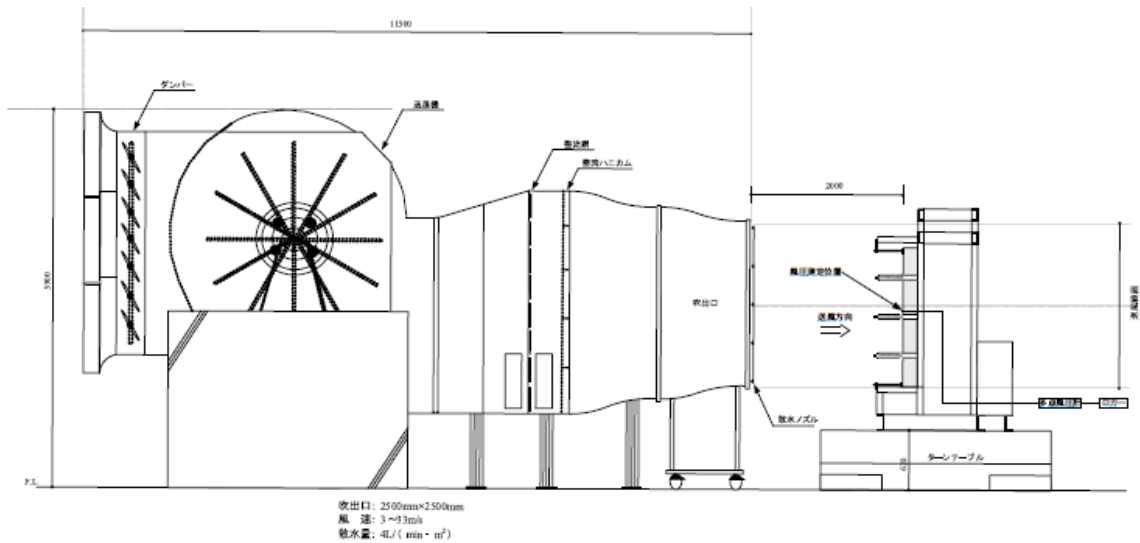


図 2.3.3 大型送風散水試験装置

## D.耐久性分野



写真2.3.3 大型送風散水試験装置

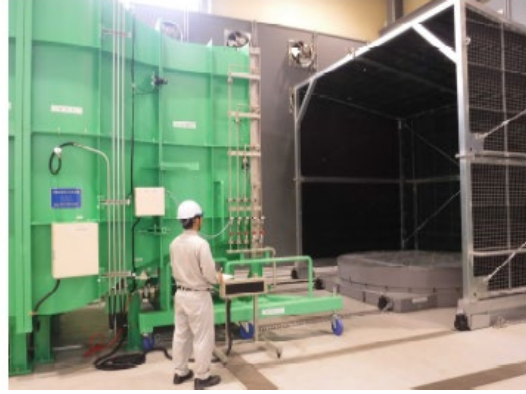
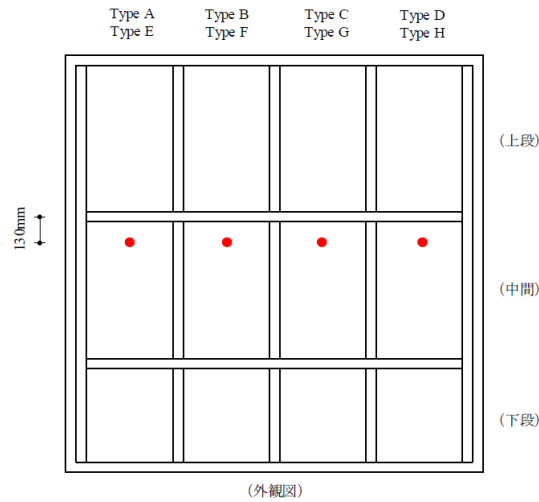


写真2.3.4 大型送風散水試験装置



\*風圧力測定は、各通気層中間の●位置で測定した。

図 2.3.4 風圧力測定位置

### ② 送風散水試験

試験は、図2.3.3、写真2.3.3～4に示す大型送風散水試験装置を用いて行った。

表2.3.3に示す試験条件で送風散水を行い、試験体の各通気層内への雨水浸入状況を観察した。また、各通気層下段に雨水が溜まった場合、その浸水高さを測定した。なお、試験装置吹出口から試験体外壁面までの距離は2000mm とした。

表2.3.3 送風散水試験条件

試験番号	試験体番号	送風方法	設定風速 (m/s)	噴霧水量 (L/(min・m <sup>2</sup> ))	継続時間 (min)
1	1	脈動風 (周期 3.6 秒)	9～15	4.0	各 10
2			11～19		
3			14～24		
4			16～29		
5			20～31		
6	2		9～15		
7			11～19		
8			14～24		
9			16～29		
10			20～31		



## 2.3.2 試験結果

## (1) 風圧測定試験

試験体番号1の風圧力測定試験結果を表2.3.4に、試験体番号2の風圧力測定試験結果を表2.3.5に示す。試験の結果、試験条件、測定部位による著しい差は認められなかった。

表 2.3.4 風圧力測定試験結果（試験体番号1）

試験番号	平均風速 (m/s)	風圧測定 箇所	試験体の 仕様	平均風圧力 (Pa)			
				Type A	Type B	Type C	Type D
1	9.8	外壁面	標準 状態	54.3	62.4	60.6	57.2
2	9.8	通気層内		77.2	78.7	79.0	74.2
3	9.9		S1を閉塞	73.4	76.4	73.2	73.2
4	9.8	S2を閉塞	79.2	80.8	82.7	77.9	

表 2.3.5 風圧力測定試験結果（試験体番号2）

試験番号	平均風速 (m/s)	風圧測定 箇所	試験体の 仕様	平均風圧力 (Pa)			
				Type E	Type F	Type G	Type H
5	10.0	外壁面	標準 状態	53.5	66.3	63.2	51.2
6	9.7	通気層内		75.9	74.4	75.4	71.7
7	9.9		S1を閉塞	77.0	73.9	76.2	71.5
8	9.9	S2を閉塞	79.1	79.7	81.4	76.3	

## (2) 送風散水試験

垂直方向の隙間と各風速による給気口の吹き上げ状況（通気層に水平部材が無い場合）を表2.3.6に示す。垂直方向の隙間が大きい仕様ほど雨滴の吹き上げ高さが高く、風速が増すに従いその高さも増大する結果となった。



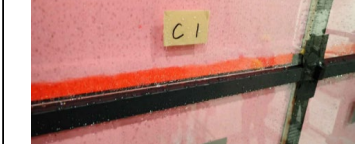

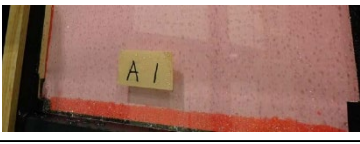
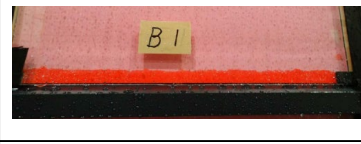
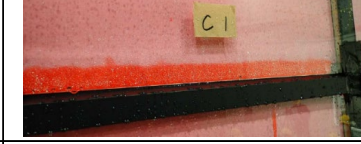

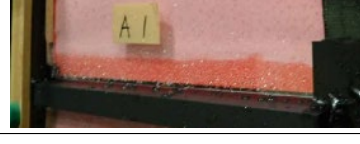








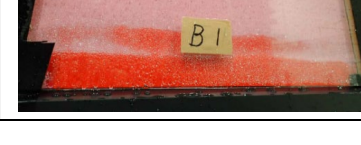


通気層に障害物が無い仕様（D1）と、防虫網（E1、F1）および炎侵入防止構造を設置した仕様（G1、H1）による吹き上げ高さの比較を表2.3.7に示す。なお、これらは全て垂直方向の隙間は15mmとなっている。水平部材の無いD1は風速11～19m/sの脈動に対して、急激に吹き上げ高さが増大しており、その後、徐々に吹き上げ高さが増す傾向を示した。防虫網を使用したE1、F1は、風速14～24m/sにおいて防虫網よりも上部まで吹き上げており、吹き上げを抑制する効果は少なかった。炎侵入防止構造によるG1、H1は、最大となる風速20～31m/sにおいても炎侵入防止構造より上部に水滴が飛散することはなかった。

防虫網は、虫、小動物などの浸入を防止する役割があり、炎侵入防止構造は、延焼防止の役割がある。しかし、通気層は壁内の通気量を確保する重要な役割があるので、防火、防虫、防水の他、通気量にも配慮する必要がある。今回、採用した防虫網、炎侵入防止構造の他にも、数多くの種類や寸法形状のものがあるので、部材の選択にあたっては、総合的に検討する必要があると思われる。なお、炎侵入防止構造には、厚さの薄い熱膨張型も存在する。





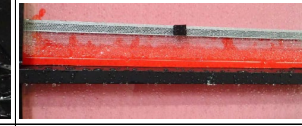




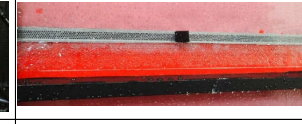





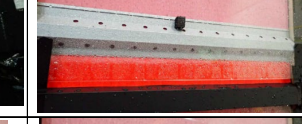







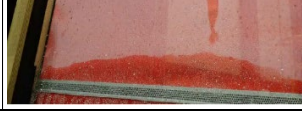
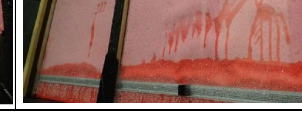


D.耐久性分野

表 2.3.6 垂直方向の隙間と各風速による給気口の吹き上げ状況（水平部材なし）

試験体名 垂直隙間S2	設定風速 (m/s)	水平部材なし			
		A1 3mm	B1 5mm	C1 10mm	D1 15mm
試験1	9~15				
試験2	11~19				
試験3	14~24				
試験4	16~29				
試験5	20~31				

D.耐久性分野

表 2.3.7 水平部材と風速による給気口の吹き上げ状況（垂直隙間 15mm）

試験体名 垂直隙間S1	設定風速 (m/s)	水平部材なし	防虫網		ファイヤーストップ		
		D1	E1	F1	G1	H1	
			15mm				
試験1	9~15						
試験2	11~19						
試験3	14~24						
試験4	16~29						
試験5	20~31						

## D.耐久性分野

各仕様による設定風速と下段の浸水量との関係を表 2.3.8 に示す。試験の結果、排気口の水平方向の隙間が最も少ない（3mm）の Type C の浸水高さが最も高かった。水平方向の隙間と風速による浸水高さの関係を求めるため、排気口の高さが全て 30mm となっている C、D、E を比較した（図 2.3.5）。その結果、風速の増大に伴い浸水高さも高くなっており、水平方向の隙間が 3mm の C が最も浸水高さが高く、隙間が 20mm の E が最も低い結果となった。

表 2.3.8 設定風速と下段の浸水高さの関係

試験体	Type	設定風速 (m/s)				
		9~15	11~19	14~24	16~29	20~31
1	A	28	55	100	155	190
	B	5	5	25	40	45
	C	70	165	225	255	225
	D	40	85	115	145	160
2	E	0	10	25	13	12
	F	0	0	0	20	30
	G	0	0	0	0	0
	H	5	20	30	33	43

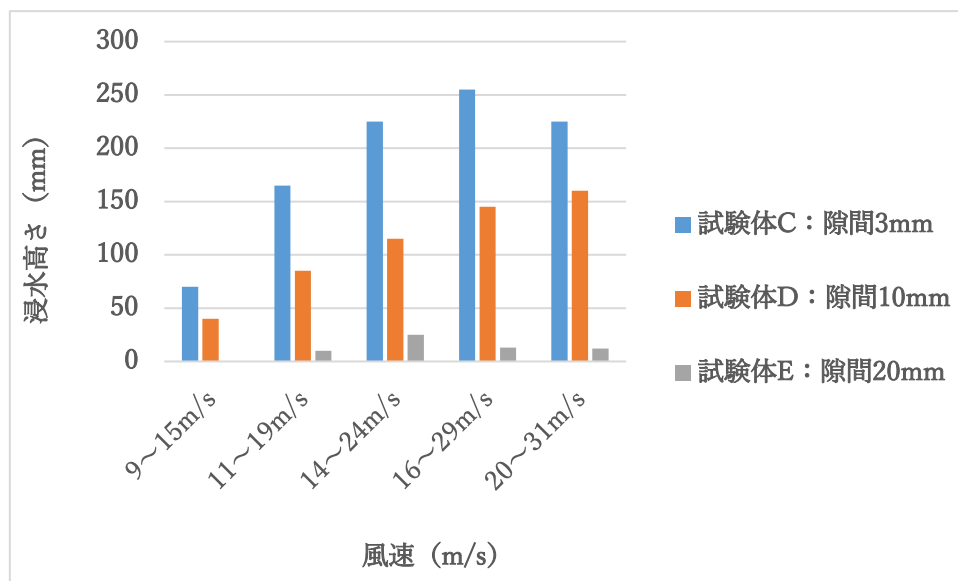


図 2.3.5 水平方向の隙間と風速による浸水高さの関係（垂直の隙間 30mm）



2.4 中層建築物を想定した外壁通気構法の仕様に関する実験

2.4.1 試験概要

(1) 実施目的

外壁の内部結露については、一般的に室内外の水蒸気流入を主要な要因として検討されてきたが、実際の施工納まりや暴露状況を考慮すると、降雨の影響を無視しえない。既往研究<sup>24)・2)</sup>によれば耐久設計上、設備貫通部、外装材嵌合部、壁屋根取合部等からの一定量の雨水浸入の考慮が不可欠であることが示唆されており、ASHRAE 160<sup>24)3)</sup>でも外皮の熱水分性状の解析において、壁面雨量の1%の水分が2次防水層に達する条件で、外皮の乾燥性能を評価するよう課している。これらの課題に対し、齋藤ら<sup>24)4)</sup>は1階建ての実験住宅において、通気層への雨水浸入を再現した実測を行い、日射授受に伴う放湿型結露の発生を報告している。

そこで本節では、中層木造で不可欠となる防火被覆を含めた乾燥性能の評価を視野に、75分準耐火構造の断面を再現し、検証した結果を報告する。

(2) 試験概要

① 試験地域および実験住宅

試験は、ものづくり大学（埼玉県行田市）のキャンパス内にある実大の2階建て木造実験住宅（在来軸組構法）<sup>24)5)</sup>を利用して実施した。この実験住宅が建設された行田市は、日本の歴代最高気温を記録した越谷市に隣接しているため、下記の高温となりやすく、夏期の結露に対して再現しやすい地域となる。

実験住宅は、東西南北の方位を正確に合わせて建設されている、

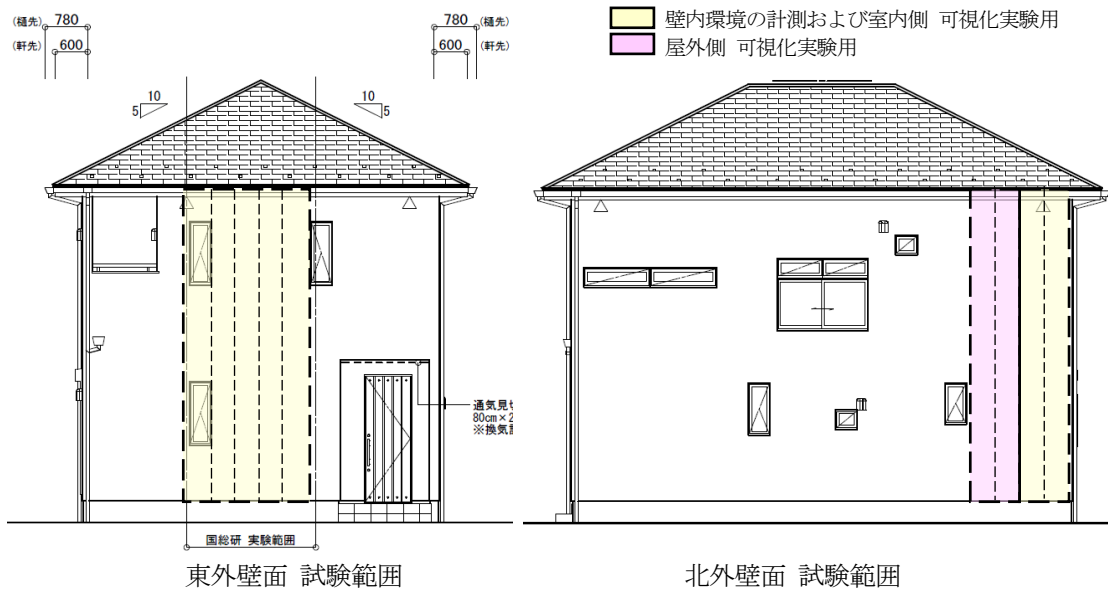


図 2.4.1 実験住宅の立面図



写真 2.4.1 実験住宅の外観および注水状況

## D.耐久性分野

### ② 試験壁体の概要

図 2.4.1 及び写真 2.4.1 に示す通り、室内側可視化実験については東側外壁面及び北側外壁面を対象とし、屋外側（通気層）の可視化実験は、北側外壁面を対象としている。

本実験は、中層の木造建築物を想定しているため、試験壁体は図 2.4.2 に示す通り 75 分準耐火構造とし、躯体の両側に厚さ 21mm の強化石膏ボードを各々 2 枚（計 4 枚）張り付け防火被覆仕様とした。外装材は厚さ 14mm の窯業系サイディング、厚さ 15mm 通気胴縁、厚さ 9mm の構造用合板、充填断熱は密度 16K の袋入りグラスウール、内装材にはビニルクロスを用いた。

各試験壁体の境界部分は、図 2.4.3 に示す通り縦胴縁を用いて区分し、防水処理を施した。

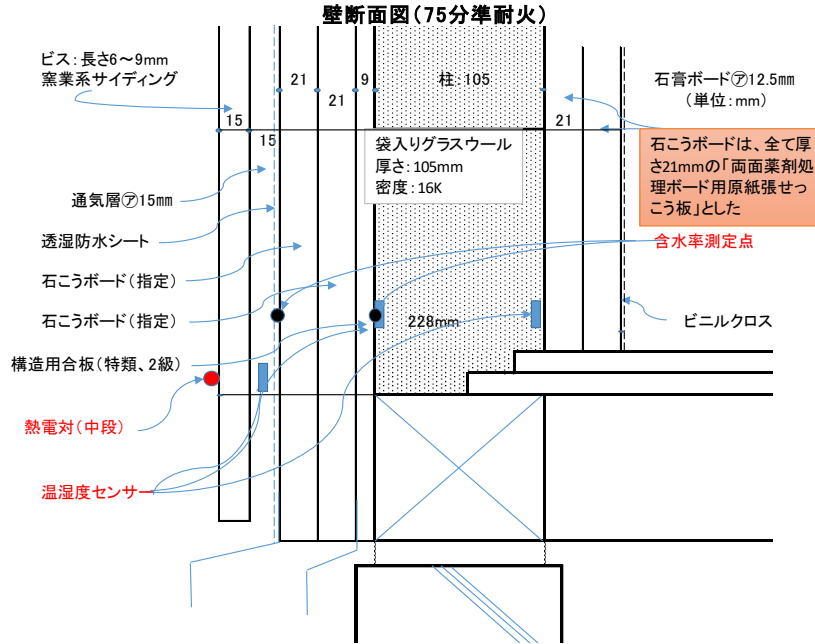


図 2.4.2 試験壁体の断面およびセンサーの設置のイメージ

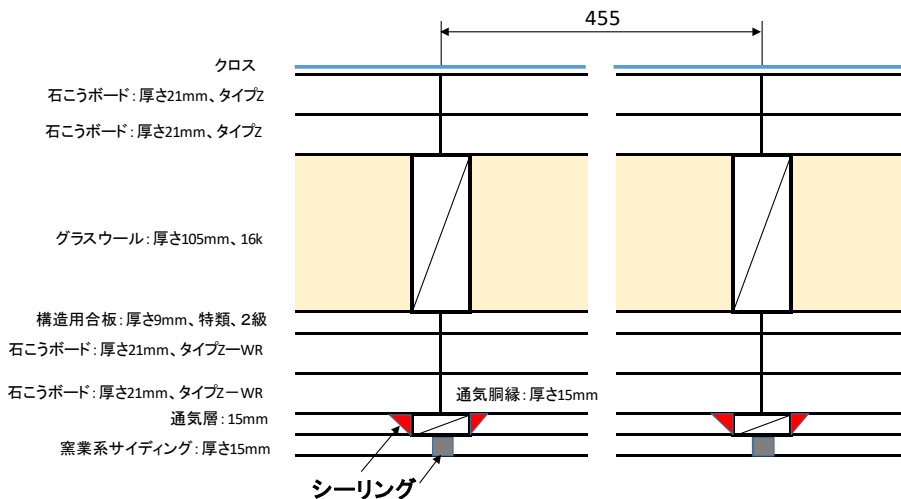


図 2.4.3 各試験壁体の境界部

## D.耐久性分野

### ③ 各試験壁体の仕様

通気胴縁を455mm間隔で留め付けて区分し、試験壁体は、図2.4.4および表2.4.1に示すように、東側の試験壁体はA～Eの5種類、北側の試験壁体はF～Gの2種類、屋外側の通気層の可視化実験用として、通気層①、②の2種類とした。試験壁体Aは、1階および2階に窓がある仕様、試験壁体B,Cは縦胴縁仕様であるが、Cは通気層の排気孔が閉塞している仕様、試験壁体D,E,Gは全て横胴縁仕様であるが、排気口の開閉や方位が異なっている。通気層内の状況を可視化により観察する通気層①が縦胴縁仕様、通気層Bが横胴縁となっている。測定項目は、温度、相対湿度、合板含水率とし、通気層の上端、中央、下端に設置した。通気層への雨水浸入は、建物周囲に設置した足場の軒高の位置に漏斗を設け、降雨時に3階建てを想定した壁面雨量のおおよそ5%<sup>4)</sup>を捕集し、2階天井レベルに注水出来るようにした(写真2.4.1)。

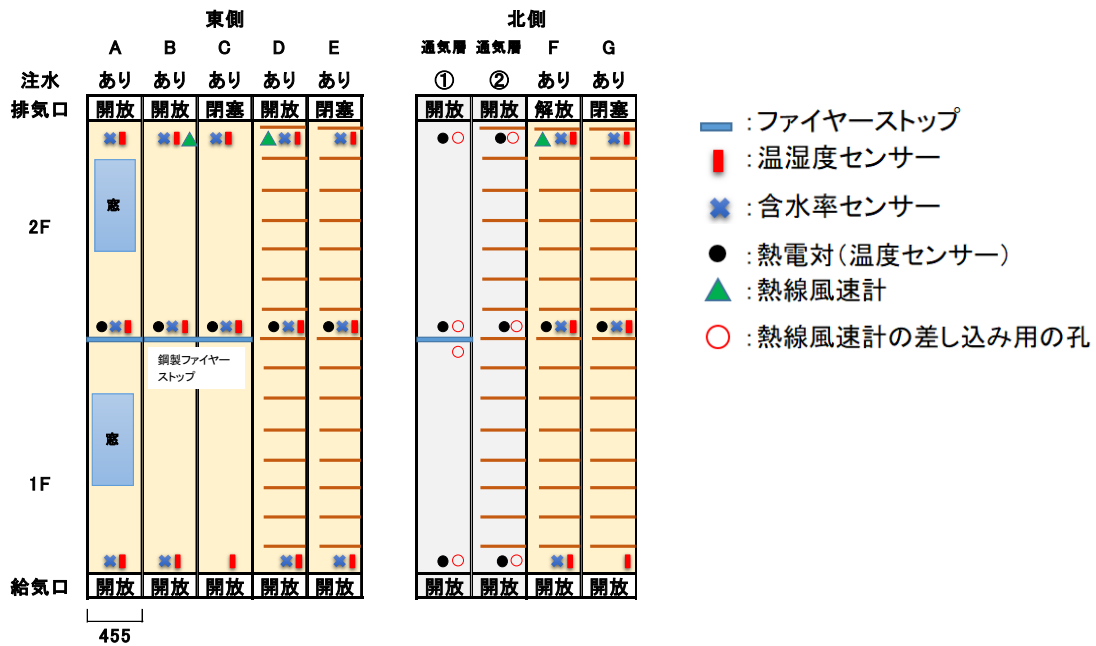


図 2.4.4 各試験壁体の概要とセンサーの設置位置

表 2.4.1 各試験壁体の概要

通気層番号	A	B	C	D	E	通気層 A	通気層 B	F	G
方位	東側					北側			
最上部自然注水漏斗使用	あり					強制注水煙		あり	
最上部の排気口	開放		閉塞	開放	閉塞	開放		開放	閉塞
通気層の遮蔽物	縦胴縁 金属製FS			横胴縁 金属製FS		縦胴縁 金属製FS	横胴縁 金属製FS	横胴縁 金属製FS	
途中階	鋼製炎浸入防止構造材			鋼製炎浸入防止 構造材なし		鋼製炎浸入防止 構造材なし	なし	鋼製炎浸入防止 構造材なし	
最下部の給気口	開放					開放 +強制給気		開放	
外装材	サイディング					透明板		サイディング	
摘要	1、2階窓設置	上部開放 +目地劣化	上部閉塞 +目地劣化	防水 最低Ver.	結露 最低Ver.	透明板 縦胴縁 ※注水 発煙	透明板 横胴縁 ※注水 発煙	防水 最低Ver.	結露 最低Ver.

(3) 各種の試験概要および試験結果と考察

① 外壁内の温湿度測定試験

a 通気層相対湿度の長期変動と上下分布

図 2.4.5 に 2021 年 6 月から 2022 年 1 月までの通気層相対湿度の変化を示す。通気障害が少ない縦胴縁 B は降水量の多い 6 月から 8 月にかけて上部が一時的に 80%を超えるが、降水量が少ない 9 月以降は低下傾向であり、上下差も小さい。東面の横胴縁 D では上下分布が明確に表れており、下段はおおよそ 80%以下で推移しているが、上段は 90%を超えている。横胴縁上部閉塞 E は、D と同様の变化であるが、上部を閉塞しているため、秋期以降の相対湿度の低下が緩慢で、冬期にかけての乾燥が遅い。北面の横胴縁 F では、東面ほど上下差は生じておらず、上段と中段の差は小さい。東面の特に通気障害が大きい仕様で上下差が顕著であるのは、通気層に浸入し滞留した水分が日射熱により蒸発し、下端部からの流入した空気が加湿され上部へ移動する現象によると考えられる。

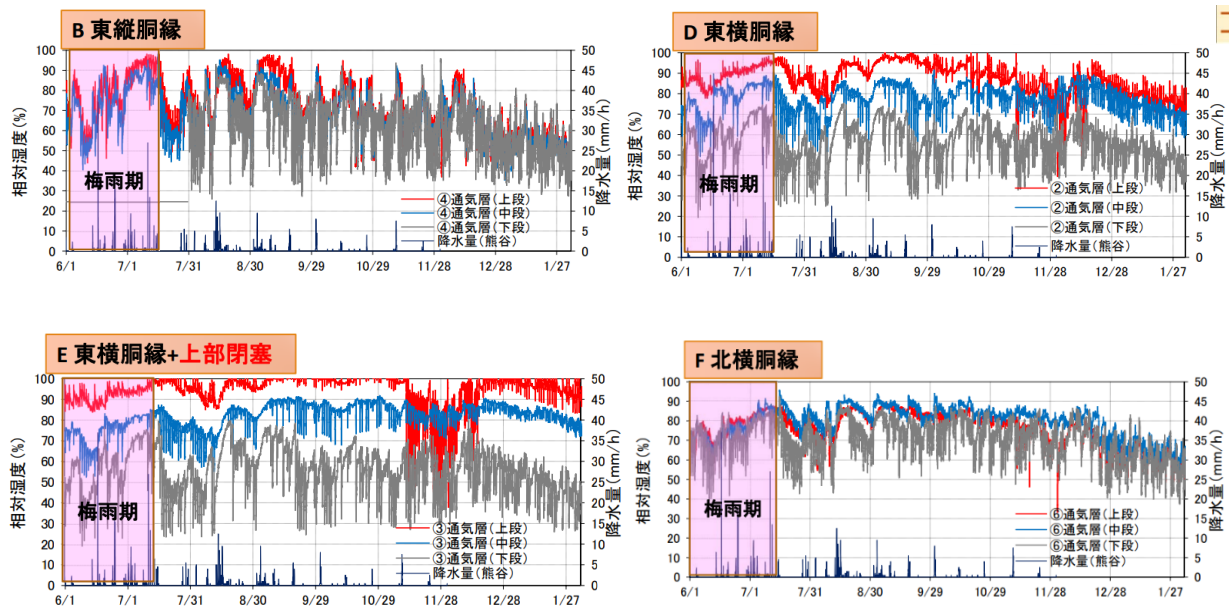


図 2.4.5 通気層相対湿度 (6/1~1/31、上から B, D, E, F)

b 梅雨明け前後の通気層の湿度の変動

図 2.4.6 は、梅雨明け前後の変動を拡大したものである。降水量が多く、日射量が少ない 7/10 までは変化は小さく高止まりしているが、7/16 の梅雨明け後は縦胴縁 B で低下が顕著である。しかし、横胴縁 D の上部では乾燥が遅れており、通気障害の影響がみられる。図 2.4.7 は断熱材と防湿層の界面に設置した相対湿度の変動である。梅雨期は徐々に値が上昇しているが、梅雨明け後の 7/16 以降は、特に上部で 95%を超え放湿型結露が発生していると思われる。上下差については通気層と同様に上部の値が高い。



D.耐久性分野

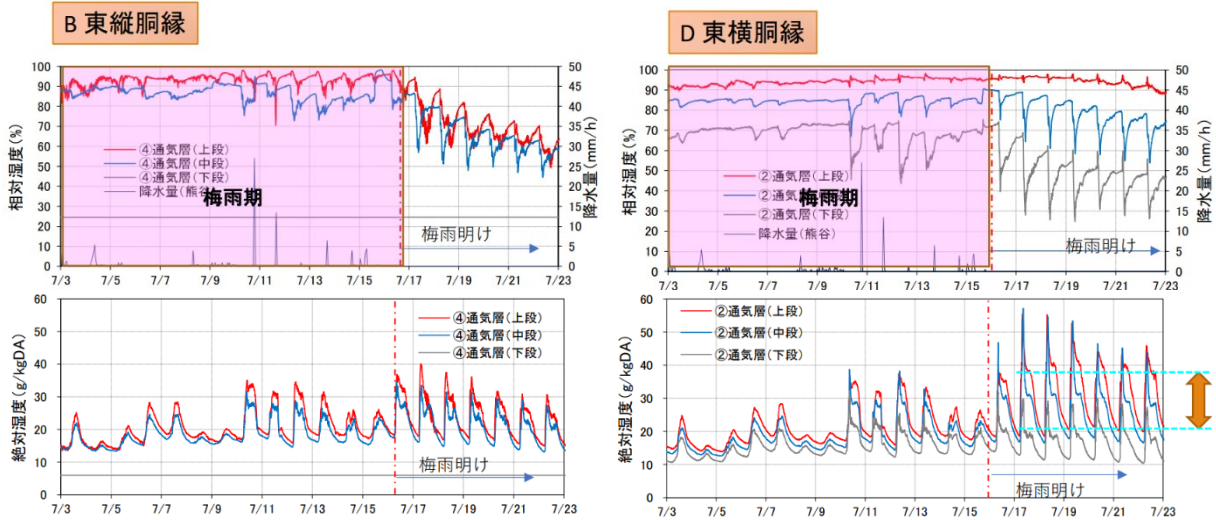


図 2.4.6 通気層の相対湿度および絶対湿度

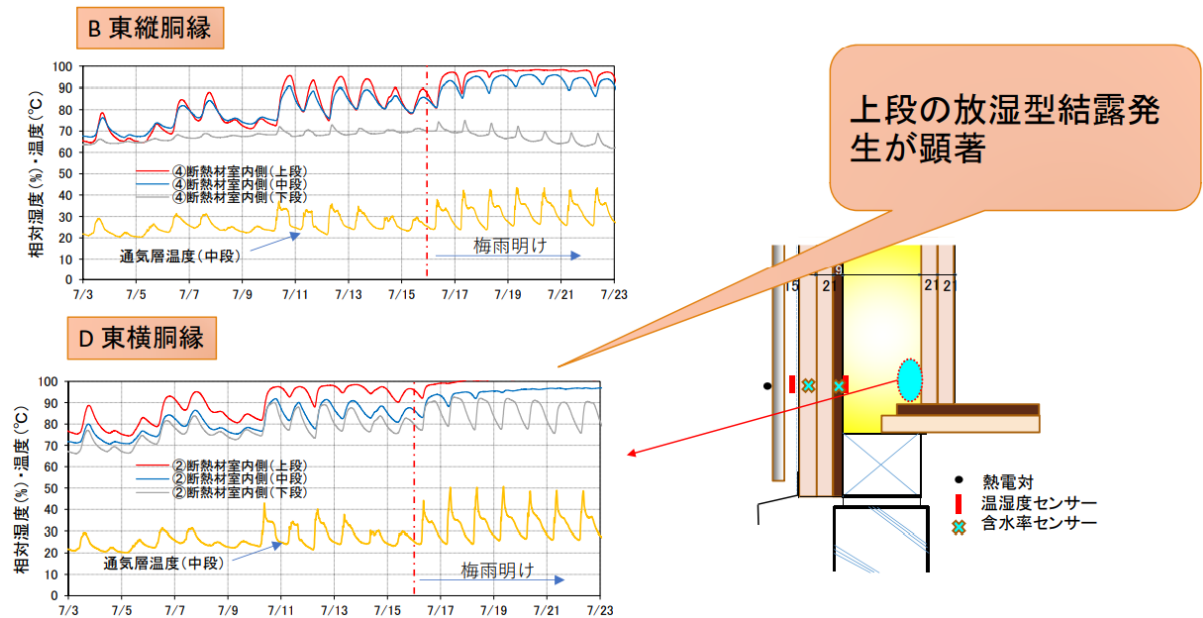


図 2.4.7 断熱材室内側相対湿度 (7/3~7/23)

c 放湿型結露の積算時間

断熱材室内側相対湿度が95%以上となる積算時間を図2.4.8に示す。横胴縁上部閉塞Eについては、8月中旬以降降欠損となっている。開口部A以外の仕様は上段の値が高く、通気層と同様に上階での高湿化が顕著であることがわかる。特に通気障害を想定した横胴縁や、縦胴縁でも上部閉塞では上段の積算時間が1200時間を超えており、通気が十分に確保されている縦胴縁Bの3倍以上となっている。Aについては、開口部が下段からの通気と蒸気拡散を阻害することにより、上段の高湿化が緩和されたと推測される。

## D. 耐久性分野

### 断熱材室内側相対湿度95%以上の積算時間

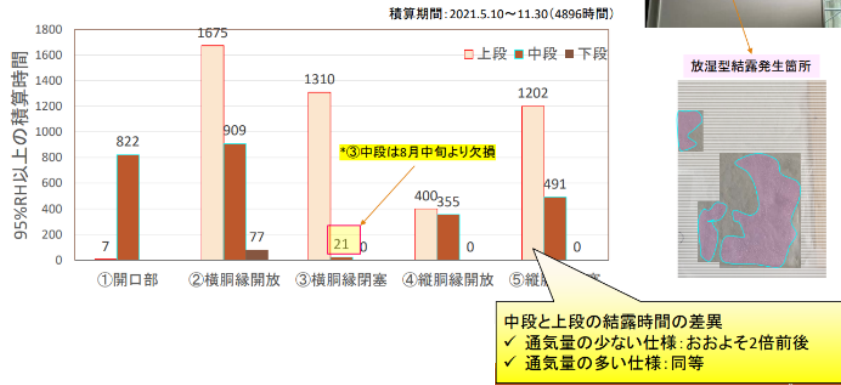


図 2.4.8 断熱材室内側相対湿度 95%以上の積算時間

#### d まとめ

- 1) 壁面雨量の5%が通気層内に浸入する想定で、東面及び北面外壁内の温湿度性状を測定した。
- 2) 通気層の相対湿度の上下分布は方位や通気特性により異なり、東面で顕著であるが北面では僅かであった。
- 3) 通気層の相当開口面積が小さい仕様ほど上下差は大きく、防湿層における放湿型結露への大きな影響が見られた。
- 4) 外壁上部の放湿型結露は、横胴縁仕様では1600時間を超え、中段の2倍程度となった。
- 5) 縦胴縁のような適切な仕様であれば、放湿型の結露時間を400時間程度となり、上下差も抑えられた。

#### ② 放湿型結露の可視化試験

##### a 試験概要

既往の研究<sup>2,4,4)</sup>から放湿型結露が発生しやすいとされる東側壁面と北側壁面を対象とし、図 2.4.9 に示す1F床面より上部910mm、2F天井より下部910mmの内装材の位置に透明板を張り、表 2.4.2 に示す仕様を対象としてタイムラプスカメラにて壁内の結露状況(写真 2.4.2)を記録した。可視化実験の期間は2021年7月30日~9月2日であり、梅雨明けは7月16日であった。(仕様の詳細は図 2.4.4、表 2.4.1 参照)

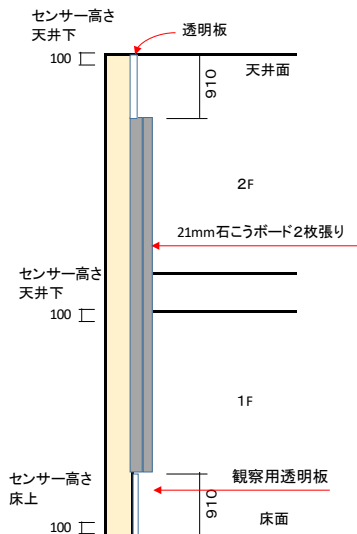


図 2.4.9 放湿型結露可視化試験の対象部位

表 2.4.2 試験体の種類 (2階、東外壁面)

仕様	方角	通気層の仕様	通気層上部の排気口
仕様B	東側	縦胴縁	開放
仕様C			閉塞
仕様D		横胴縁	開放
仕様E			閉塞



写真 2.4.2 可視化実験対象部位と結露状況の例

## D.耐久性分野

### b 試験結果

実験期間内において1階の放湿型結露は確認されなかった。東壁面の室内側の結露状況の概要を図2.4.10、写真2.4.3に示す。縦胴縁で上部の排気口が開放されている仕様Bは、常時、結露している期間は無く、それ以外の仕様は長期にわたり結露水が確認された。梅雨期において、通気層に面する多孔質材となる外装材に蓄積された水分が、その後の日射(図2.4.11)により放湿され結露が発生するものと推察され、降雨があり日射が少ない期間は結露が無くなっていた。また、絶対湿度が数日間にわたり約15g/kg DA以下になった後(図2.4.12)は、連続した結露現象が無くなっていた。なお、1Fで結露は生じておらず、通気構法における放湿型結露は上階で顕著となった。想定される放湿型結露のメカニズムを図2.4.13に示す。



図 2.4.10 各種仕様による結露の状況

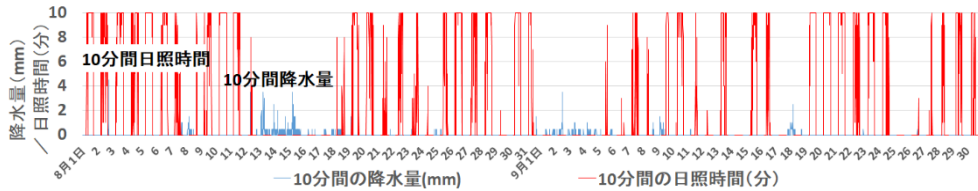


図 2.4.11 実験期間内の10分間降雨量および10分間日照時間

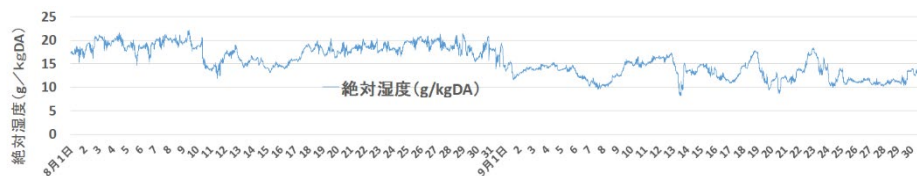
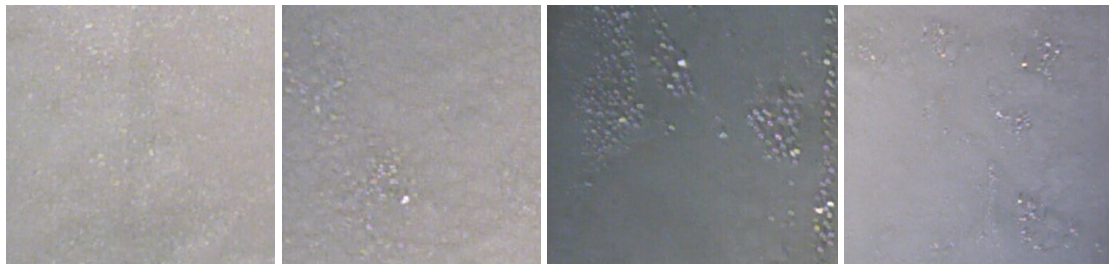


図 2.4.12 実験期間内における屋外の絶対湿度



仕様 B: 縦胴縁上部開放 仕様 C: 縦胴縁上部閉塞 仕様 D: 横胴縁上部開放 仕様 E: 横胴縁上部閉塞

写真 2.4.3 仕様 B が結露した日時の結露状況 (2021.8.28、午後10時)

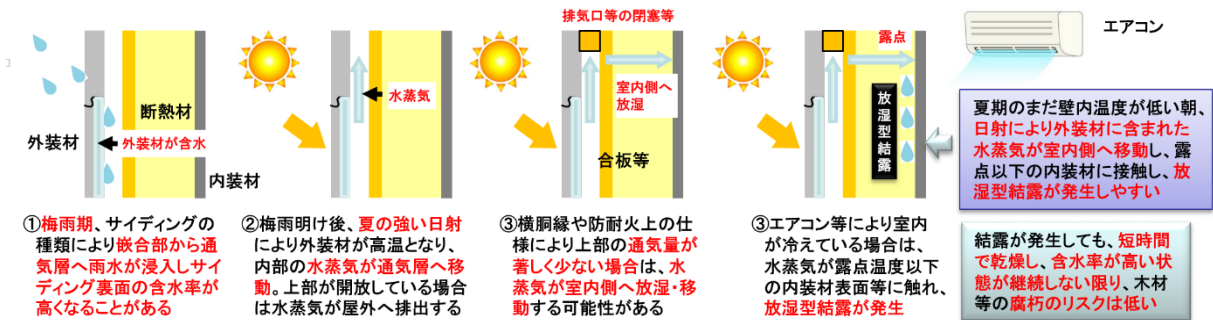


図 2.4.13 想定される放湿型結露のメカニズム

## D.耐久性分野

### ③ 通気層への浸入雨水の流下状況可視化試験

#### a 試験概要

試験体（写真 2.4.4）は、北側外壁の通気層の縦胴縁仕様と横胴縁仕様の2種類を対象とし、注水により雨水が通気層へ浸入して流下した際の状況を再現した。試験は、透湿防水シートの表面に水が触れると色が変わる「感水紙」を通気層の室内側に張り付け、縦胴縁および横胴縁の浸入水の流下・滞留状況を観察した。注水方法は、軒より上部に設けた漏斗から通気層内の透明板側へ注水する方法と感水紙側へ注水する方法の2種類とした。注水量は各仕様に1Lとし、10分当たりの注水量は約600cc（表 2.4.3）とした。

#### b 試験結果

感水紙側へ注水した結果を写真 2.4.4、表 2.4.3 に示す。感水紙表面の流下水の経路は、縦胴縁と横胴縁では大きく異なり、注水後、初めはどちらも筋状に流下するが、縦胴縁では徐々に流下範囲が広がる。

一方、横胴縁では水が胴縁の上面で滞留した後に拡散する性状を示した。透明板側への注水では縦胴縁仕様の付着水が多く、下端で捕集した水量から算出した通気層内の保水量も縦胴縁が多い結果となった。本試験の縦胴縁仕様は、炎浸入防止構造材を密着して留め付けており、流下状況からも影響したことが考えられる。なお、本実験では可視化を目的にしているため、感水紙と透明板を使用しており、実際に使用される材料と摩擦抵抗・吸水性等が異なることが推察される。

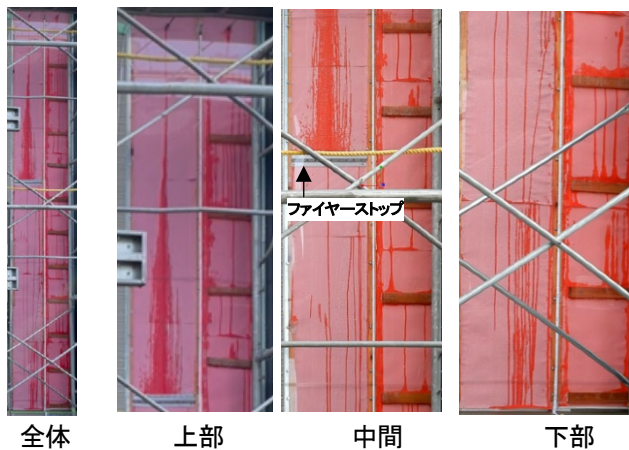


写真 2.4.4 感水紙側への注水による雨水流下状況

表 2.4.3 通気層への注水方法と流下水量

試験実施日：2022.2.28（月）			
試験場所：ものづくり大学実験住宅			
透湿防水シート代替品：感水紙			
外装材代替品：透明板			
縦胴縁仕様注水量：1L			
横胴縁仕様注水量：1L			
注水時間：約17分間			
10分間当たり注水量：約600cc			
1) 透明板側注水		2) 感水紙側注水	
縦胴縁		縦胴縁	
流下量：	592 cc	流下量：	721.5 cc
流下率：	59 %	流下率：	72 %
横胴縁		横胴縁	
流下量：	762.7 cc	流下量：	782.5 cc
流下率：	76 %	流下率：	78 %

### ④ 通気層内の気流状況可視化試験

#### a 試験概要

気流の可視化を可能にするため、透湿防水シートの表面に黒いアスファルトフェルトを張り、舞台用のスモーク発生装置を用いてホースにより煙を通気層へ充填する方法と強制的に一定速度(2.3m/s、1.3m/s、0.5m/s)の送風機により煙を充填する方法の2種類を採用して煙を充填した。ホースで煙を充填させた場合は、充填後、給気口及び排気口を開放して通気層内の気流の状況を観察した。なお、煙を完全に均一に充填させることは困難であり、煙は空気よりも重い粒子が含まれ、実験開始直後は煙が流下しやすい傾向であったが、その後の細かい粒子により空気と同様の挙動を示した。

#### b 試験結果

縦胴縁仕様の方が早期に煙が排出されやすく（写真 2.4.5）、横胴縁仕様は横胴縁相互間に煙が滞留しやすかった。外部風がある場合は、風向によっては通気層上端だけでなく、下端からも煙が排出されることがあり、給排気口近傍は脈動圧によって換気回数が内部に比べ増加する傾向が確認された。



## D.耐久性分野

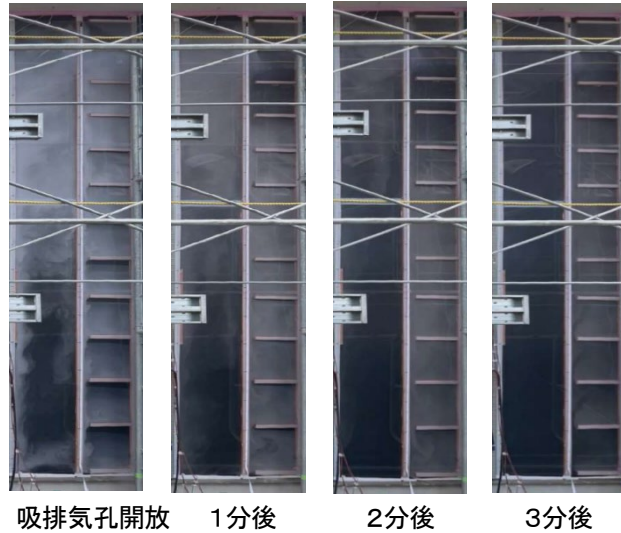


写真 2.4.5 通気層内の気流の状況(上部からホースにて煙を充填)

### 【参考文献】

- 2.4-1) Nil Sahal. et.al.: Water entry function of a hardboard siding/clab wood stud wall, Building and Environment, pp.1479-1491, 2005
- 2.4-2) 宮村雅史、齋藤宏昭：内部結露に影響する雨水浸入リスクについて、第48回熱シンポジウム「湿気の仕組み・制御・評価」 pp.9～12、2018.10
- 2.4-3) ASHRAE:Criteria for Moisture-Control Design Analysis in Buildings. ASHRAE Standard 160-2009
- 2.4-4) 長村貞治、齋藤宏昭、中島正夫：雨掛かりを考慮した外壁通気構法の水分挙動に関する研究（その1）、日本建築学会環境系論文集、第767号、pp.19-28, 2020.1
- 2.4-5) 松岡大介：外皮及び室内環境実証のための木造実大2階建て実験住宅の紹介、日本建築学会大会学術講演梗概集、2022.9

## D.耐久性分野

### 2.5 6階建て木造実験棟による外壁通気層の環境に関する実大暴露実験

#### 2.5.1 実施目的

本実験では、建築研究所敷地内（茨城県つくば市）に建設された6階建て枠組壁工法の建築物を対象として、中層木造建築物に採用された外壁通気層の温湿度および風速などの環境を計測することで、中層木造建築物における外壁通気層の環境性能の実態および耐久性に対する必要性能について検証した。

#### 2.5.2 対象建物の概要

写真 2.5.1 に、本実験で対象とした建築物の外観を示す。同建築物は、2016年に竣工した築5年の枠組壁工法による木造6階建て建築物である。外壁は図 2.5.1 に示す通り、耐火被覆を施すため、躯体の両側に告示で規定された強化石膏ボードを張り付け、耐火被覆の外側に通気層を設けている。通気層は、防火被覆厚さの違いから通気層の厚さは高さにより異なる。外装は、厚さ 15mm の窯業系サイディングが張り付けられている。

通気胴縁は写真 2.5.2 に示すように縦胴縁であり、建物の隅角部のみ横胴縁を採用して直交面への通気が確保されている。また、通気胴縁とサイディングの間は留め付け金物により 5mm 程度の隙間がある。

図 2.5.2 にサイディングと笠木の隙間の状況を示す。位置によりばらつくものの平均すると 3mm 程度の隙間が確認された。これ以外にも笠木どうしの継ぎ目にも数 mm～1cm 程度の隙間が存在した。

写真 2.5.3 には、通気層下端の水切り金物の上部で確認された透湿防水シートの捲れの状況の例を示す。本建物は、クロス等の内装は未施工で、空調も実施していない。



写真2.5.1 建物の外観

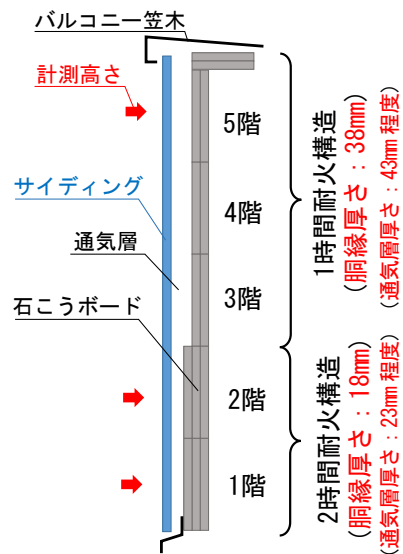


図2.5.1 通気層厚さの分布（東面）

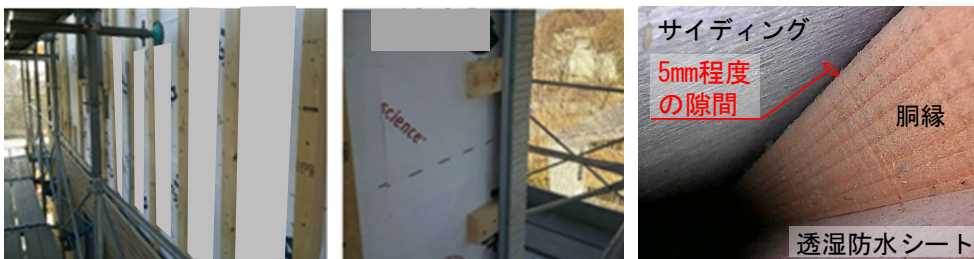


写真2.5.2 胴縁およびサイディングの施工状況

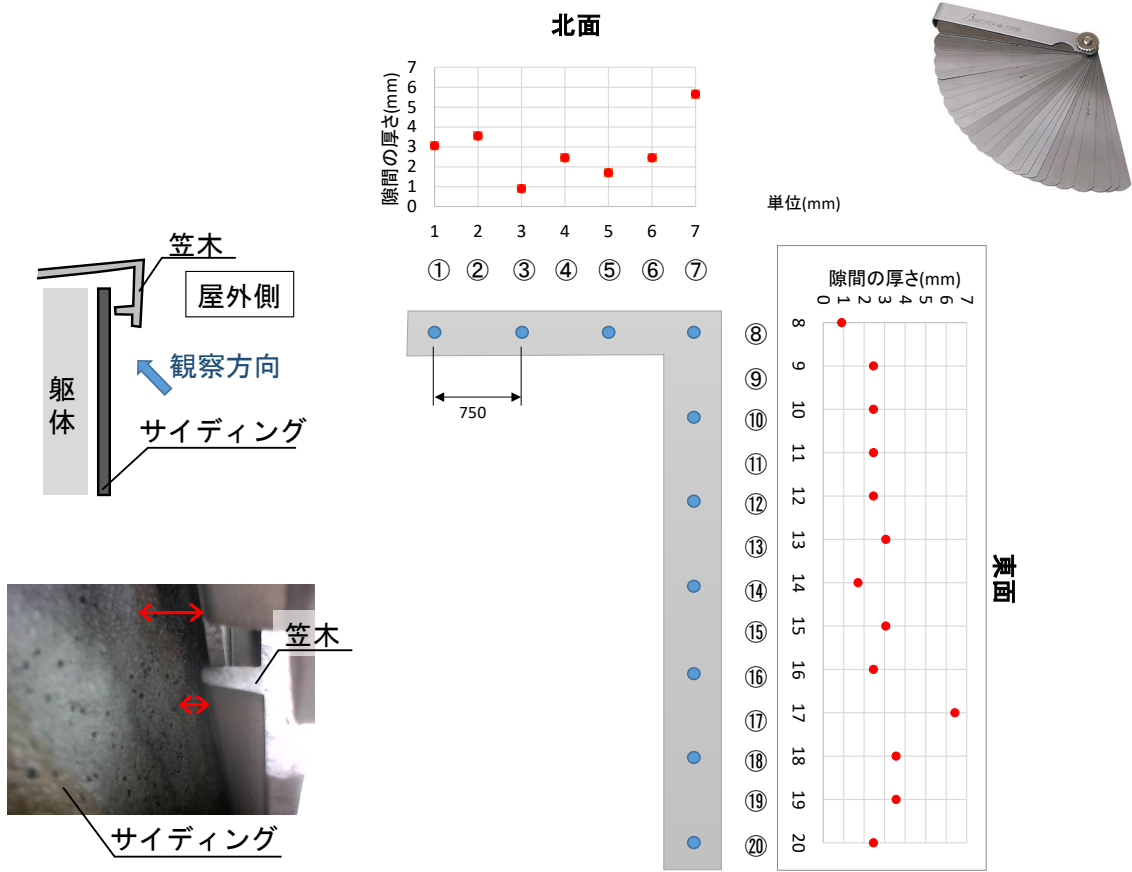


図2.5.2 サイディングと笠木の隙間の状況（左）と隙間の測定結果（右）

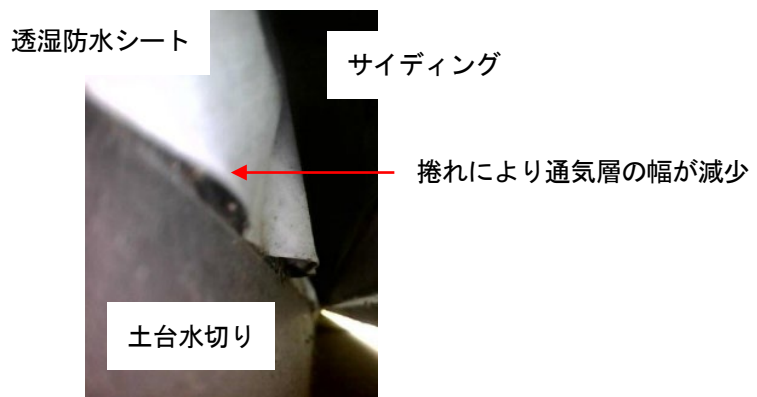


写真2.5.3 水切り金物上部の透湿防水シートの捲れ



## D. 耐久性分野

### 2.5.3 測定方法

図2.5.3にセンサの設置位置を、写真2.5.4にセンサの設置後の建物の外観を、写真2.5.5に通気層内部へのセンサの設置方法の詳細を示す。測定は東側外壁面および北側外壁面で実施した。東面にはバルコニーがあるため計測は5階分の高さで行っている。測定項目は、通気層内部の風速、温度、相対湿度とし、風速は1階と5階の、その他は1階と2階と5階のそれぞれ階高の中央付近で計測した。通気層内部のセンサの固定位置は、通気層厚さおよび縦胴縁の相互間のそれぞれ中央付近とした。これ以外に、直線距離で250m程度南西方向に離れた4階建て建物の屋上に3mのポールを立て、気象センサにより外部環境の計測も行った。各測定値の計測間隔は5分間とした。

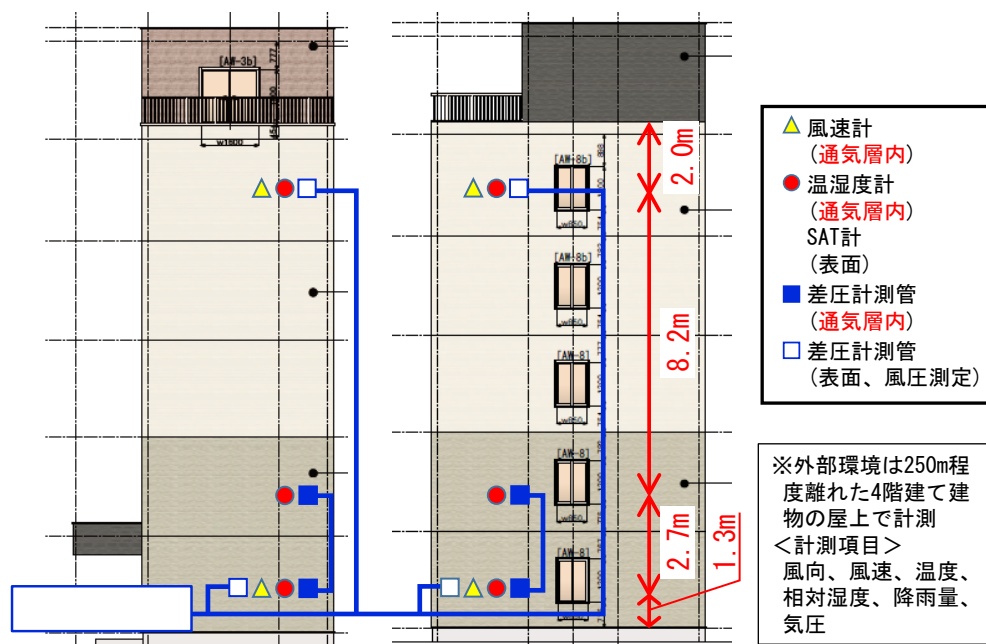
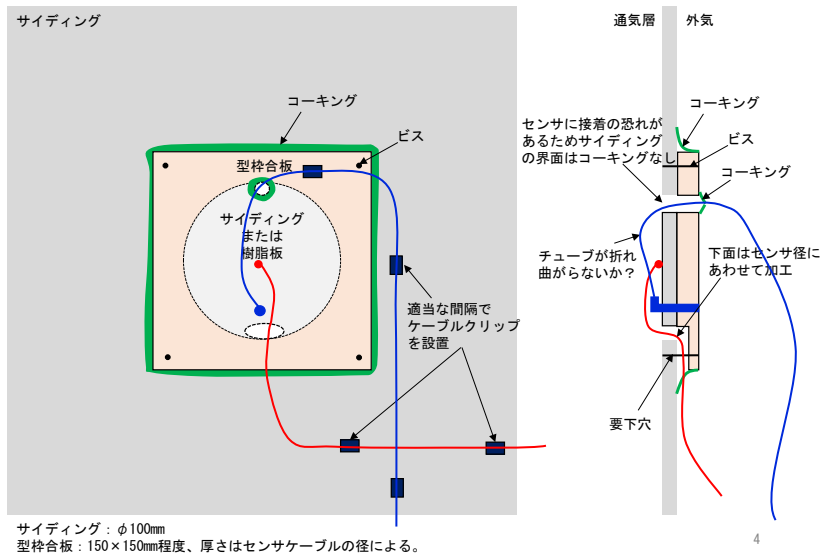


図2.5.3 センサの設置位置

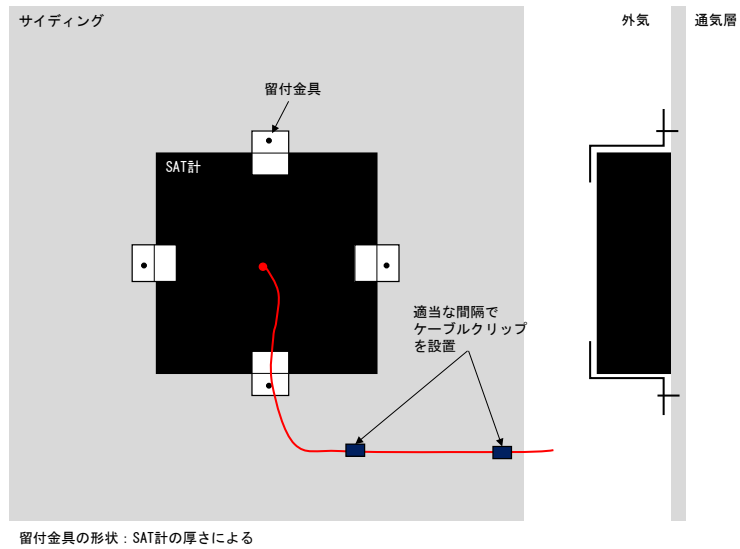


写真2.5.4 センサの設置後の建物の外観

## D. 耐久性分野



(a) 通気層内センサおよび差圧チューブの納まり



(b) 外壁面のSAT計の納まり



(c) 通気層内センサの設置状況 (東面5F、風速計、温湿度計、差圧計用チューブ)

写真2.5.5 通気層内部へのセンサの設置方法の詳細

## 2.5.4 実験結果とその考察

## (1) 通気層内部の温湿度と風速の日変動

図2.5.4 (1)に晴天時の通気層内部の温湿度および風速の日変動の例を、写真2.5.6に対象建物に対する日射の当たり方の例を示す。ここで、風速は10min間の移動平均として示す。また、図2.5.4 (1)の抽出前後の測定結果の履歴を図2.5.4 (2)に示す。

東面には午前中にサイディングに日射が当たり、その熱が通気層へ伝達されるため、夜明けとともに通気層内部の温度が急激に上昇し、それに伴って、東面の風速も上昇している。東面の風速が5Fよりも1Fの方が大きいのは通気層厚さの違いの影響である。後述するように、北面の通気層内部の温度は外気温に近い変化を示すが（後掲図-2.5.5参照）、図-2.5.4(1)の温度と風速の比較からは、北面の1Fの風速が同位置の温度変化よりも東面の風速に近い挙動を示す。これは、通気層が東面と北面で繋がっているため、東面の通気層内の空気の移動に引っ張られている可能性が考えられる。相対湿度は温度変化と逆位相の挙動を示す。

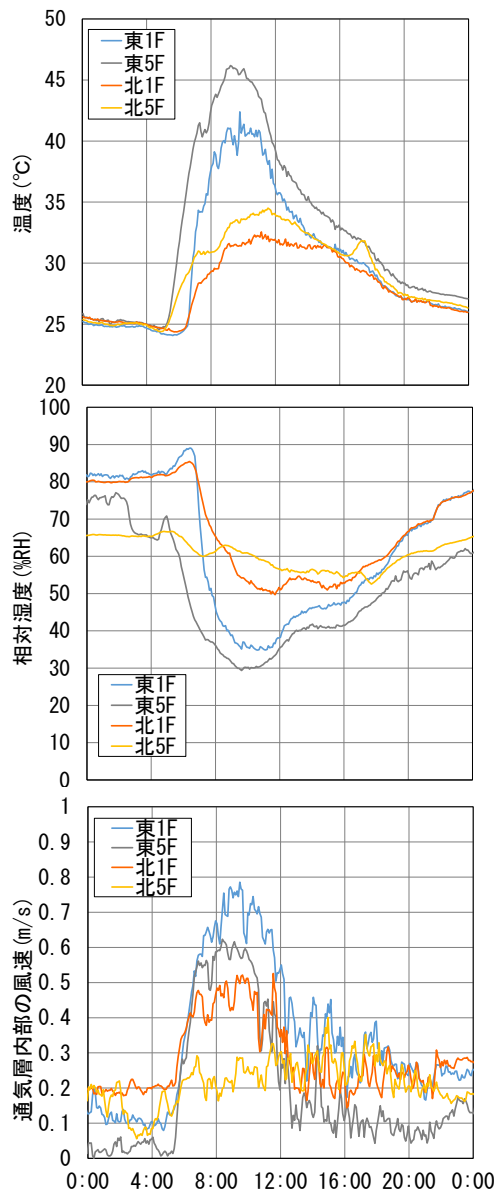


図2.5.4 (1) 通気層内部の温湿度と風速の日変動の例 (2021/7/31、晴天時)

# D.耐久性分野

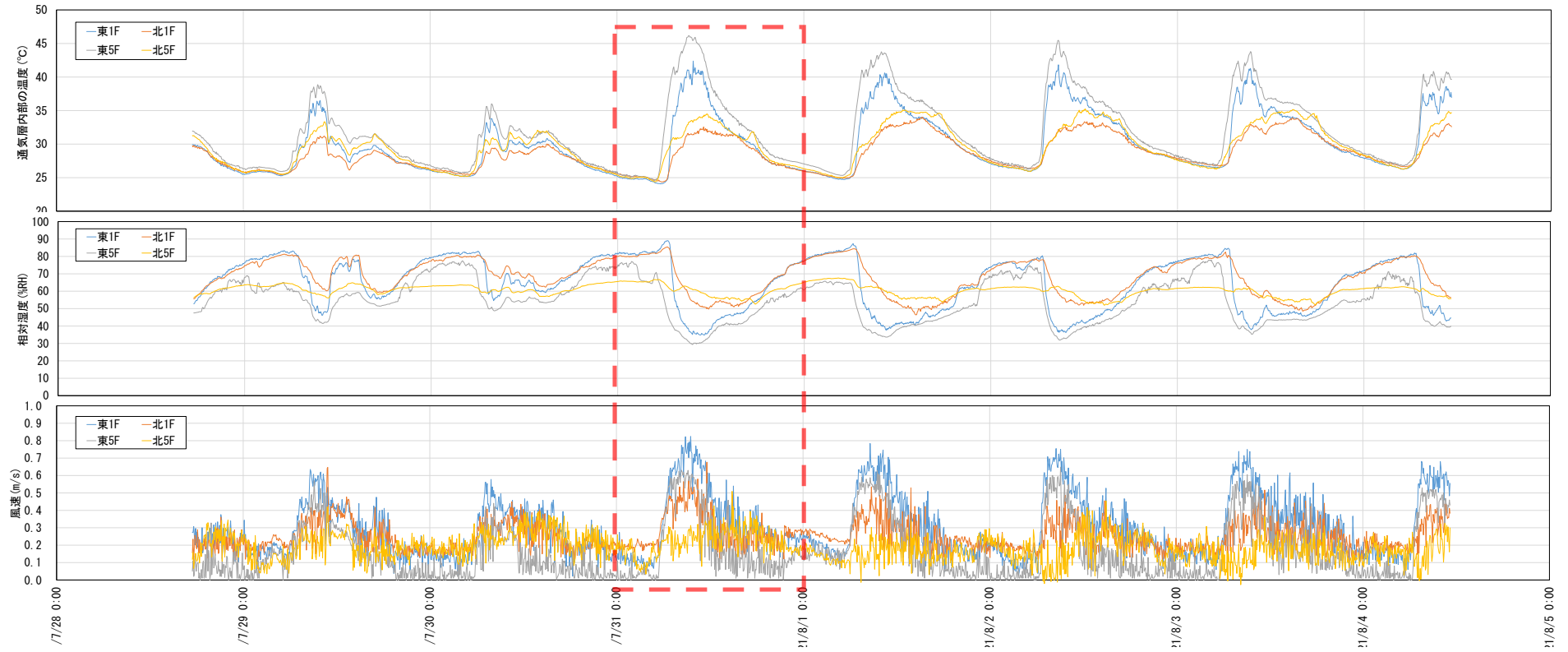


図 2.5.4 (2) 通気層内部の温湿度と風速の日変動の例 (2021/7/28~8/5)



D.耐久性分野

: 東面または北面の一部に日射が当たっている  
 : 東面の全面に日射が当たっている



写真 2.5.6 対象建物に対する日射の当たり方の例 (2022/8、晴天時、東/北面)

(2) 通気層内部の環境に及ぼす天候の影響

図 2.5.5 に、晴天 (8/25~8/30) から雨天 (8/31~9/3) への通気層内部および外気の変動履歴を示す。ここで、温度および相対湿度の測定結果から、Sonntag の式を用いて計算した絶対湿度も示す。温度および相対湿度の測定結果からは、図 2.5.6 に示すような傾向、すなわち、日射による東面の温度上昇に伴う相対湿度の低下傾向と、日没後および曇天時には方角によらず 5F では 1F に比べて相対湿度が低い傾向などが解る。

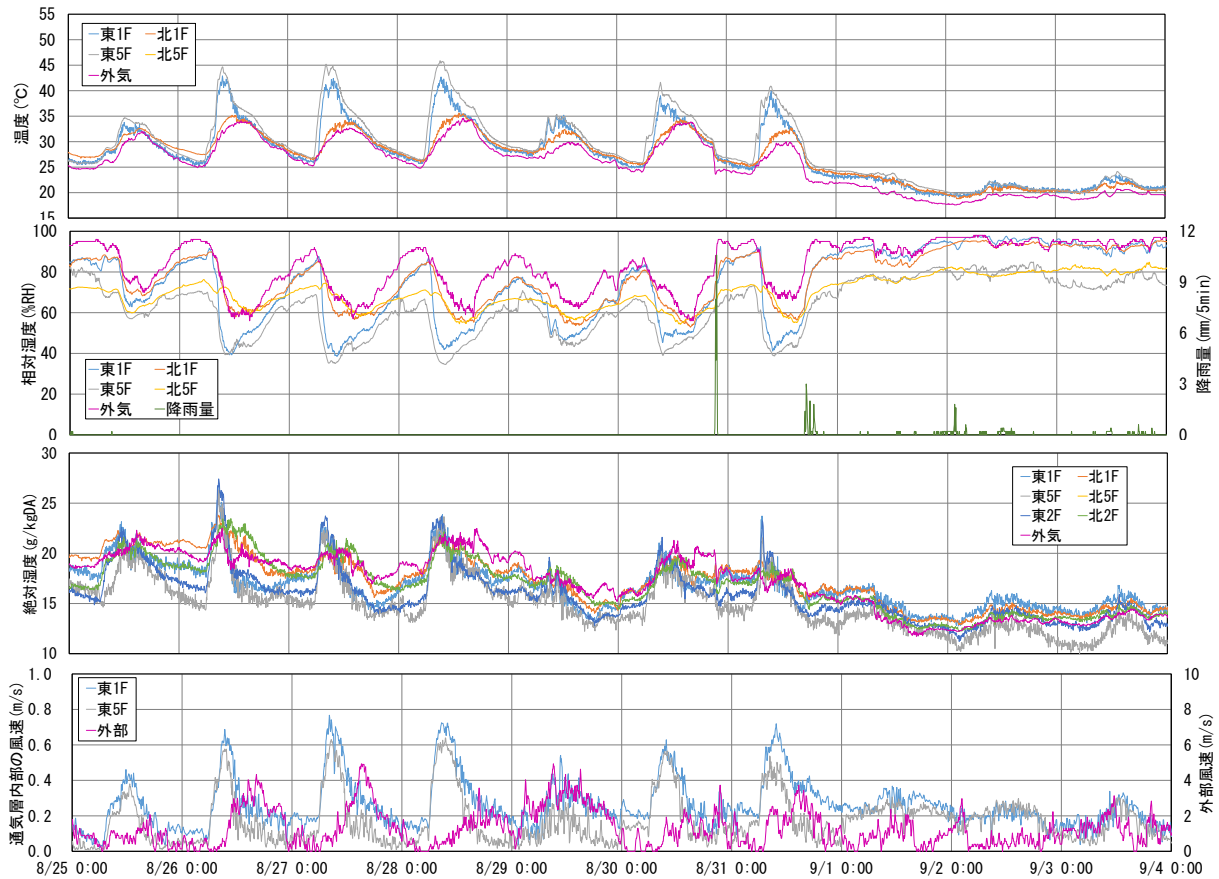


図 2.5.5 通気層内部の環境に及ぼす天候の影響の例 (2021/8/25~9/3)

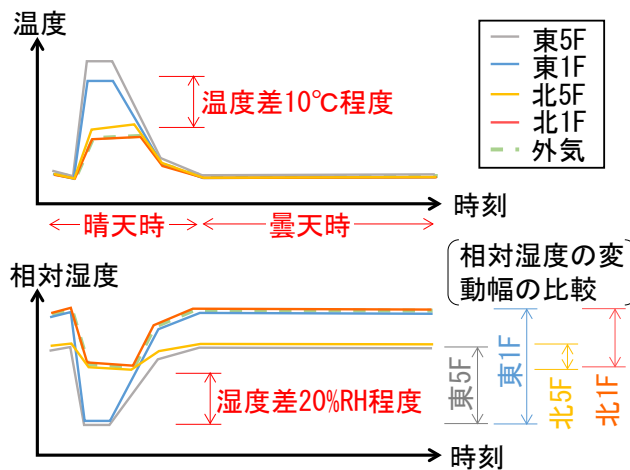


図2.5.6 通気層内部の温度および相対湿度の傾向分析

## D.耐久性分野

また、絶対湿度に関する外気と通気層内部の比較からは、晴天時の日没後には外気よりも通気層内の絶対湿度が低くなっており、通気層内部の材料が乾燥状態にあるが、降雨が続くと東5Fを除く通気層内は外気よりも絶対湿度が高くなっており、これは周囲の材料が湿潤していることに加え、パラペットおよび嵌合部からの浸水や地表面近くの高湿度の空気の流入の影響などが考えられる。

### (3) 通気層内部の環境に及ぼす季節の影響

図2.5.7に、夏季、秋期、冬季の各季節における測定結果の比較の例を示す。同図は各季節における晴天と雨天を含む4日間を抽出して示す。図によれば、季節による温度および日照時間の差はみられるものの、通気層内部の温度、相対湿度および風速の相対的な関係は季節によらず類似の傾向を示し、天候の影響についても季節によらず類似の傾向が見られた。

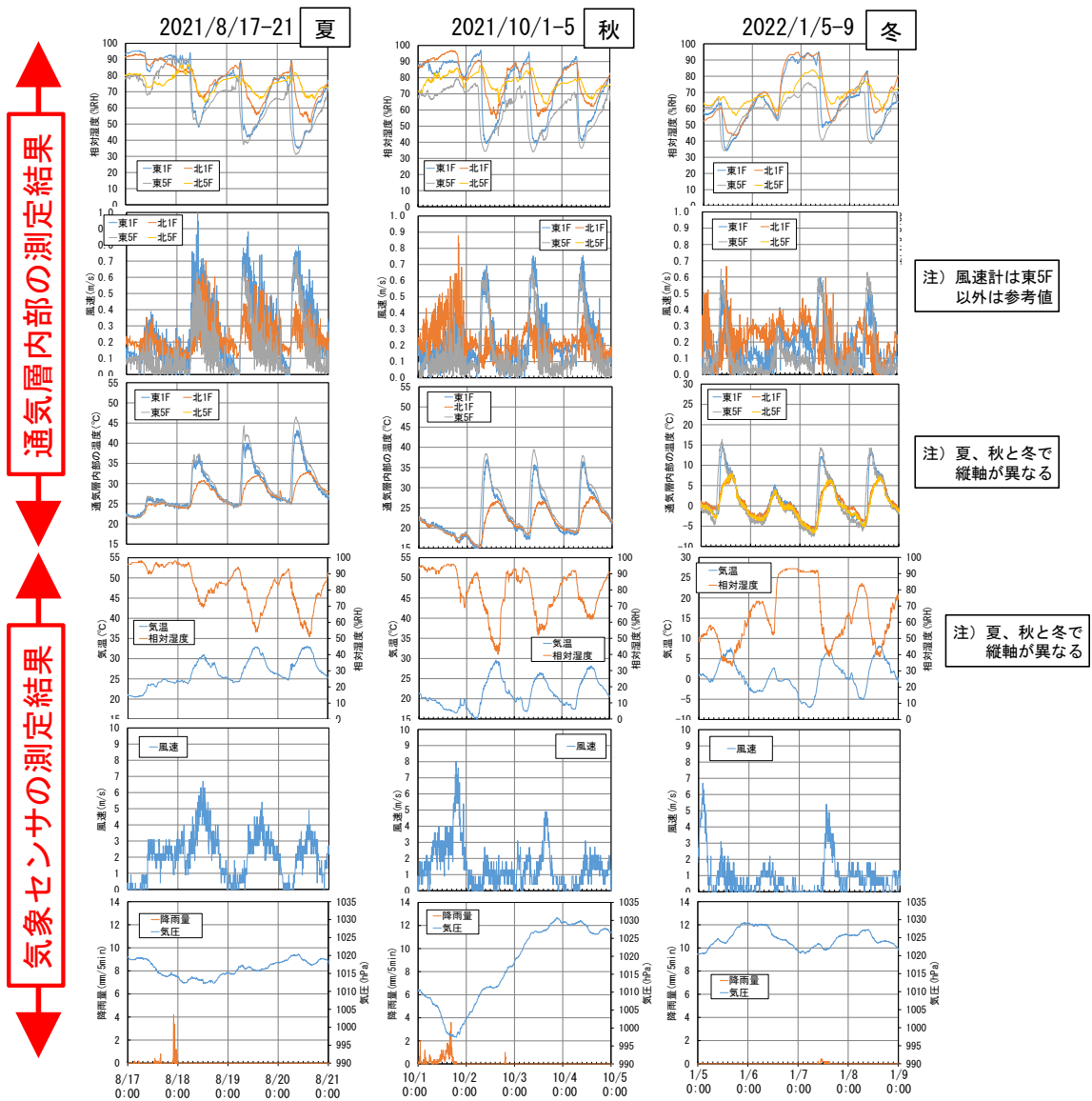


図2.5.7 各季節における測定結果の比較の例



## (4) 外部風速と通気層内風速の関係

図 2.5.8 に、外部風速と通気層内の風速の比較例を示す。ここで、外部風速は、対象建物から直線距離で 250m 程度南西方向に離れた 4 階建て建物の屋上に 3m のポールを立てて気象センサにより計測した結果を示す。また、外部風速に関しては、西向き及び東向きの風を色分けして示す。図によれば、通気層内風速（東面 5F）と外部風速の間には明確な相関はみられない。これは、図 2.5.4(1)で示したように、通気層内風速の駆動力としては日射による通気層内温度の上昇に伴う上昇気流の影響が大きく、外部風の影響が相対的に小さいためとも考えられるが、対象建物と気象センサが離れて設置されていることに拠る可能性もあり、今後、風圧係数および通気層上下の圧力差等について、風向別の外部風との関係の整理などの詳細な調査により検証する必要がある。

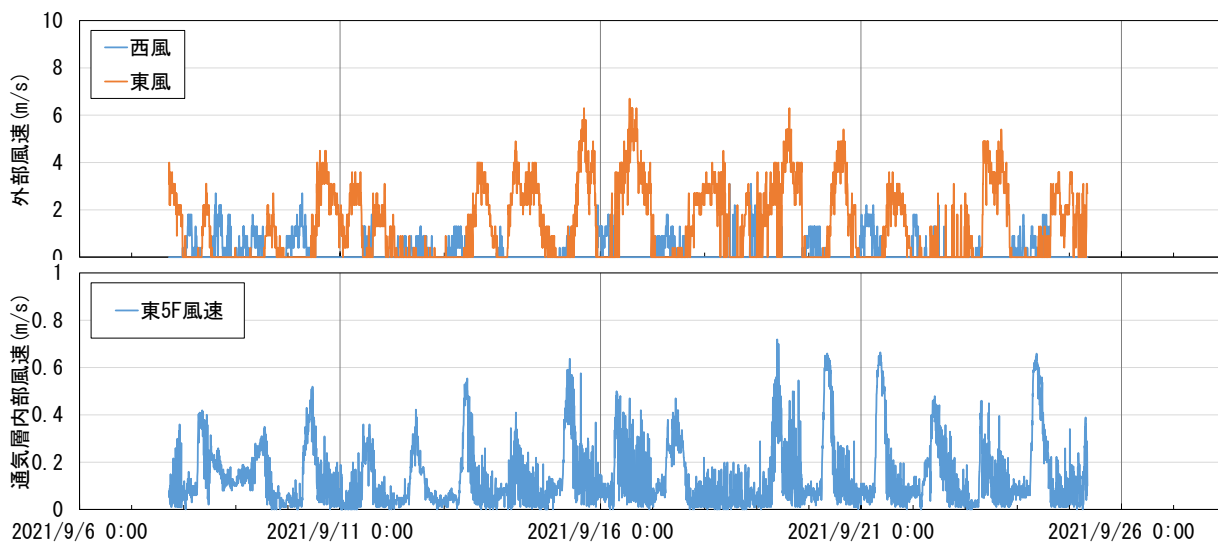


図 2.5.8 外部風速と通気層内風速の比較の例 (2021/9/6~9/26、東面 5F の例)

## 2.5.5 まとめ

本節では、実大の中層木造建築物を対象として、外壁通気層内部の環境の特性の把握を試みた。本実験では、外装の劣化などによる通気層等への雨水浸入の無い、比較的健全な状態の計測結果となっていると考えられるが、ある程度の建物高さのある場合の通気層内部の風速および温湿度の分布などが把握された。

2.6 防耐火被覆に使用する強化石膏ボードの耐水性試験

2.6.1 目的および試験概要

(1) 目的

中高層木造建築物は、防耐火性能を確保するため、防火被覆を施す必要があり、75分準耐火構造の場合、躯体の室内側および屋外側の両面に厚さ21mmの強化石膏ボード各2枚を用いて被覆する必要がある。しかし、戸建て木造住宅において、屋外側に石膏ボードを用いる事例はほとんど無く、耐久性に関する研究実績も少ない。そこで、本研究では、強化石膏ボードに水張り処理を行い、せん断強度、単位面積質量、吸水率の試験・計測を行い、耐水性および強度性能の検討を行った。

(2) 試験概要

試験は、以下に示す手順により実施した。試験体の浸水時間、寸法、個数は表2.6.1～2.6.2に示す。

- 1) 200mm×500mm、厚さ20mmによる2枚の強化石膏ボードを突き合わせ、目地となる裏面に幅100mmの防水テープを貼りつける(図2.6.1)
- 2) 強化石膏ボードを釘(GNC65)で枠組工法構造用製材(204材)に固定する。
- 3) 上面に四角い木枠を固定して強化石膏ボード上に水を溜められる形状とする。
- 4) 試験体に水を一定時間(表2.6.1)浸漬した後、水を抜き取る。
- 5) 強化石膏ボードを切断して「強度試験用」と「含水率測定用」の二つに分ける。
- 6) 各試験を実施する(表2.6.2)

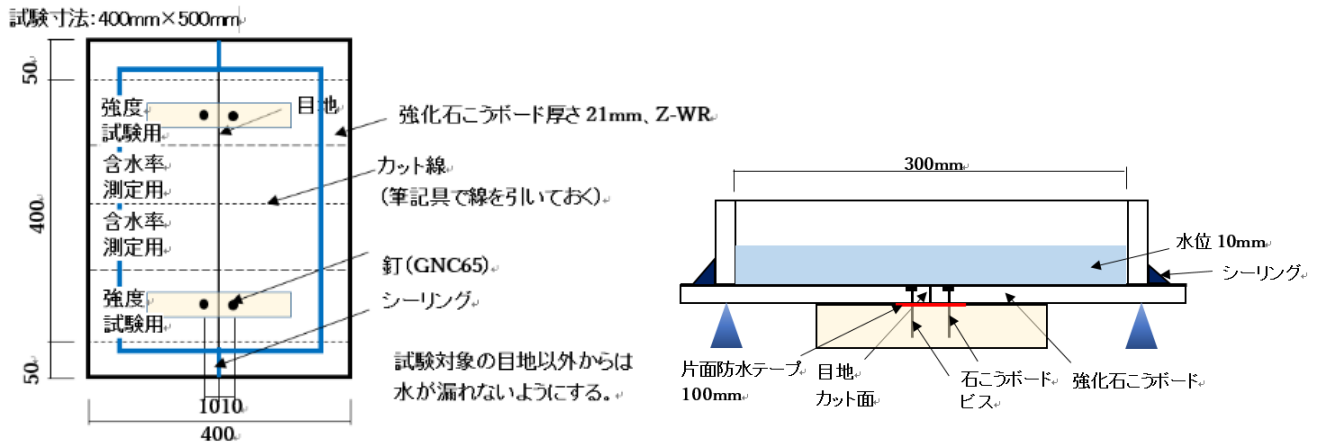


図 2.6.1 試験体の平面図及び断面図

表 2.6.1 各試験による試験体寸法および個数

試験体番号	浸漬時間
1	0 時間
2	6 時間
3	24 時間
4	168 時間

表 2.6.2 浸漬試験の寸法および個数

試験項目	寸法	数量
せん断強度	105mm×400mm	試験体番号ごとに2個
単位面積質量	100mm×100mm	試験体番号ごとに3個*
吸水率	105mm×10mm	試験体番号ごとに20個

\*せん断強度試験の終了後、せん断強度試験片から採取した。

## D.耐久性分野

### 2.6.2 試験結果

#### (1) 浸水状況

試験体の上面へ高さ 10mm になるように水を張り、一定時間経過した状況を観察した。試験前と試験終了後の状況を写真 2.6.1～2.6.3 に示す。その結果、168 時間経過した後においても、著しい変色等は認められなかった。



水張り前



水張り 6 時間後



6 時間後の目地周辺部

写真 2.6.1 試験体 2 の状況



水張り前



水張り 24 時間後



24 時間後の目地周辺

写真 2.6.2 試験体 3 の状況



水張り前



水張り 168 時間後



168 時間後の目地周辺

写真 2.6.3 試験体 4 の状況

#### (2) せん断強度

浸水試験終了後、試験片の目地部にある防水テープをカッターで切断し、試験片を定速型万能試験装置に取り付け、試験片に毎分 2mm の速度で引張変位を与え、最大荷重及び最大荷重時の変位量を測定した。せん断強度試験の状況を写真-2.6.4 に、浸水時間とせん断強度の関係を表 2.6.3 および図 2.6.2 に示す。試験の結果、浸水時間の増大に伴い著しくせん断強度が低下することが明らかとなり、168 時間（7 日間）にわたり浸水させた試験体は、浸水が無い試験体のせん断強度に対して 35%の強度に低下していたことが明らかとなった。



写真 2.6.4 せん断試験の状況

D.耐久学分野

表 2.6.3 浸水時間とせん断強度

試験体番号	浸漬時間 (hr)	最大荷重 (N)	平均値 (N)	浸水が無い試験体との比較	最大荷重時の変位量 (mm)
1	0	264	269	100%	3.2
		274			3.4
2	6	240	205	76%	5
		170			2.1
3	24	193	151.5	56%	2.8
		110			1.4
4	168 (7日間)	71	93.5	35%	0.8
		116			1.4

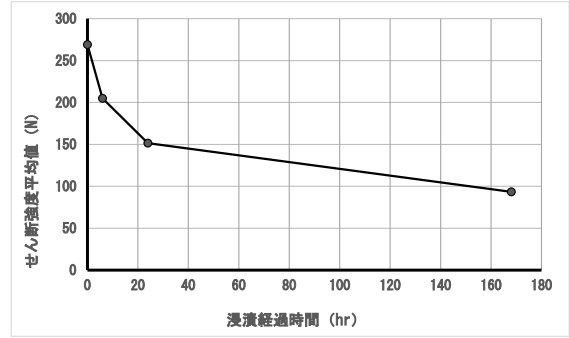


図 2.6.2 浸水時間とせん断強度の関係

(3) 吸水率

目地を設けた試験体の上面に水を溜めて一定時間経過させた後、表面に付着している水を拭き取った後、目地から 10mm ごとにカッターで切断し、その質量を計測し吸水率を求めた (図 2.6.3)。対象とする浸水が無い試験体は、せん断試験体から採取した (図 2.6.4)。気乾時の単位面積当たりの質量は、試験片を 80 ± 2°C の乾燥機で 24 時間加熱したのち、試験片が常温になるまで冷却し、寸法及び質量を測定して求めた。なお、吸水量は式 (2.6.1)、吸水率は式 (2.6.2) によって算出した。

図-2.6.5 に示す実験結果からは、吸水率は目地から距離が離れるのに従って低下しており、目地からの距離 10mm と 50mm を比較すると約 2.5 倍の差が生じており、目地から吸水している状況が明確となった。

$$\text{吸水量} = \text{水張り処理後の試験片質量} - \text{乾燥時の試験片質量} \quad \dots\dots\dots (2.6.1)$$

$$\text{吸水率} = \frac{\text{吸水量}}{\text{乾燥時の試験片質量}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2.6.2)$$

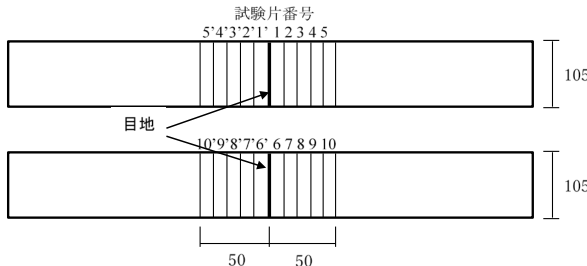


図 2.6.3 吸水率試験片の採取位置

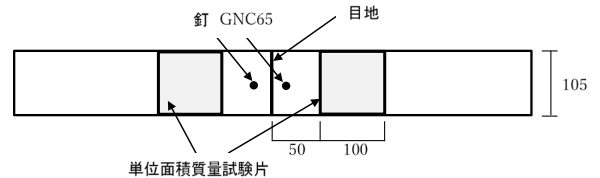


図 2.6.4 乾燥試験体の試験片の採取位置

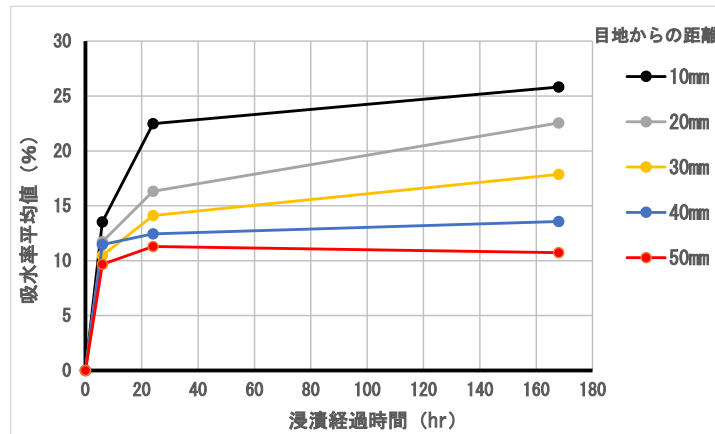


図 2.6.5 浸水時間および目地からの距離による吸水率の関係

2.6.3 まとめ

本試験により、強化石こうボードの目地付近の吸水率が高く、せん断強度が著しく低下することが明確となった。

### 2.7 CLT床へのコンクリート打設による水分の影響に関する実験

#### 2.7.1 実験概要

##### (1) 実施目的

木質系床の防音対策や、混構造床スラブとしてRCとCLTの合成床版を採用する場合などに、木質系床の上にフレッシュコンクリートが打設されることがある。木質系床版に直接フレッシュコンクリートが接すると、施工時だけでなく、コンクリート硬化後も継続してコンクリートが接していることになり、施工時の水分の乾燥が期待できず、木質系床版の上面に腐朽環境を形成するリスクが高まると考えられる。また、コンクリートの施工時には木質系床版の接合部からのコンクリート（セメントノロ）の漏洩なども考えられることから、木質系床版にフレッシュコンクリートが直接接触しない措置が必要となる。

木質系床版の上にフレッシュコンクリートを打設する場合には、遮水シートにより木質材料への水分の供給を遮断することが基本となる。ただし、実構造物においては遮水シートの重ね合わせ部分や、合成床版の金物が遮水シートを貫通する部分などの止水処理については注意が必要となる。

そこで本節では、木質系床版の中でもCLT床版を対象とし、小型試験体による実験的な検証を行うことで、CLT+RC合成スラブを施工する際の、フレッシュコンクリート打設によるCLT床版に対する水分の影響を把握し、CLTとコンクリートの界面に施工する遮水シートの適切な納まりを確認することを目的とする。

##### (2) 試験体の作製

試験体の概要を表2.7.1に、各要因の説明を表2.7.2に、試験体の概要を図-2.7.1に、遮水シートの重ね方を図2.7.2に、試験体の作製手順を写真2.7.1に示す。また、各試験体作製時の状況を表2.7.3に示す。

試験体には、200×200mmで厚さ90mmのCLT試験体を用い、接合金物を設置する場合には深さ45mm×幅6mmのスリットをCLT試験体に加工して、75×200mmで厚さ3mmの鉄板をスリットに挿入してエポキシ接着剤で固定した。ここで、接合金物は、実験期間終了後にコンクリートを撤去するためにコンクリート上部に突き出させている（実際の施工状況と異なる）。接合金物の設置時期は遮水シートの設置前と後の2種類とし、遮水シートの設置後に接合金物を固定する場合には接合金物を固定するエポキシ接着剤で遮水シートの隙間を一緒に接着し、遮水シートの設置前に接合金物を固定する場合には、遮水シートの設置後に接合金物との隙間を防水テープでふさいだ。

遮水シートには、0.2mm厚のポリエチレンシートを用い、小型の型枠の内寸に合わせた箱型に溶着により加工した。また、試験体は水平方向に十分に大きな床版を仮定し、遮水シートとCLT供試体表面以外の部分はシリコン等で止水し密閉された条件を再現した。

コンクリートは目標スランプ値18の普通コンクリートを用いた。フレッシュコンクリートの打込みは、ハンドスコップで型枠内に投入後に、突き棒で均し、棒状振動機で締固めを行った。締固め終了後に表面をコテで仕上げ、そのまま実験室内で気中養生を行った。コンクリート打設時の室温は30.0°Cであった。

D.耐久性分野

表 2.7.1 試験体の概要

No.	接合金物		遮水シートの処理方法			
	有無	設置時期	防水テープ	シートのしわ	裏面の密封処理	
1	有り	遮水シート の後	無し (エポキシ接着剤)	無し	無し	
2						
3		遮水シート の前	有り			
4						
5	無し	-	無し	無し		
6						
7						
8			有り	有り	有り	
9			有り	有り	有り	無し
10						

表2.7.2 各要因の説明

要因	説明
接合金物の有無	遮水シートを貫通する接合金物（幅75mm×厚3mm）の有無。
接合金物の設置時期	接合金物の設置時期が遮水シートの施工の前か後かにより遮水シートの処理方法が異なる状況を再現。
防水テープの有無	シートの重ね部等の防水テープによる処理の有無。 ただし、接合金物を遮水シートの設置後に固定する場合には、接合金物の貫通穴を接合金物の固定用のエポキシ接着剤でそのまま接着したため、防水シートは無しとした。
シートのしわの有無	遮水シートの重ね合わせ部分にしわが寄った場合を再現。
裏面の密封処理	CLT床版の下に天井などが施工され密閉された条件をポリエチレンシートで簡易に再現。

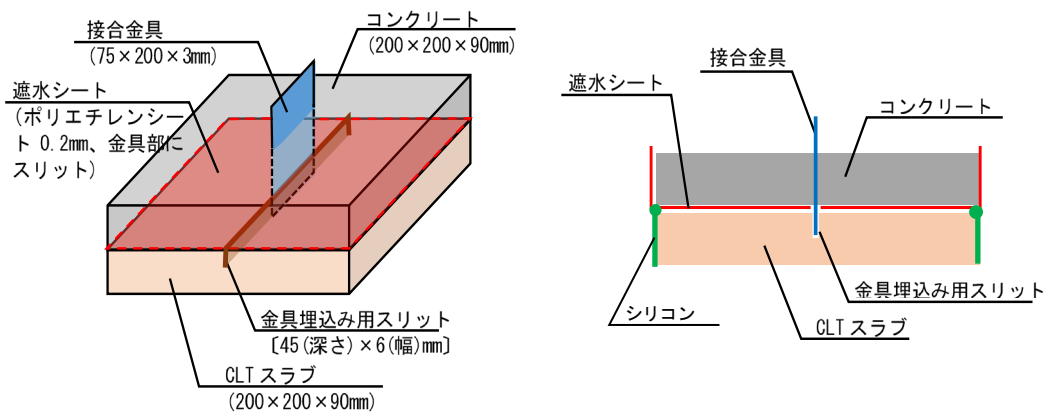


図2.7.1 試験体の概要（接合金物のある場合）



## D.耐久性分野

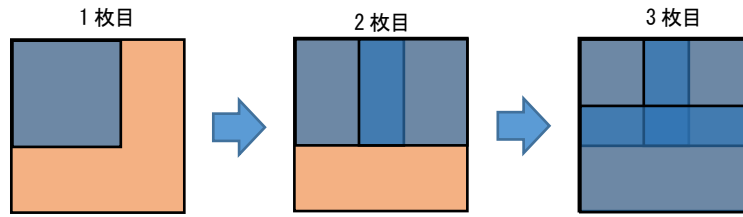


図2.7.2 遮水シートの重ね方 (試験体No. 5, 6, 7, 8)



① CLT 側面の止水処理  
(シリコン施工)

② 型枠板の固定

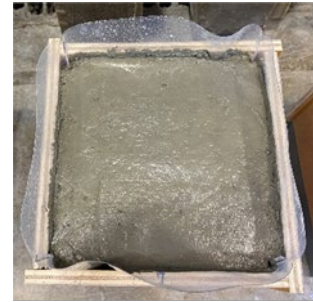
③ 型枠固定完了



④ 型枠用遮水シートの水密性確認



⑤ 遮水シートの型枠への固定  
および防水テープの施工



⑥ コンクリートの打設

写真 2.7.1 試験体の作製手順の概要 (接合金物無しの例)

D.耐久性分野

表 2.7.3 各試験体作製時の状況

	型枠完成	遮水シート設置	防水テープ施工	その他詳細	コンクリート打設
1			 接着剤で止水		
2			 接着剤で止水		
3					
4					
5					
6					
7			 (テープ無し)		
8			 (テープ無し)	 裏面の密閉状況	
9				 シートしわの拡大	
10				 シートしわの拡大	

## D.耐久性分野

### (3) 試験方法

本実験では、試験体型枠にフレッシュコンクリートを打設後、そのまま10週間にわたり屋内気中養生を行った。その後、硬化コンクリートおよび遮水シートを撤去し、遮水シート裏面およびCLT試験体表面の状態を目視観察した。

フレッシュコンクリートの打設前および硬化コンクリートの撤去後に、CLT試験体表面の含水率を電気抵抗式水分計により計測した。写真2.7.2に、含水率の測定状況を示す。含水率の計測は各試験体につき4か所で行った。また、CLT試験体表面には結露インジケータ（白色テープ状、液水が接触すると中央部が青色を呈色）を添付した。表3中の型枠完成時の写真に結露インジケータの貼付状況を示す。

コンクリートの打設は2021年8月末に行い、コンクリートの撤去は2021年11月初旬に行った。



写真2.7.2 CLT試験体表面の電気抵抗式水分計による含水率の測定状況

### 2.7.2 実験結果とその考察

表2.7.4に、使用したコンクリートの調査表および試験結果を示す。実験当日は実験室の温度管理を行わずにコンクリートの練り混ぜを行ったため、練上りコンクリート温度が高温となり、ブリーディングが少なくなる結果となった。

表2.7.4 コンクリートの調査表および試験結果

目標圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	水セメント比 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				測定結果		
		水	セメント	細骨材	粗骨材	スランプ	空気量 (%)	温度 (°C)
21	65	176	271	864	921	16.5	2.5	30.5




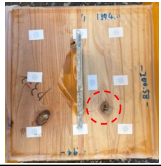

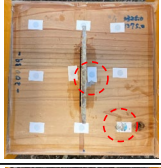
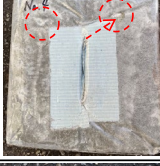
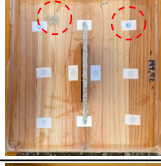

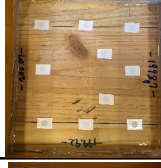





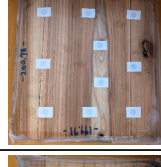
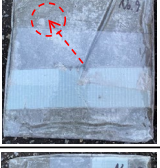
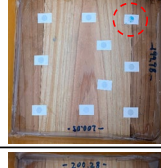
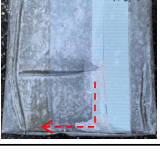
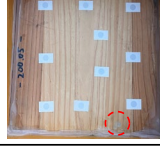
表2.7.5に、硬化コンクリートの撤去後の遮水シート裏面およびCLT試験体表面の目視観察結果を示す。コンクリートのブリーディングが比較的少なく、また、室温が高かったために経時変化も早かったと考えられるため、漏出するセメントノロおよびブリーディング水の量は少なかったものと考えられるものの、漏出の有無と漏出リスクとなる経路については知見が得られている。

まず、接合金物周囲からの漏出について、接合金物を遮水シート設置後にエポキシ接着剤で固定した場合 (No.1,2) には、比較的漏出リスクは少ないと判断できる。一方で、接合金物を先に設置し、後から遮水シートを施工する場合 (No.3,4) には、防水テープの隙間からの漏出のリスクがあることが分かる。またこれ以外に特徴的なものは、棒状振動機が遮水シートに接触することにより破れ、そこから漏出している箇所が複数観察された。コンクリート打ち込み時には、棒状振動機を遮水シートに接触させないように注意する必要がある。



D.耐久性分野

表2.7.5 硬化コンクリートの撤去後の遮水シート裏面およびCLT試験体表面の目視観察結果  
(赤丸：漏出位置、赤矢印：漏出経路)

	遮水シート裏面	CLT試験体表面	目視観察結果
1			漏れなし。 接着剤の跡
2			金物周囲からの漏れは無いものの、棒状振動機が接触しシートが傷ついた部分より漏出。
3			金物周囲から漏出。棒状振動機が接触しシートが傷ついた部分より漏出。
4			金物周囲から漏出。棒状振動機が接触しシートが傷ついた部分より漏出。
5			漏れなし。
6			シート角の溶着部より漏れるも、CLT試験体には至らず。
7			シートの重ね合わせ部より漏出。
8			シートの重ね合わせ部より漏れるもCLT試験体には至らず。
9			シートのしわ部分から漏出。結露インジケータに反応あり。
10			シートのしわ部分から漏出。

## D.耐久性分野

遮水シートの重ね合わせ部については、遮水シートにしわを作ることなく防水テープを施工した場合には、漏出のリスクは少ないと判断できる。一方、防水テープを施工しなかった場合、および遮水シートにしわが寄った状態で防水テープを施工した場合には漏出リスクが高くなる。

図2.7.3に、電気抵抗式水分計によるCLT試験体表面の含水率計測結果（4か所の平均値）を示す。図によれば、フレッシュコンクリート打設前よりも硬化コンクリート撤去後の方が全体的に含水率が低くなる傾向がある。この原因については不明であるが、本実験程度の漏出であれば、CLT試験体表面の平均的な含水率にはあまり影響を及ぼさないものと考えられる。また、漏出部近傍の含水率の測定結果のうち値が大きくなったものを赤丸で示すが、漏出部近傍では含水率が大きくなる傾向がみられる。

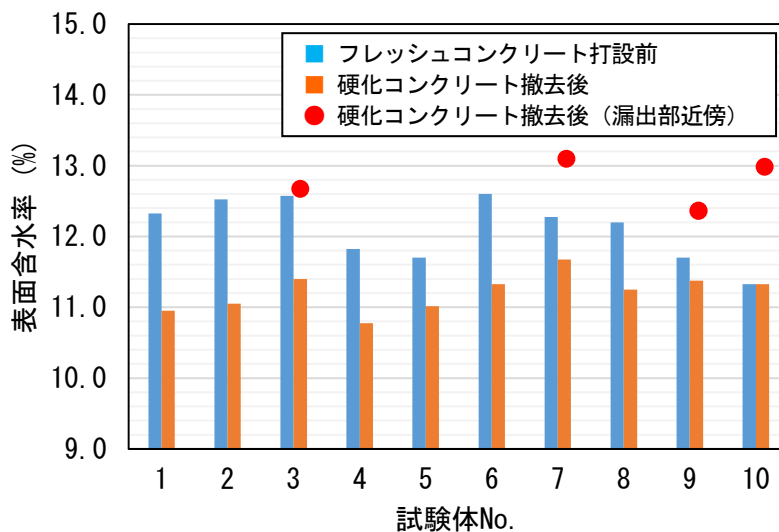


図2.7.3 CLT試験体表面の含水率測定結果

### 2.7.3 まとめ

本実験の結果からは、接合金物周囲や遮水シートのしわのある場合には、防水テープを施工したとしてもセメントノロの漏出リスクがあることが分かった。また、コンクリートの締固めに用いる棒状振動機が遮水シートに接触すると、シートが破れてセメントノロの漏出が発生する可能性があることも分かった。

一方で、本実験の範囲ではフレッシュコンクリートのブリーディングが少なかった影響もあると考えられるが、CLT表面の平均的な含水率が上昇するほどの漏出は確認されなかった。ただし、フレッシュコンクリートの性質および施工時の周囲環境によっては、ブリーディング水量がさらに多くなることも考えられ、そのような場合には本実験で示されたような漏出リスクのある部分からより多くの水分が供給される可能性も考えられる。

また、現時点でCLT+RCの合成床版のような密閉空間における含水状態と長期の腐朽リスクの関係に関する知見は得られていないため、漏出リスクを完全には排除できないものの、どの程度までの漏出が許容されるかの知見もない。

以上より、現状で推奨される対策としては、可能な限りセメントノロの漏出を防ぐこととなり、遮水シートの隙間の防水テープによる養生を確実に実施すること、およびコンクリートの施工時に遮水シートを傷つけないようにすることが重要と考えられる。

### 3. 中層木質混構造建築物の維持管理計画立案に資する技術資料

#### 3.1 はじめに

建物の維持管理は、建築物およびその使用材料の供用期間内における安全性および耐久性の確保を目的に計画され実行される。具体的な維持管理の内容は対象とする建物の設計や使用材料、建物周囲の環境条件等により大きく異なり、これらの建物の設計段階で想定される維持管理内容を反映させて維持管理計画が立案されることになる。ただし、設計計画時点で想定されない施工不良や供用開始後の自然災害等の影響による状態変化に対しては、建物調査等により変状を早期に把握し、臨機応変に維持管理の内容および計画を修正していくことが求められる。

木造建築物は、鉄筋コンクリート造および鉄骨造の建築物と比べて、例えば水が躯体に作用した場合のダメージが深刻化しやすく、定期的な点検の実施と、計画的な修繕の実施に対する重要度がより高いといえる。一方で、雨掛かりや結露等による劣化を防止し、点検・修繕・改修を容易にする設計等、設計段階での配慮と建物の特性に応じた適切な維持管理計画を立案し実行することで、目標とする供用期間を健全な状態で維持することができるだけでなく、ライフサイクルコストおよび環境負荷の低減も図ることが可能となる。



### 3.1.1 取りまとめ方針

本章では、中層木質混構造建築物を主な対象として、維持管理計画の立案に資する技術資料を提供することを目的に取りまとめる。

建築物が大規模化することで、一般に用途が拡大するとともに供用期間は長くなり、維持管理の役割は増加する。さらに、混構造が採用された場合には複数の構造材料とそれらの接合部を対象とした維持管理の複雑化も想定されるが、各使用材料および使用条件を正確に把握しこれらの影響を耐久設計および維持管理計画に反映させることで、維持管理が効率化できる可能性も考えられる。建物が中層化して建物高さが高くなった場合には、採用可能な仕様や想定される劣化外力が低層木造建築物と異なる、または追加の検討が必要となることなども想定される。

現時点では、中層木質混構造建築物の建築実績は多くなく、維持管理に関する知見の低層木造建築物との差異についても不明な点が多い。また、ある程度以上の規模となる建築物では設計上の納まりなどは独自仕様を採用されるものが少なくなく、さらに耐久性に影響を及ぼす劣化事象は不適切な設計、施工および材料の不良等によるものも含まれるため、汎用的な指針類の策定には時期尚早な段階である。

以上のような現状を踏まえ、ここでは、現時点までに得られている限られた知見に基づいた中層木質混構造建築物の維持管理計画の立案に資する技術資料を取りまとめることとする。

本報告において木造建築物とした場合には木質材料を使用した建築物を含むものとする。また、取りまとめにあたり、木造建築物を以下のように分類して整理する。

- ・低層木造建築物 : 3階建てまでの一般低層木造建築物
- ・中層木造建築物 : 4階～6階建ての木造建築物
- ・木質混構造建築物 : RC造、S造との混構造による木造建築物

また、維持管理計画の立案段階では、事故的な雨水浸入（漏水）や蟻害などによる劣化に対する比較的大規模な補修は想定されないことが多い。これは事故的な劣化は設計および定期点検等により回避することが前提であること、また、適切な設計および施工が行われた場合には事故的な劣化が発生する確率が非常に小さくなるためと考えられる。このため、維持管理計画の立案段階では、経年劣化の避けられない材料に対する定期的な補修が主な対象となる。以上より本章では、経年劣化する材料が主に用いられている建物外皮に注目して検討を進めることとする。

### 3.2 中・大規模木造建築物の劣化および変状の事例調査

中層木質混構造建築物は建築実績が非常に少なく、既存建物の劣化および変状の事例収集が困難であったため、ここでは中・大規模木造建築物を対象を広げた調査を実施した。本報告書で取り上げる劣化および変状事例は、地震、火災、洪水、火山噴火などの災害時における被害は除き、平常時に発生する劣化および変状の事例を対象とする。

#### 3.2.1 中・大規模木造建築物の事例調査方法の概要

##### (1) 事例調査の対象と概要

2017 年度に実施した中・大規模木造建築物の外部に面する部位の仕様および維持管理状況等に関する調査で調査対象とした 27 施設のうち、施設管理者よりデータの提供があり、有効な回答の得られた 22 施設を対象に、木造建築物、中層木造建築物、木質混構造建築物に分類して調査した。調査対象施設の概要を表 3.2.1 (その 1,2) に示す。

D.耐久性分野

表 3.2.1 調査対象施設の概要 (その1)

建物情報一覧



	基本情報										設計情報					
	施設名	所在地	用途	構造	延床面積 (㎡)	階数	建築年度			防火地域指定	防耐火	タイプ	屋根形状	仕様		
							西暦	和暦	築年数 (年)					屋根屋上	床組	外壁
中・大規模低層木造建築物	1	兵庫県 茨城県市	庁舎事務所	木造	3,219	2	2001	H13	16	無指定地域	その他	勾配屋根	ガルバリウム鋼板	木組み	スギ板	
	2	山口県 周南市	庁舎事務所	木造	2,127	2	2001	H13	16	準防火地域	準耐火	勾配屋根	ステンレス鋼板	木組み ALC版	珪藻土入りセメント塗	
	3	岩手県 二戸町	庁舎事務所	木造	2,319	3	2002	H14	15	無指定地域	準耐火	60分	勾配屋根	ガルバリウム鋼板	木組みモルタル	押出成形セメント板
	4	岩手県 岩手町	学校	木造	3,950	2	2002	H14	15	無指定地域	準耐火	60分	勾配屋根	ガルバリウム鋼板	木組み	窯業系サイディング
	5	青森県 東通村	学校	木造	7,656	2	2004	H16	13	無指定地域	準耐火		勾配屋根	ガルバリウム鋼板	RC	押出中空セメント板
	6	青森県 むつ市	庁舎事務所	木造	3,105	2	2004	H16	13	22条区域	準耐火		勾配屋根	アルミ鋼板	木組み ALC版	スギ板
	7	山梨県 笛吹市	庁舎事務所	木造	591	1	2004	H16	13	無指定地域	その他		勾配屋根	ガルバリウム鋼板	木組み	スギ板
	8	岡山県 真庭市	学校	木造	2,346	2	2006	H18	11	無指定地域	準耐火		勾配屋根	瓦	RC	複合塗材
	9	高知県 橋原町	庁舎事務所	木造	2,545	2	2006	H18	11	22条区域	その他		勾配屋根	ガルバリウム鋼板	木組み	スギ板/パネル
	10	群馬県 沼田市	庁舎事務所	木造	485	2	2006	H18	11	無指定地域	準耐火		勾配屋根	カラー鋼板	木組み	スギ板
	11	北海道 登別市	学校	木造	4,078 (木造部)	2	2007	H19	10	無指定地域	準耐火		陸屋根	アスファルト防水	RC	熱可塑性木質複合材
	12	山口県 美祿市	公営住宅	木造	6,322	3	2007	H19	10	22条区域	準耐火		勾配屋根	ガルバリウム鋼板	RC	スギ板
	13	岐阜県 下呂市	公営住宅	木造	540㎡ x 2棟	2	2008	H20	9	無指定地域	準耐火		勾配屋根	ガルバリウム鋼板	RC	スギ板
	14	埼玉県 飯能市	学校	木造	1,859	2	2009	H21	8	無指定地域	その他		勾配屋根	アルミ鋼板	木組み・RC	窯業系サイディング
	15	岩手県 住田町	庁舎事務所	木造	2,883	2	2014	H26	3	22条区域	準耐火		勾配屋根	ガルバリウム鋼板	RC	スギ板
中層	16	京都府 中京区	庁舎事務所	木造	754	4	2016	H28	1	準防火地域	耐火 燃え止り	燃え止まり型	勾配屋根	ガルバリウム鋼板	木組み	窯業系サイディング 木製ルーバー
木質混構造建築物	17	山形県 山形市	庁舎事務所	木造 プレースS	1,495	3	1997	H9	20	準防火地域	準耐火	鋼材内蔵型 60分	陸屋根	シート防水	木組みモルタル	ALC版
	18	埼玉県 宮代町	庁舎事務所	木造一部 RC造	4242 RC面積 128	2	2004	H16	13	22条区域	準耐火	燃え代 (35mm)	勾配屋根	ガルバリウム鋼板	木組み	珪藻土入りセメント塗
	19	北海道 足寄町	庁舎事務所	木造一部 RC造	3,508	2	2006	H18	11	22条区域	準耐火		陸屋根	アスファルト露出防水	RC	金属系サイディング
	20	愛知県 名古屋	庁舎事務所	S造+RC造	3,243	5	2008	H20	9	防火・純防火地域	耐火 鋼材内蔵	鋼材内蔵型	陸屋根	アスファルト保護防水	RC	カーテンウォール
	21	東京都 江東区	庁舎事務所	木造+SRC造	7,582	7 B1	2009	H21	8	防火地域	耐火 性能検証	耐火性能検証 証法	陸屋根	アスファルト防水	RC	RC打放し 木製パネル
	22	福島県 国見町	庁舎事務所	S造+RC造	4,833	3 B1	2014	H26	3	22条区域	耐火 鋼材内蔵	鋼材内蔵型	陸屋根	シート防水	RC	カーテンウォール 木製ルーバー

D.耐久性分野

表 3.2.1 調査対象施設の概要（その2）

■外部に木材使用  
□その他

設置年 ■ 外部 ■ 屋根 ■ 外壁 ■ 不具合修繕 □

施工情報					維持管理情報（改修・修繕履歴）																						
工期	コスト				H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29
	木材量 (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	全体 (千円)	単価 (千円/m <sup>2</sup> )	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
					-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-	670	0.21	1,250,000	388																							
-	476	0.22	1,198,761	564																							
6ヶ月	1500	0.65	596,029	245																							
-	-	-	1,132,522	287																							
-	-	-	-	-																							
12ヶ月	-	-	912,300	294																							
-	81	0.14	213,613	361																							
-	-	-	-	-																							
-	421	0.17	1,187,502	467																							
6ヶ月	-	-	129,644	267																							
-	-	-	748,419	184																							
55ヶ月	1,304	0.21	1,063,737	-																							
7ヶ月	174	0.32	289,342	268																							
-	120	0.06	465,253	250																							
13ヶ月	794	0.28	1,190,214	413																							
7ヶ月	-	-	215,530	286																							
4ヶ月	-	-	221,200	148																							
11ヶ月	-	-	1,305,000	308																							
15ヶ月	303	0.09	1,030,050	294																							
-	-	-	-	-																							
20ヶ月	-	-	-	-																							
18ヶ月	180	0.04	2,046,910	423																							

(2) 事例調査の方法・調査内容と情報整理の方法

調査対象施設の管理者からの情報提供により得られた情報を以下に示す方法で基本情報、設計情報、施工情報、屋根、外壁、バルコニー、軒天井等の外皮に関する納まり、維持管理情報（改修・修繕履歴・コスト）についての情報を共通の様式で整理した。図 3.2.1（その 1,2）に維持管理情報に関する整理方法の概要を示す。施設ごとに整理した資料の詳細は「参考資料：i.事例シート」としてD.耐久性分野の最後に掲載する。

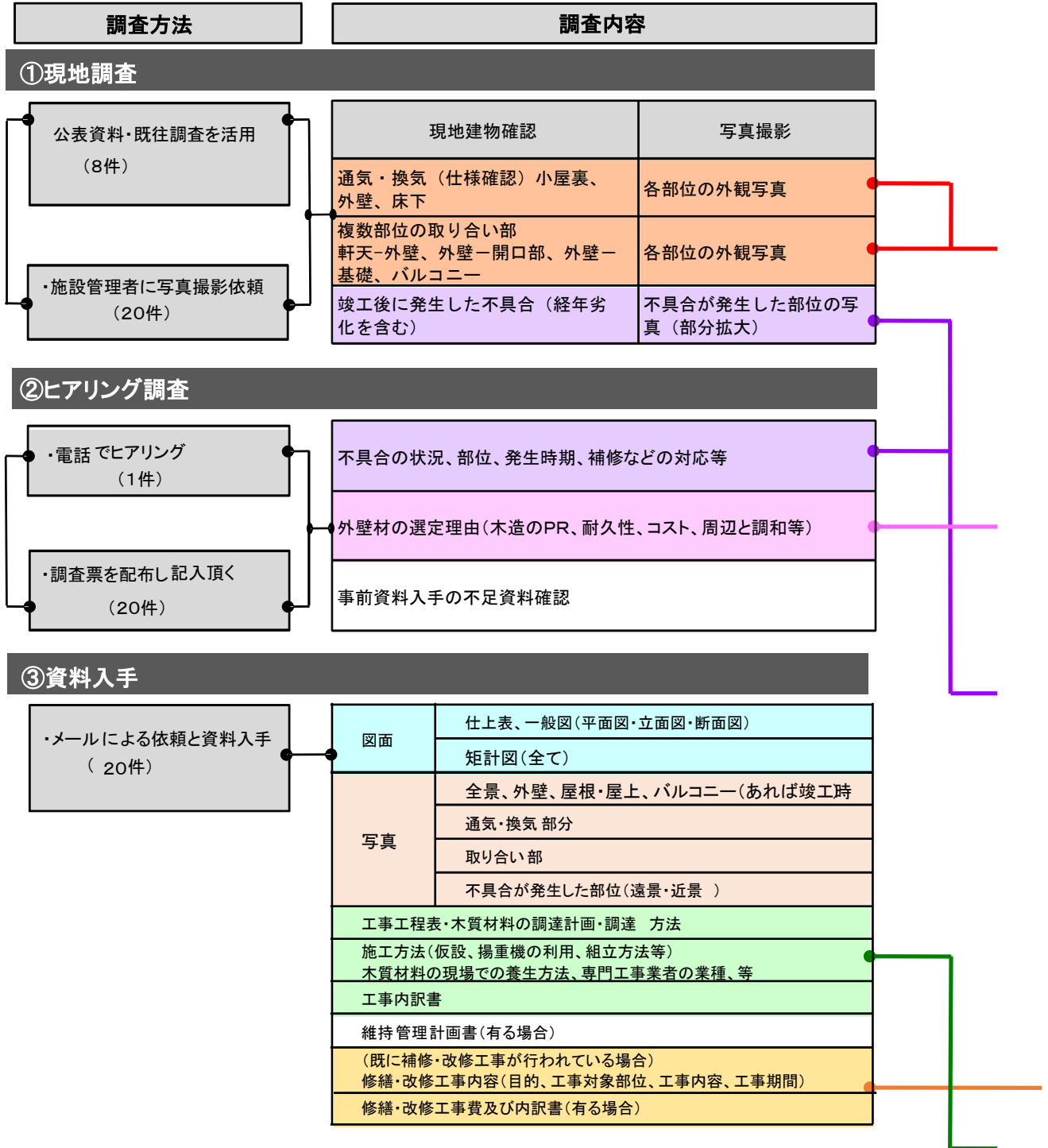


図 3.2.1 維持管理情報に関する整理方法の概要（その 1）





## 3.2.2 各建物種類の劣化および変状事例の調査結果と考察

## (1) 中・大規模低層木造建築物

表3.2.2に、中・大規模低層木造建築物の事例調査結果から得られた劣化および変状を示す。調査結果からは、劣化および変状が確認されたもののうち、外壁の塗材の劣化および材（羽目板等）のひび割れがほとんどであり、個別の劣化および変状の状況からも、建物が中・大規模化したことによる影響は見られず、一般低層木造と同様な劣化および変状現象が確認された。ここで、外装材の塗材の劣化は経年により必ず現れる劣化現象であり、再塗装等の計画的な改修工事に対処する通常の劣化現象である。一方で、材のひび割れは木材に特有な劣化および変状現象と言え、最初の改修前に入ることが多いが、雨水の滞留などにより劣化が進行する場合もあるため、ひび割れの入り方やひび割れ深さと塗材の含侵深さの関係など注意する必要がある。

表3.2.2 中・大規模低層木造建築物の事例調査結果の概要

物件NO	施設名	部位	仕様	劣化および変状
1	宍粟（しろう）市波賀市民局庁舎	外壁（羽目板）	含浸型塗装	塗材の劣化・材のひび割れ
		外部開口部	木製建具	シーリングの劣化
2	周南市熊毛総合支所	屋根	金属勾配屋根	天窓から雨漏り
		外壁	含浸型塗装	塗材の劣化
		外部渡り廊下	造膜型塗装	デッキ面の腐食
3	浄法寺町総合支所	屋根	鋼板葺き	雨漏り
4	岩手町立川口小学校	外壁（羽目板）	含浸型塗装	塗材の劣化・材の歪み
		ウッドデッキ	含浸型塗装	塗材の劣化・材のひび割れ
5	東通村立東通小学校	—	—	—
6	むつ市海と森ふれあい体験館およびむつ川内庁舎	—	—	—
7	笛吹市御坂支所庁舎	外壁（羽目板）	含浸型塗装	塗材の劣化・材のひび割れ
		外部開口部（ドア）	含浸型塗装	変褪色
		内部天井	防火処理材	白華の発生
8	真庭市美甘（みかも）小学校	—	—	—
9	構原町総合庁舎	外壁（木製パネル）	含浸型塗装	変褪色
10	林野庁森林技術研修所 林業機械化センター 事務所棟	外壁（羽目板）	含浸型塗装	塗材の劣化・材のひび割れ
11	北海道登別明日（あけび）中等教育学校	—	—	—
12	美祢・来福台県営住宅（1～10号棟）	外壁（羽目板）	含浸型塗装	塗材の劣化・材のひび割れ
13	市営花池団地	外壁（羽目板）	含浸型塗装	塗材の劣化・材のひび割れ
14	飯能市立名栗小学校	軒天井（羽目板）	含浸型塗装	板の収縮による実の外れ
		内部床	無塗装	節の抜け落ち
15	住田町役場庁舎	—	—	—

## (2) 中層木造建築物

表 3.2.3 に、中層木造建築物の事例調査結果を示す。中層木造建築物は、国内でも事例が極端に少なく、本調査では該当が下記の 1 件のみで、また築年数も 1 年と短く、劣化および変状の事例を得ることはできなかった。

表 3.2.3 中層木造建築物の事例調査結果の概要

物件 NO	施設名	部位	仕様	劣化および変状
16	京都木材会館	—	—	—

## (3) 木質混構造建築物

表 3.2.4 に、木質混構造建築物の事例調査結果から得られた劣化および変状を示す。木質混構造建築物の事例も数が少なく、築年数が浅いものも多く、劣化および変状として得られる事例は少ない。少ないサンプル数ではあるものの、木質混構造建築物においても調査結果から得られた劣化および変状の種類としては、一般の低層木造建築物と同様な劣化および変状といえる。

表 3.2.4 木質混構造建築物の事例調査結果の概要

物件 NO	施設名	部位	仕様	劣化および変状
17	シェルター本社	—	—	—
18	宮代町庁舎	軒天井	防火処理材 (造膜型塗装)	白華の発生
		小屋裏	換気口なし	結露
19	足寄町役場	—	—	—
20	丸美産業本社	—	—	—
21	木材会館	外部デッキ	角材 (含浸型塗装)	塗材の劣化・材のひび割れ
22	国見町庁舎	—	—	—

## (4) 事例調査結果のまとめ

本調査により得られた事例からは、中層木造および木質混構造建築物の特有の劣化および変状はみられなかった。これは、今回の調査で対象とした建築物の築年数がそれほど経過していないことも原因の 1 つとして考えられるが、中層木造および木質混構造建築物の場合にも従来の低層木造建築物に対する劣化対策が基本となることを表しているといえる。

### 3.2.3 事例からの木造建築物の屋外現し部の劣化評価例

日常点検および建築物の一次調査レベルの劣化調査では、主に外観等の目視調査によって建築物の全体的な状態の把握を行い、その後の詳細な調査の要否や重点的に調査する部位の特定などを行う。劣化および変状の目視判定は判定者の感覚にたよる部分が多く、共通の指標とするのは非常に難しい。このため、劣化および変状事例の画像を用いた劣化および変状のスケールを整備することは、建物調査の精度向上に寄与すると思われる。

RC造およびS造の建物の躯体以外の劣化状況を把握する指標として、「学校施設の長寿命化計画策定に係る解説書」（文部科学省 平成29年3月）では、現地調査で得られた劣化事象を4段階に分類して評価している。ここでは同手法を参考に、前節までに示した事例調査により得られた屋外現し部の劣化および変状の画像を用いて、木造建築物に対する劣化および変状の評価スケールの作成を試みる。ただし、木造建築物の劣化調査では、屋外現し部だけでなく、通常は目視できない小屋裏や床下、壁体内部、接合部の金物などの調査が非常に重要となり、外観上は問題ない場合にも内部劣化が進行している場合もあることを正しく認識しておく必要がある。また、ここで示す評価スケールは事例調査結果をあてはめたものであり、基準等の提案を行うものではない。

#### (1) 「学校施設の長寿命化計画策定に係る解説書」における劣化状況の評価指標

「学校施設の長寿命化計画策定に係る解説書」では、劣化状況の把握は建物ごとの屋根・屋上、外壁、設備機器等の劣化状況や改修時期を把握し、今後の維持・更新コストを算出することを目的として、以下に示すような、A～Dの4段階で評価を行っている。また、目視評価結果に対応する評価点、および部位ごとのコスト配分を乗じるなどして点数化し、健全度の定量評価を行っている。これにより、複数の建物の所有者は4段階評価を使って健全度を算定し修繕・改修の優先順位を決めることも可能となるとしている。

屋根・屋上、外壁の目視による評価基準

- A：概ね良好
- B：部分的に劣化（安全上、機能上、問題無し）
- C：広範囲に劣化（安全上、機能上、不具合の兆し）
- D：早急に対応する必要がある（安全上、機能上、問題あり）（躯体の耐久性に影響を与えている）（設備が故障し施設運営に支障を与えている）等

(2) 事例の劣化および変状の4段階評価の例

「学校施設の長寿命化計画策定に係る解説書」のRC造、S造の評価指標に準じて、調査から得られた木造建築物の劣化および変状事例をA、B、C、Dの4段階に当てはめて評価した結果を表3.2.5(その1,2)に示す。

表 3.2.5 事例調査における劣化および変状の評価の例 (その1)

《解説》

《点検項目》

①外壁

- ✓ 外壁において、板材の変状（剥がれ、欠損、干割れ、ひび割れ、腐朽、汚れ、変色）している箇所はないか。
- ✓ 外壁の室内側において、雨漏りと思われるシミ垂れや塗装の剥がれがないか。また、降雨時や翌日に床面に水溜りができてないか。

②木製建具

- ✓ 広範囲に、変状（曲がり、そり）、異音の発生、腐食、汚れ変色している箇所はないか。
- ✓ 建具枠、蝶番などの腐食、変形、ぐらつきなどがなくないか。
- ✓ 窓枠と外壁との隙間に施されているシーリング材に硬化、切れ、剥れなどがないか。
- ✓ 上記のような劣化事象の箇所数を記入。

③テラス・ペランダ

- ✓ 破損、軋み、たわみ、ぐらつき、腐食、不陸、傾斜、取付金物の腐食している箇所はないか。

④独立柱

- ✓ 割れ、腐朽、汚れ、変色、ぐらつきしている箇所はないか。金物が腐食している箇所はないか。

《点検の留意点》

- ✓ 目視によって状況を確認する。大きな損傷、変形、腐食などがなくないかを確認する。
- ✓ 現状として降雨時に複数箇所雨漏りしている場合をD評価とする。判断を雨漏り痕で行う場合は概ね10箇所以上をD評価とする。

仕様	評価	A	B
木材外壁			
			
窓 (木製建具)			
			
テラス ペランダ			
			
独立柱			
			

表 3.2.5 事例調査における劣化および変状の評価の例（その2）

C	D
 <p data-bbox="236 1014 783 1070">広範囲に、干割れ、ひび割れ、腐朽、汚れ、変色、カビがある。</p>	 <p data-bbox="863 1014 1410 1070">板材の剥がれ、欠損、広範囲に、干割れ、ひび割れ、腐朽があり、内部の床に水たまり、漏水が複数箇所ある。</p>
 <p data-bbox="236 1346 767 1402">広範囲に、変状(曲がり、そり)、異音の発生、腐食、汚れ、変色、カビがある。</p>	 <p data-bbox="863 1346 1394 1402">広範囲に、変状(曲がり、そり)、腐食があり、内部の床に水たまり、漏水が複数箇所ある。</p>
 <p data-bbox="236 1664 772 1720">広範囲に、干割れ、ひび割れ、腐朽、汚れ、変色、カビ、取付金物のさびがある。</p>	 <p data-bbox="863 1664 1401 1720">破損、軋み、たわみ、ぐらつき、腐食、不陸、傾斜、取付金物の腐食がある。</p>
 <p data-bbox="220 1973 740 2029">全体的に、割れ、腐朽、汚れ、変色、カビが見られる。金物が腐食している。</p>	 <p data-bbox="863 1973 1362 2007">金物に沿って割れ、腐朽が見られ、ぐらつきがある。</p>

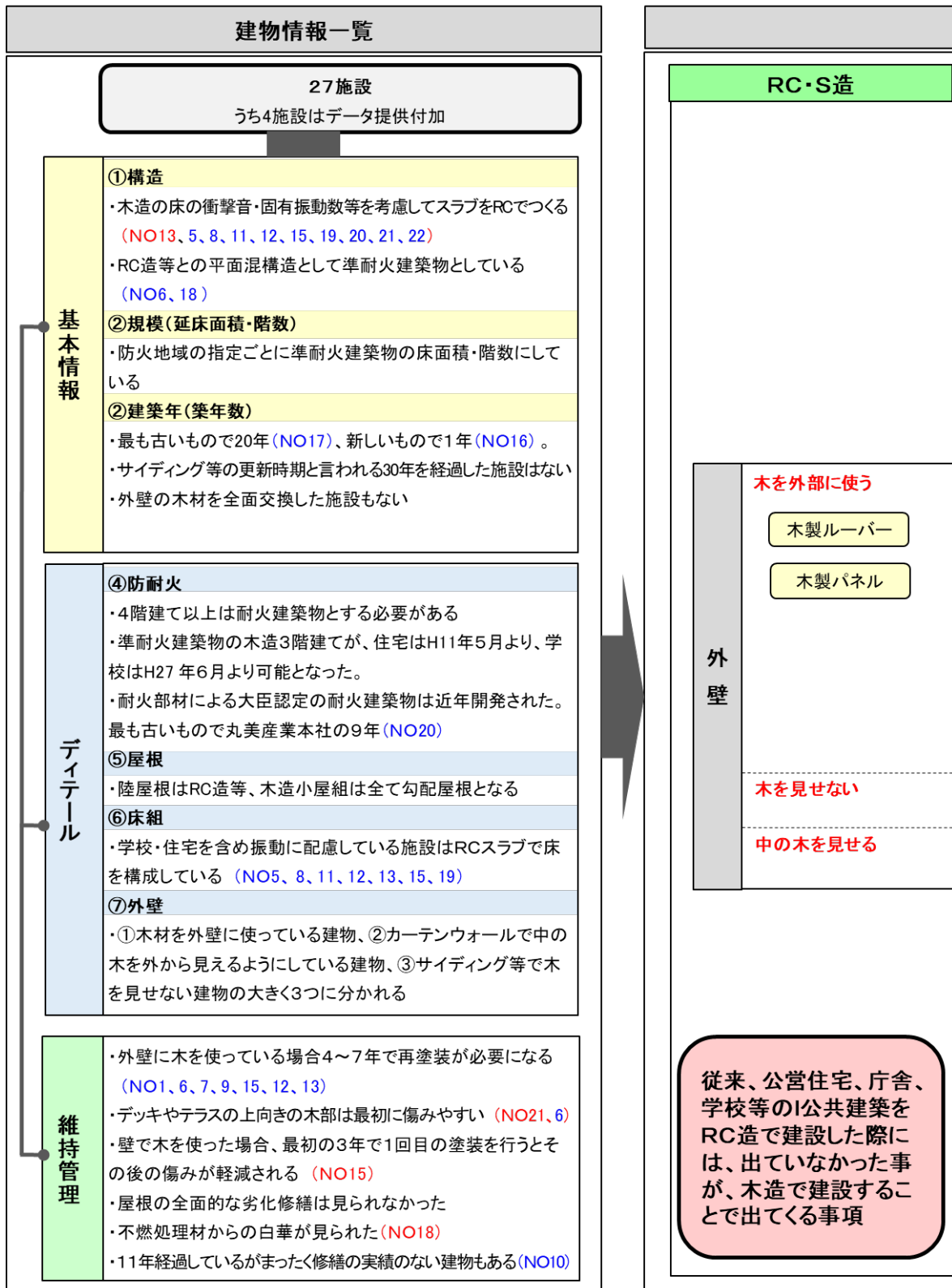


3.2.4 まとめ

本節では、中・大規模木造建築物の劣化および変状の事例調査を行った。調査結果より得られた部位別の劣化および変状に関する留意事項を表 3.2.6 (その 1,2) に示す。今回調査した中・大規模木造建築物の事例では、結果として一般低層木造建築物の事例と同じ、雨水浸入・漏水、結露、虫害等のメカニズムで劣化している例が大半である結果となった。

表 3.2.6 調査結果より得られた部位別の劣化および変状に関する留意事項 (その 1)

中・大規模低層木造建築物の留意事項 (調査結果概況)





D.耐久性分野

表 3.2.6 調査結果より得られた部位別の劣化および変状に関する留意事項（その2）

※表中の NO. は事例 NO. と対応している

（赤 NO：事例シートに記載のあるもの、青 NO：事例シートには記載が無いが別途内容を確認したもの）

個別シート		
木 造		
屋根	屋根形状	<ul style="list-style-type: none"> <li>・雪のたまらない形状・つららのできにくい軒先 (NO5)</li> <li>・小屋組みトラス等を現わしにする場合はきめ細かなメンテが必要になる (NO15)</li> <li>・小屋組みのボルトの増し締めができるスペースを確保 (NO9)</li> </ul>
	樋の工夫	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周囲に樹木があり落ち葉に対し、樋を設けない (NO18)</li> <li>・積雪に備え軒先に横樋は設けず、軒の付け根に横樋を設置 (NO1)</li> <li>・谷樋の場合は十分な幅を確保 (NO19)</li> </ul>
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トップライトのシール切れ対策 (NO2)</li> <li>・けらば、破風等雨の掛かる部分は木を使わない (板金巻き等)</li> <li>・軒先・小屋裏から棟への自然通気の確保 (棟近くからの排気) (NO14)</li> </ul>
軒天	木材張り	<ul style="list-style-type: none"> <li>・不燃処理に伴う白華対策 (不燃木材を使用する場合は共通) (NO18)</li> <li>(塗装による溶出留めと拭き取り)</li> <li>・収縮による実(さね)の外れへの対応 (NO14)</li> </ul>
	木材張り	<ul style="list-style-type: none"> <li>・耐候性の高い材料・保護塗装 (外部に木を使う場合は共通)</li> <li>(熱処理木材、熱可塑性木材等)</li> </ul>
雨掛かりへの配慮		<ul style="list-style-type: none"> <li>・軒・けらば・底の設置と出の確保(共通)、2階部分の張り出し (NO10)</li> <li>・地盤に近い部分には木を使わない(NO2、19、11、13、15)</li> </ul>
雨の地盤からの跳ね返りの配慮		<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤に近い部分には木を使わない</li> <li>(コンクリート、石等の外壁(腰壁))(NO2、11、13、15、19)</li> <li>・軒下に砂利、植栽、グレーチングを設置して跳ね返りを防ぐ (NO18)</li> </ul>
気候への対応		<ul style="list-style-type: none"> <li>・紫外線による変退色等の対策(造膜系塗装、日よけ) (NO7)</li> <li>・強風による材料剥離等の対策(強固な取り付け)(共通)</li> </ul>
劣化による更新への対応		<ul style="list-style-type: none"> <li>・部分的に外壁木材を交換できるディテール(パネル型外壁等) (NO9)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・金属・窯業系サイディング</li> <li>・モルタル系 等</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・通気層の確保・透湿・防水シート・断熱材 (木材張り含めて共通)</li> </ul>
カーテンウォール		<ul style="list-style-type: none"> <li>・カーテンウォールで柱・梁等を外から見えるようにする (NO3、16、18、20、22等)</li> <li>・ダブルスキンにして、外から真壁の木を見せる (NO20)</li> </ul>
柱・梁	柱・梁の外部現わし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・変形等に対する外壁材との取り合いの配慮(見切り縁の設置等) (NO13)</li> <li>・柱の基礎、土台はGLから十分立ち上げ、水が柱脚にたまらない (NO13)</li> </ul>
	独立柱	<ul style="list-style-type: none"> <li>・独立柱の柱脚には金物を使って直接水を受けない (NO7)</li> </ul>
バルコニー・テラス	ウッドデッキ床	<ul style="list-style-type: none"> <li>・直接雨が掛からない場所を使用 (NO13、21、22)</li> <li>・RCスラブの上で金属製の束を使用(直接木が接触しない) (NO22)</li> <li>・テラスの床レベルと、中の土台のレベルの差の確保 (NO13)</li> </ul>
	手すり	<ul style="list-style-type: none"> <li>・手摺りに木を使う場合は金物笠木を巻く (NO21)</li> <li>・上向き面に木を使わない (NO13、22)</li> <li>・水が切れる、溜まらないディテール (共通)</li> </ul>
基礎	蟻害への配慮	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎土台と地盤面との高さ確保 (NO11)</li> <li>・外断熱の場合は、断熱材が土に直接接しないディテール (NO4)</li> <li>・直接板材を張らず湿気を受けない工夫が必要 (NO14)</li> </ul>

### 3.3 供用期間の設定

#### 3.3.1 供用期間の設定方法

中層木質混構造建築物の供用期間の設定は、建物の規模および用途により設計段階において適切に設定される必要がある。ここで、供用期間はあくまで建築物の用途や要求性能に基づき発注者が決め、設計者が設計段階において必要となる耐久性能を満たすように各種の納まりの設計、使用材料の選択、および維持管理計画を立案する。

実際の供用期間に大きく影響する構造躯体の耐久性は、上述した設計段階の検討（仕様の選択、各種の納まりの設計、使用材料の選択および維持管理計画の立案）に施工を加えた、全ての段階が適切に実施されて初めて実現するものであり、これらのうち 1 つでも欠落した場合には、維持管理コストの増額を伴う維持管理計画の変更、または供用期間の短縮を選択せざるを得ない状況となる点に留意する必要がある。

鉄筋コンクリート構造および鉄骨構造の中層建築物への適用は一般的であり、供用期間の設定方法および対応する設計条件は各構造材料の既往の指針類<sup>3.3-1) ~3.3-3)</sup>による。また、一般の木造建築物を対象としたものとしては住宅性能表示制度および長期優良住宅認定制度に関する告示等がある。

これに対して、中層木造建築物および木質混構造建築物に対する供用期間の設定方法とその設計条件に関して明示されたものは無いのが現状である。ただし、第 2 章の事例調査結果でも述べたように、中層化もしくは混構造化した場合にも、そこで使用する木質材料の劣化および変状は一般低層木造建築と同じものが多く報告されていることから、一般低層木造建築物における供用期間の設定方法とその設計条件は包含される必要があることは明らかであるため、中層および混構造に特化した設計上の配慮事項に関する検討の前段階として、本節では一般の木造建築物を対象とした住宅性能表示制度、木造計画・設計基準、および長期優良住宅認定制度に関する告示等について取りまとめる。

D.耐久性分野

3.3.2 供用期間と仕様の規定

木造建築物の供用期間と仕様の関係が示されている規定等として、日本住宅性能表示基準（平成13年国土交通省告示第1346号）における劣化対策等級の規定や官庁営繕部の木造計画・設計基準がある。日本住宅性能表示基準の劣化対策等級は等級1～3まであり、等級1のレベルは建築基準法に定められている〔表3.3.1（その1）参照〕。

表 3.3.1 木造建築物の供用期間と仕様の関係の例（その1）

規定等	木造計画・設計基準 (国土交通省大臣官房官庁営繕部)	住宅性能表示[劣化対策等級1] (品確法)	
目標耐用年数	[50～60年]	[-]	
品確法 3-1 劣化対策等級 (構造躯体等)の項目	外壁の軸組等	外壁の軸組、枠組みその他これらに類する部分のうち周囲の地面からの高さ1m以内の部分に使用する木材は次の通りとする。 ア外壁の軸組等の構法は次の通り。 (ア)大壁構造とする場合は、外壁仕上げと軸組等の間に通気層を設ける (イ)真壁構造とする場合は、塗装により木材を保護する。 (ウ)透湿性の大きいグラスウール、ロックウール、セルローズファイバーその他の断熱材を使用する場合は、防湿材を設置する。 (エ)ボード状の発泡プラスチック断熱材を軸組等との間に現場発泡断熱材で塞ぐ。 (オ)周囲の地面から40cm以上の高さを確保して設置する。 イ材料は次の(ア)から(ウ)までのいずれかを使用する。 (ア)製材のJAS又は枠組壁工法の構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材のJASに規定する心材の耐久区分D1の樹種の心材のみを用いた製材 (イ)製材のJAS又は枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材のJASに規定する保存処理のうちK2以上の加圧材処理。 (ウ)JIS K1571(木材保存剤-性能基準及びその試験方法)の表面処理。	外壁内部等の防湿措置等 第1項 軸組が腐りやすい構造の地下には、防水紙その他を使用する 第2項 構造耐力上主要な柱、筋交いには、地面から1m以内に有効な防湿措置、必要に応じて、しるありその他の虫による害をふせぐ措置
	土台	周囲の地面と瀝敷の間の土台を設置する場合は次の通り。 ア土台に接する外壁の下端に水切りを設けること。 イ土台の材料は次のいずれかの材料を用いること。 (ア)製材のJAS及び枠組壁工法の構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材のJASに規定する心材の耐久区分D1の樹種のうち、ひのき、ひば、米び、米杉、けやき、くり、米ひば、台湾ひのき又はウエスタンレッドシーダーの心材のみ使用 (イ)製材のJAS又は枠組壁工法の構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材のJASに規定する保存処理K3以上の加圧材処理 水を多用する室については、次の通りとする。 ア浴室について、JIS A4416(住宅用浴室ユニット) 又はJIS A4410(住宅用複合サニタリーユニット)が使用できる場合は、それらのユニット製品を使用すること イ防水上、有効な下地及び仕上げを施すこと。	外壁内部等の防湿措置等 第2項 構造耐力上主要な土台には、地面から1m以内に有効な防湿措置、必要に応じて、しるありその他虫による害をふせぐ措置
	浴室及び脱衣室	浴室について、JIS A4416(住宅用浴室ユニット) 又はJIS A4410(住宅用複合サニタリーユニット)が使用できる場合は、それらのユニット製品を使用すること イ防水上、有効な下地及び仕上げを施すこと。	浴室・脱衣室の防水措置 ・規定なし
	地盤	地盤又は床下は、次のとおりとする。 ア防湿のため、床下全面に厚さ0.15mm以上のポリエチレンフィルム等を敷き詰めること。 イ防蟻のため、地盤を次のいづれかにより覆うこと。 (ア)鉄筋コンクリート造のべた基礎 (イ)基礎梁と配筋により一体とした厚さ100mm以上の土間コンクリート	地盤の防蟻措置 ・規定なし
	基礎	基礎の基準 ・地盤面から基礎上端まで400mm以上で特記による ・立上りの厚さは150mm以上で特記による ・根入れ深さは布基礎で240mm以上、べた基礎で120mm以上で特記による	基礎の基準(平12告1347) ・立上り部分の高さは地上部分で300mm以上とする ・立上り部分の厚さは120mm以上とする ・根入れ深さにあっては布基礎で240mm以上、べた基礎で120mm以上とし、かつ、凍結深度よりも深い
	床下	床下の防蟻処理 (1)鉄筋コンクリートのべた基礎 (2)基礎梁と一体とした厚さ100mm以上の土間コンクリート (3)配管類がコンクリート部分を貫通する場合は、穴の隙間に防蟻性のある材料を充填する等、防蟻上有効な措置を施す。	居室の床の高さ及び防湿方法(令第22条) ・最下階の居室の床が木造である場合における床の高さ及び防湿方法は、次の各号による。 1. 床の高さは、直下の地面からその床の上面まで450mm以上とすること。 2. 外壁の床下部分には、壁の長さ5m以下ごとに、面積300cm <sup>2</sup> 以上の換気孔を設ける。
	小屋裏	ア屋根断熱構法等により小屋裏が室内と同等の温熱環境にある場合を除き、次の(ア)から(ウ)までのいずれかの換気口を設置する。 (ア)親裏の壁のうち屋外に面するものに換気上有効な位置に2以上の換気口が設置され、かつ、換気口の有効面積の天井面積に対する割合が300分の1以上。 (イ)軒裏に換気上有効な位置に2以上の換気口が設けられ、かつ、換気口の有効面積の天井面積に対する割合が250分の1以上。 (ウ)軒裏又は小屋裏の壁のうち屋外に面するものに換気口が設けられ、小屋裏の壁で屋外に面するものに換気上有効な位置に排気口が換気口と垂直距離で90cm以上離して設けられ、かつ、換気口及び排気口の有効面積の天井面積に対する割合がそれぞれ900分の1以上。	小屋裏の換気措置 ・規定なし
	構造部材等	屋外に位置する構造耐力上主要な部分(外壁の軸組等を除く。)に使用する木材は、つぎのとおり。 ア外壁仕上げ、笠木又は塗装により木材を保護する。 イ周囲の地面から40cm以上の高さを確保して設置する。 ウ材料は、次に定めるものを使用する。 (ア)軒、けらば等の出が90cm以上確保されている箇所は製材のJAS又は枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法たて継ぎ材のJASに規定する保存処理のうちK3以上の加圧材処理。 (イ)軒、けらば等の出が90cm以上確保されていない箇所は、製材のJAS又は枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材のJASに規定する保存処理のうちK4の加圧材処理。	平12建告1446 建築物の基礎、主要構造部等に使用する建築材料並びにこれらの建築材料が適合すべき日本工業規格又は日本農林規格及び品質に関する技術的基準を定める件

D.耐久性分野

等級2が2世代（おおむね50～60年）、等級3が3世代（おおむね75～90年）の間に構造躯体等に大規模な改修工事を必要としないための対策が講じられていることを要求している。表3.3.1（その2）に、等級2～3における認定基準の概要を示すが、本報告で対象とする中層木質混構造建築物は、一般に等級3以上の性能が想定される。

表 3.3.1 木造建築物の供用期間と仕様の関係の例（その2）

規定等	住宅性能表示[劣化対策等級2] (品確法)	住宅性能表示[劣化対策等級3] (品確法)	
目標耐用年数	【「二世帯」(50～60年)】	【「三世帯」(75～90年)】	
品確法 3-1 劣化対策等級 (構造躯体等)の項目	外壁の軸組等	a 外壁の軸組等 ・地盤面から1m以内の外壁の軸組等に(i)～(v)のいずれかの措置 (i) 通気構造 又は ・軒出90cm以上の真壁構造 (ii) 防蟻防蟻に有効な薬剤処理 (塗布、加圧注入、接着剤混入等) (iii) 小径が120以上 (iv) 耐久性区分D1 (v) (i)～(iv)と同等	a 外壁の軸組等 ・地盤面から1m以内の外壁の軸組等に(i)～(iii)のいずれかの措置 (i) 通気構造 又は ・軒出90cm以上の真壁構造 かつ、(イ)～(ニ)のいずれか (イ)防蟻防蟻に有効な薬剤処理 (塗布、加圧注入、接着剤混入等) (ロ)小径が135以上 (ハ)耐久性区分D1で小径120以上 (ニ)イ～ハと同等の措置 (ii) K3以上の防蟻・防蟻処理 (iii) (i)～(ii)と同等
	土台	b 土台の防蟻防蟻の基準 ・土台に接する外壁の下端に水切りを設け、かつ次のいずれか (i) K3相当以上の防蟻・防蟻処理 (ii) ヒノキ、ヒバ等(16樹種)の心材※を使用 (iii) (i)～(ii)と同等の有効な措置	b 土台の防蟻防蟻の基準 住宅性能表示[劣化対策等級2]に同じ
	浴室及び脱衣室	c 浴室・脱衣室の防水の基準 ・浴室の軸組等・床組・天井、脱衣室の軸組等・床組の防水措置は次の(i)～(iii)のいずれか (i) 防水上有効な仕上材の措置 (ii) 浴室ユニット(JIS A4416)とする (iii) (i)～(ii)と同等の防水上有効な措置 ・又は、外壁の軸組等の「等級2」の防蟻措置	c 浴室・脱衣室の防水の基準 ・浴室の軸組等・床組・天井、脱衣室の軸組等・床組の防水措置は次の(i)～(iii)のいずれか (i) 防水上有効な仕上材の措置 (ii) 浴室ユニット(JIS A4416)とする (iii) (i)～(ii)と同等の防水上有効な措置 ・又は、外壁の軸組等の「等級3」の防蟻措置
	地盤	d 地盤の防蟻の基準は、次のいずれか (i) 鉄筋コンクリートのベタ基礎又は布基礎と鉄筋で一体となって地盤上に一様に打設したコンクリート (ii) しろあり協会又は木材保存協会認定の薬剤を用い、布基礎内周部等の土壌処理を行う。 (iii) (i)～(ii)と同等(防蟻効果を有するシート等)	d 地盤の防蟻の基準は、次のいずれか 住宅性能表示[劣化対策等級2]に同じ
	基礎	e 基礎の高さの基準 ・地面から基礎上端までの高さを400mm以上とする	e 基礎の高さの基準 住宅性能表示[劣化対策等級2]に同じ
	床下	f 床下の防湿・換気の基準 (i) 床下を次のいずれかの材料で覆う ・厚さ60mm以上のコンクリート ・厚さ0.1mm以上の防湿フィルム (ii) 外壁の床下部分に次のいずれかの換気口 ・4m以下毎に有効面積300cm <sup>2</sup> 以上の換気口 ・壁の全周にわたって75cm <sup>2</sup> /m以上の換気口	f 床下の防湿・換気の基準 住宅性能表示[劣化対策等級2]に同じ
	小屋裏	g 小屋裏の換気の基準 ・小屋裏には(i)～(iv)のいずれかの換気措置 (i) 妻壁に2以上の換気口 天井面積×1/300以上 (ii) 軒裏に2以上の換気口 天井面積×1/250以上 (iii) 軒裏に給気口かつ、妻壁に排気口 垂直距離で90cm以上離して 天井面積×1/900以上 (iv) 軒裏に給気口かつ、小屋裏に排気塔 給気口 天井面積×1/900以上 排気口 天井面積×1/1600以上 ※屋根面に断熱材を施工の場合は不要	g 小屋裏の換気の基準 住宅性能表示[劣化対策等級2]に同じ
	構造部材等	h 構造部材等の(建築基準法)の基準 ・次の建築基準法の劣化の軽減に関する項目を満たす A令第37条(構造部材の耐久) B令第41条(木材) C令第49条(外壁内部等の防蟻措置) D令第80条の2(構造方法に関する補則)	h 構造部材等の(建築基準法)の基準 住宅性能表示[劣化対策等級2]に同じ

D.耐久性分野

3.3.3 長期使用構造等とするための措置および維持保全の方法の基準の概要

長期使用構造等とするための措置および維持保全の方法の基準（平成21年国土交通省告示第209号）第3は、長期優良住宅の普及の促進に関する法律施行規則(平成21年国土交通省令第3号)第一条各項および第五条の規定に基づき、長期使用構造等とするための措置及び維持保全の方法の基準を定めており、その多くは住宅の品質確保の促進等に関する法律に基づく住宅性能表示制度の基準を準用している。

長期使用構造等とするための措置及び維持保全の方法に関する基準は、基本的には住宅性能表示制度の等級3にさらに追加基準を設けることでより長期の供用期間の実現を目指している。構造躯体等の劣化対策については、住宅性能表示の評価方法基準の等級3の基準に加え、以下の基準に適合することを求めている。

1. 構造躯体等の劣化対策（新築基準）

① 木造

- イ 区分された床下空間(人通孔等により接続されている場合は、接続されている床下空間を1の部分とみなす。)ごとに点検口を設けること。
- ロ 区分された小屋裏空間(人通孔等により接続されている場合は、接続されている 小屋裏空間を1の小屋裏空間とみなす。)ごとに点検口を設けること。
- ハ 床下空間の有効高さを330mm以上とすること。ただし、浴室の床下等当該床下空間の有効高さを330mm未満とすることがやむを得ないと認められる部分で、当該部分の点検を行うことができ、かつ、当該部分以外の床下空間の点検に支障をきたさない場合にあっては、この限りでない。

また、表3.3.2に維持管理・更新の容易性に関する基準の概要を示す。

表-3.3.2 維持管理・更新の容易性に関する基準の概要

4. 維持管理・更新の容易性

①求めるべき性能	構造躯体に比べて耐用年数が短い内装・設備について、維持管理（清掃・点検・補修）・更新を容易に行うために必要な措置が講じられていること。
②認定基準の具体的内容	<p>次に掲げる基準に適合すること。</p> <p>イ. 維持管理対策等級（専用配管）等級3          （参考）維持管理対策等級（専用配管）等級3の基準の内容（住宅性能表示制度）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 構造躯体及び仕上げ材に影響を及ぼすことなく、点検及び清掃（排水管に限る。）を行うことができること。</li> <li>2) 構造躯体に影響を及ぼすことなく専用配管の補修を行うことができること。</li> <li>3) 他住戸の専用部分に立ち入ることなく、当該住戸の専用配管の点検、清掃及び補修を行うことができること。</li> </ol> <p>ロ. 維持管理対策等級（共用配管）等級3          ただし、共用配管について、区画された竖穴であるパイプスペース内に設置されており、維持管理の円滑な実施のために必要な措置が講じられている場合にあっては、当該共用配管が専用部に立ち入らずに維持管理を行えることを求めないものとする。          （参考）維持管理対策等級（共用配管）等級3の基準の内容（住宅性能表示制度）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 構造躯体及び仕上げ材に影響を及ぼすことなく、共用配管の点検、清掃及び補修を行うことができること。</li> <li>2) 専用部分に立ち入ることなく共用配管の点検、清掃及び補修を行うことができること。</li> </ol> <p>ハ. 更新対策等級（共用排水管）等級3          ただし、共用排水管について、区画された竖穴であるパイプスペース内に設置されており、更新の円滑な実施のために必要な措置が講じられている場合にあっては、当該共用排水管が専用部に立ち入らずに更新を行えることを求めないものとする。          （参考）更新対策等級（共用排水管）等級3の基準の内容（住宅性能表示制度）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 更新時のはつり工事、配管切断工事等を軽減できる措置がとられている又は増設更新を行うことができること。</li> <li>2) 構造躯体に影響を及ぼすことなく共用排水管の更新を行うことができること。</li> <li>3) 専用部分に立ち入ることなく、共用排水管の更新を行うことができること。</li> </ol>

## D.耐久性分野

長期優良住宅制度の特徴として、維持管理計画の策定を求めていることがある。以下に、維持保全の方法の基準の概要を示す。

- ① 法第2条第3項各号に掲げる部分について、仕様、点検の項目及び予定時期が指定されたものであること。  
※法第2条第3項各号に掲げる部分
  - 1) 基礎、土台、壁、柱等（構造耐力上主要な部分関係）
  - 2) 屋根、開口部等（雨水の浸入を防止する部分関係）
  - 3) 給水又は排水の配管設備（給水設備・排水設備関係）
- ② ①に掲げる部分の点検の予定時期がそれぞれ点検又は更新から10年を超えないものであること。
- ③ 地震時及び台風時の臨時点検を実施することとされていること。
- ④ 住宅の劣化状況等に応じて、維持保全の方法について見直しを行うこととされていること。
- ⑤ 長期優良住宅建築等計画に変更があった場合に必要に応じて維持保全の方法の変更することとされていること。

### 3.3.4 供用期間の設定のまとめ

住宅性能表示制度および長期優良住宅認定制度の規定は、主として一般の木造住宅を対象にしたものであり、木造計画・設計基準もそれらに準じて作成されている。中層木造建築物および木質混構造建築物に対するのとして必要条件ではあるものの十分条件とはなり得ず、中層木造建築物および木質混構造建築物に特化した追加の劣化対策が必要となるものと考えられる。この点については現時点で研究途上の段階であり、次章において想定される対策の一部に触れることとする。

#### 【引用文献】

- 3.3-1) 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 2018、日本建築学会、2018
- 3.3-2) 鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説、日本建築学会、2016
- 3.3-3) 鉄骨造建築物の耐久性向上技術、国土開発技術研究センター建築物耐久性向上技術普及委員会、技報堂、1986







D.耐久性分野

表 3.4.1 各材料の修繕・改修周期（その2）

計画あり
  築年後（現時点）

2019年度現在

										引用元	発行元・発表者	発行・発表年	補足説明・理由等	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
										【事例】 秋田県 能代市崇徳小学校（1994年度築）	—	—	16年目に改修工事の一環で実施	
										打替 全国防水工業会	—	—	耐久性保証期間	
										【事例】 埼玉県 宮代町庁舎（2004年度築）	—	—	2年目、13年目に難燃剤処理による「白華」が発生。造膜塗料が剥がれたため、剥離の上再塗装を実施（含浸型で十分）	
										再塗装	建築物における木材の現わし使用の手引き（3・4章）	（一社）木のいえ一番振興協会	2016.12	最初の2～3年で表面の微細なひび割れが発生するため初回の周期が短くなり、塗布量も増加する。2回目以降初回の約2倍になることが知られている。ラフゾーン（粗鋸目）仕上げにより塗布量を増し耐用年数を延伸することができる。重ね塗りが可能。
											【事例】 岩手県 住田町庁舎（2014年度築）	—	—	2年目再塗装を実施
										塗装計画	【事例】 東京都 東京木材会館（2009年度築）	—	—	6年目周期で外部の高圧洗浄・再塗装を実施（計画）している
											【事例】 岐阜県 下呂市営花池団地（2008年度築）	—	—	5年目に再塗装を実施
											【事例】 兵庫県 宍粟市波賀市民局庁舎（2001年度築）	—	—	6年目・15年目に2回再塗装実施
											【事例】 秋田県 能代市崇徳小学校（1994年度築）			16年目に改修工事の一環で実施
										再塗装	建築物における木材の現わし使用の手引き（3・4章）	（一社）木のいえ一番振興協会	2016.12	着色（隠蔽）タイプを使用すると7年に延びる。着色造膜5～7年、半透明造膜3～5年で初回塗替えが多い。



D.耐久性分野

表 3.4.1 各材料の修繕・改修周期（その4）

2019年度現在										引用元	発行元・発表者	発行・発表年	補足説明・理由等
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
									シール打替	木質混構造モデル建築物の維持管理計画例の作成業務	国総研	2018	モデル建築物（庁舎用途）で設定した修繕周期標準年
									再塗装	木材を利用した官庁施設の維持管理等に関する調査検討業務	国土交通省官庁営繕部	2016	D社ヒアリングで得られた結果
				再塗装					再塗装	木材を利用した官庁施設の維持管理等に関する調査検討業務	国土交通省官庁営繕部	2016	S社ヒアリングで得られた結果
										【事例】 兵庫県 兵庫県波賀市民局庁舎 (2001年度築)			4年目に建具の狂いが発生し一部交換している
									打替	木造建築物の耐久性向上のポイント【設計編】(P30)	(一社)木を活かす建築推進協議会	2015	保全計画の策定の章で、メンテナンススケジュールの例が主な部位ごとに例示している
									シール打替	木材・木質構造の維持管理-補修技術マニュアル-	(公社)日本木材保存協会	2014	付属資料2の劣化環境改善用資材とその使い方の中でシーリング材の種別を詳細に記載
				塗装					塗装	建築物における木材の現わし使用の手引き（4章）	(一社)木のいえ一番振興協会	2016.12	摩擦が生じる床には造膜型ではなく含浸型塗料の重ね塗りが有効
			更新計画						更新計画	【事例】 東京都 東京木材会館 (2009年度築)	—	—	6年周期で外部の塗装と同時に交換している
										【事例】 東京都 東京大学弥生講堂一条ホール (2000年度築)	—	—	5年周期で点検・再塗装を実施
									再塗装	木材を利用した官庁施設の維持管理等に関する調査検討業務	国土交通省官庁営繕部	2016	S社ヒアリング結果
										【事例】 秋田県 能代市崇徳小学校 (1994年度築)			16年目に改修工事の一環で実施
				塗布					塗布	木造建築物の耐久性向上のポイント【設計編】(P30)	(一社)木を活かす建築推進協議会	2015	様々なシロアリの防除工法がある防除施工標準仕様書（日本しろあり対策協会）

### 3.4.3 維持管理計画の作成例

中層の木質混構造建築物の事務所、共同住宅、学校の3例をモデルに修繕・改修内容・サイクルの設定例を示す。事務所と共同住宅の用途は本総プロの試設計例から、学校は平面混構造の建物で階数は3階建てであるが、実際に改修を実施した建物であり、標準的な修繕モデルと実際実施された修繕の比較考察を行うことが出来ることから採用した。

設定した3例について、竣工時に施主等に渡す、供用期間中の維持管理スケジュール等を含めた技術資料というイメージで、ケーススタディ的に資料を作成した。ここで、各材料の耐用年数と修繕周期は前述の調査結果等をもとに仮定したものであり、実際には製品の種類および仕様等により変化する。また、コストの試算結果については積算方法等により変動するため、ここでは割愛した。

対象とした建築物3例の概要を以下に示す。

#### 【ケーススタディの対象の概要】

モデル(1)

**事務所モデル** (試設計) : メガストレクチャー

モデル(2)

**災害公営住宅モデル** (試設計) : GLT パネル工法

モデル(3)

**学校校舎モデル** (実建築物) : 平面混構造



## D. 耐久性分野

### (1) 対象建物の概要

#### ① 事務所モデル (モデル1 メガストラクチャー)

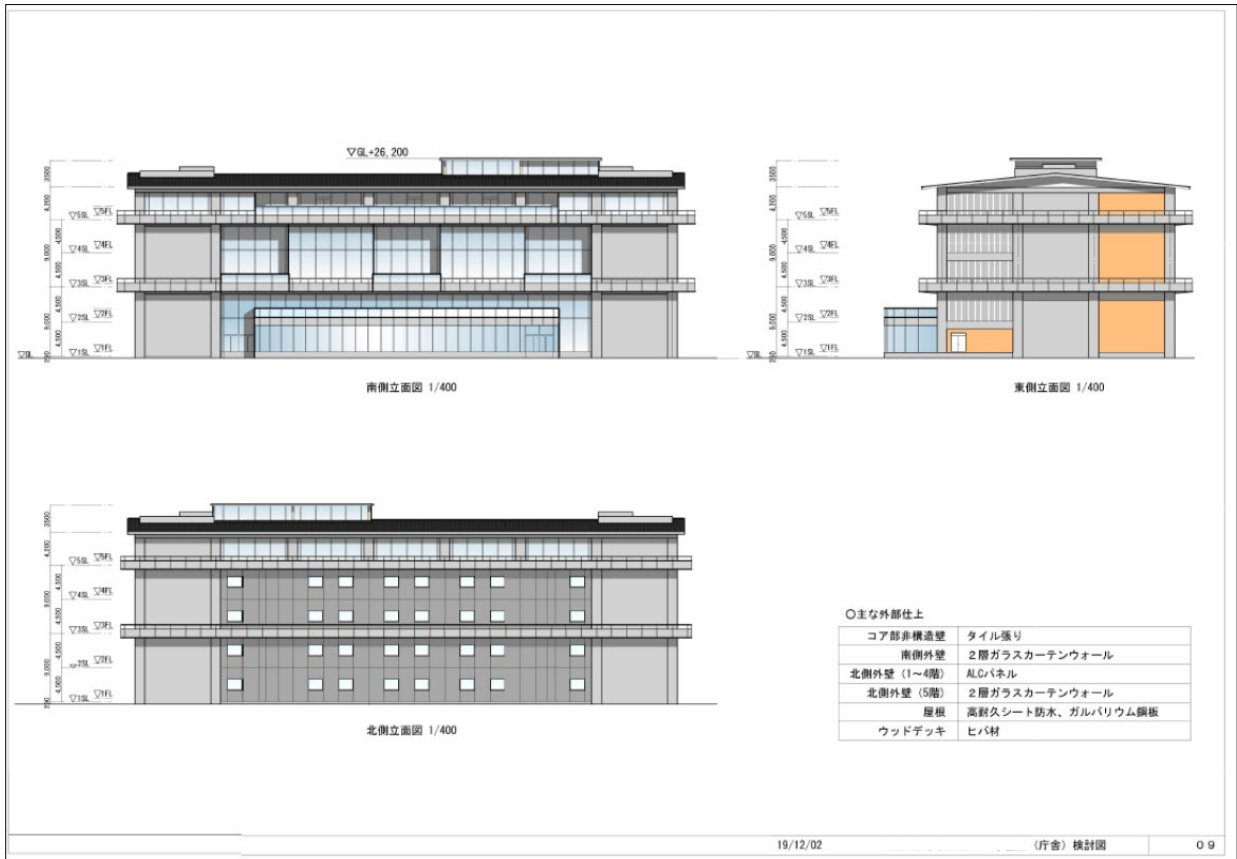


図 3.4.2 事務所モデル

#### ② 災害公営住宅モデル (モデル2 CLT パネル工法)

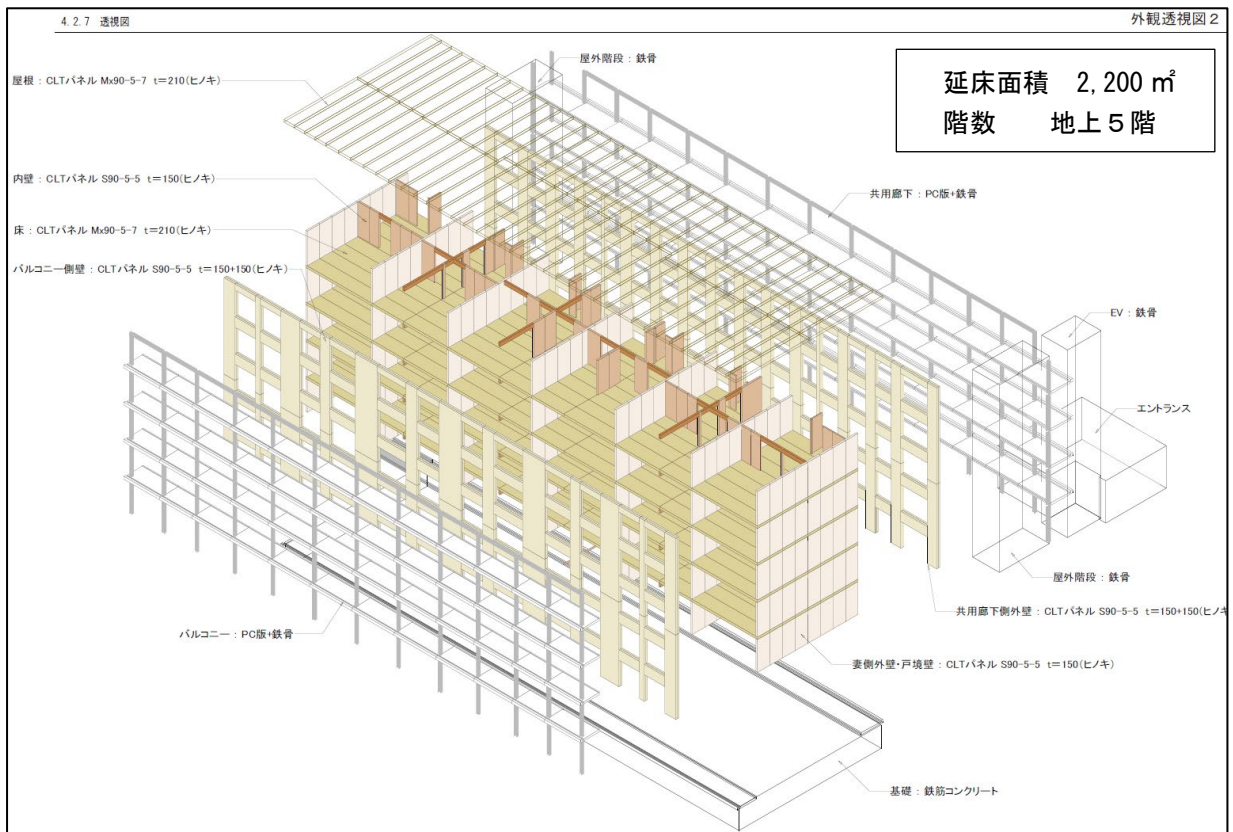


図 3.4.3 災害公営住宅モデル

D.耐久性分野

③ 学校校舎モデル (モデル3 平面混構造)

延床面積 2,584 m<sup>2</sup>  
階数 地上2階

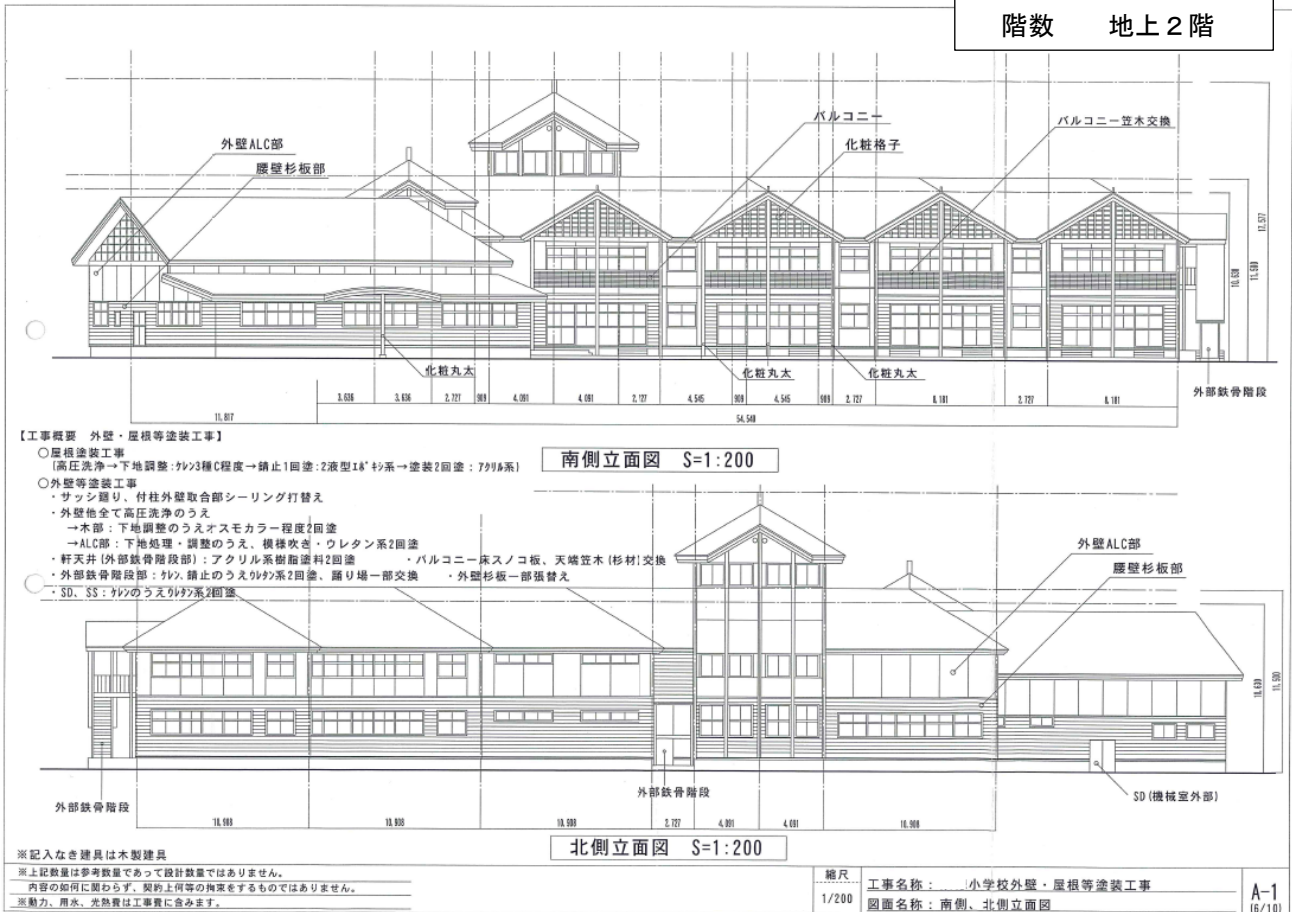


図 3.4.4 学校校舎モデル









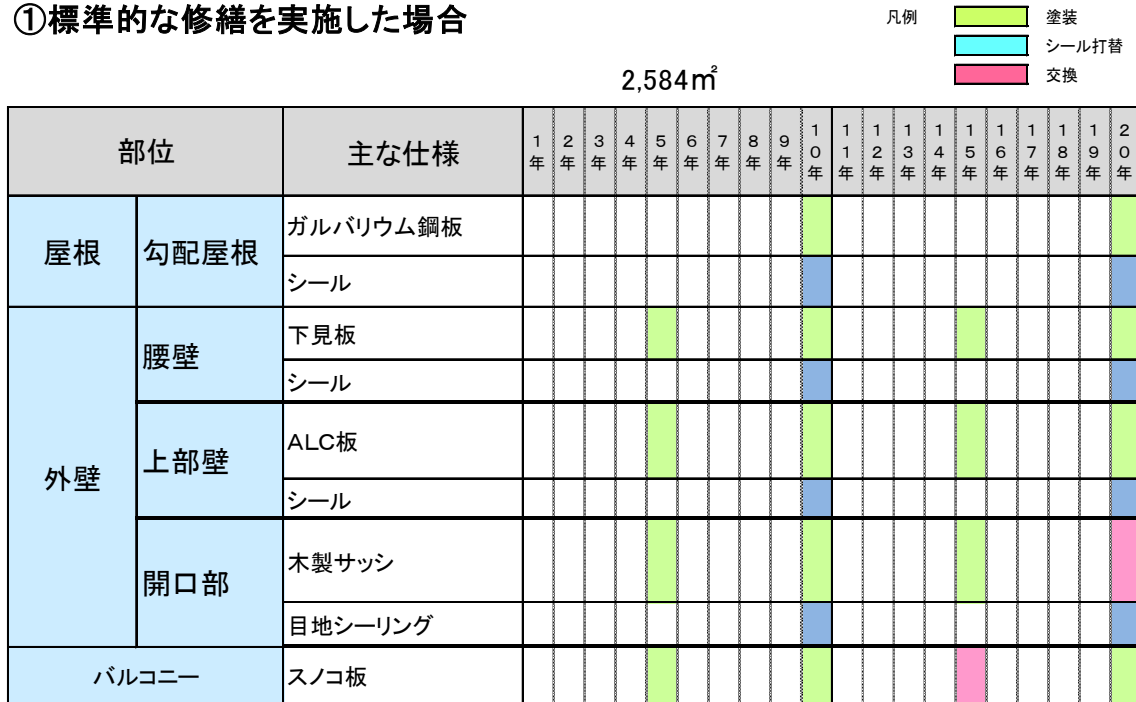


(4) 標準的な計画と実績の比較・考察

低層木造建築物について、標準的な維持管理計画と実建物において実施された修繕実績との比較を表3.4.9に示す。標準モデルでは20年で2サイクルの維持管理サイクルを想定しているが、実建物の実績では築16年目に屋根・外壁・バルコニーの改修をまとめて実施している。また、実建物の現状としては、現在25年経過しており、屋根・外壁は良好な評価となっているものの、外部開口部およびバルコニーは初期の修繕を実施していないため、塗装を実施した後でも、出隅等はきれいな状態には戻っていない。

表 3.4.9 標準的な計画と実績の比較（学校校舎モデル）

①標準的な修繕を実施した場合



②実際に実施した修繕



## D.耐久性分野

以上の結果からは、実建物において多少の劣化は見られるものの、致命的な劣化が発生しているわけではなく、建物現況が建物所有者の維持管理水準を満たしているのであれば適正に管理できていると判断できる。また、その場合に必要であった修繕周期は本研究で想定したものと比べて大幅に長い（修繕回数が少ない）ものであった。

この結果に対する考察の前に、参考となる JIS Z 8115（ディペンダビリティ（総合信頼性）用語）における維持保全に関する用語の定義を表 3.4.10 に示す。ここで、同定義は建築構造物に相応しくない表現もあるが、同規格中のハードウェアの例には構造物も含まれている。

表 3.4.10 JIS Z 8115（ディペンダビリティ（総合信頼性）用語）における維持保全に関する用語の定義

保全、保守	アイテムが要求どおりに実行可能な状態に維持され、又は修復されることを意図した、全ての技術的活動及び管理活動の組合せ。
予防保全	アイテムの劣化の影響を緩和し、かつ、故障の発生確率を低減するために行う保全。
時間計画保全	規定した時間計画に従って実行される保全。
状態基準保全	物理的状态の評価に基づく予防保全。
事後保全	フォールト検出後、アイテムを要求どおりの実行状態に修復させるために行う保全。

[注]アイテム：対象となるもの。

劣化：要求事項に合致するための、アイテムの能力における有害な変化

劣化状態：アイテムが要求通りに実行するには能力が低下しているが、許容できる程度の性能である状態。

故障：アイテムが要求通りに実行する能力を失うこと。

故障状態（フォールト）：アイテム内部の状態に起因して、（アイテムが）要求通りに実行できない状態。

当初計画される維持管理計画は、外装材や塗材などの耐用年数を参照した「予防保全（時間計画保全）」の視点に立ったものであり、設定された維持管理水準に対して想定される安全側の修繕周期での設定とならざるを得ない。一方で、実際の経年後の点検で当初想定よりも劣化が進んでいない場合には、修繕周期を伸ばす選択肢もあり得る。これは「予防保全（状態基準保全）」の考え方と言え、条件によっては劣化の進行が早い木造建築物に対してはある程度リスクのある管理方法ではあるものの、頻繁な点検と適時の修繕により維持管理コストを低減する方法としては許容される方法といえる。これに対して、中層木質混構造建築物の構造躯体の補修技術が十分に整備されていない現状では、「事後保全」の考え方は許容されない。

建物の維持管理の目的は、供用期間を通して建物を健全な状態で維持することであり、これを実現する方法は無数に存在するが、現時点ではライフサイクルコストまで含めた最適手法が提示されるには至っていない。このため、設計者が建物種類や必要な維持管理レベル、周囲の環境条件、ライフサイクルコスト等を総合的に判断して、適切な維持管理計画を立案することが求められる。

D.耐久性分野

3.4.4 定期点検と実施体制

(1) 点検周期と内容

国土交通省官庁営繕部による「建築保全業務共通仕様書」（平成30年版）には、建築物等の保全水準の確保に資することを目的に、一般的な保全業務のうち、定期点検及び保守に関する作業項目と標準的に実施される作業内容、実施周期等を示している。表3.4.11に、木造建築物に係る屋根の項目を一例として示す。

表 3.4.11 建築保全業務共通仕様書（平成30年版）における屋根の点検周期の例

		周期Ⅰ：標準的な点検周期 周期Ⅱ：重大な障害が生じない・不具合の発生率が高まることを許容できる場合の点検周	
作業項目	作業内容	周期Ⅰ	周期Ⅱ
1. 共通事項	① 雨水浸入による汚損の有無の点検 ② 亀裂その他の損傷、変形又は腐食の有無の点検 ③ 建築材料の剥離、接合部のゆるみの有無の点検 ④ 屋内案内状時の亀裂、破損 <sub>m</sub> 変形及び脱落の有無の点検	1Y 1Y 1Y 1Y	3Y 3Y 3Y 3Y
2. 陸屋根			
a. 保護層（保護コンクリート、保護モルタル、保護砂利等）	① 雨水浸入による汚損の有無の点検 ② 伸縮調整目地材の劣化及び欠損の有無の確認 ③ 保護コンクリート及び保護モルタルは、平面及び立上り部の浮き、ひび割れの有無の点検 ④ 保護砂利は、片寄りの有無の点検	1Y 1Y 1Y 1Y	3Y 3Y 3Y 3Y
b. 露出防水層（保護層のない場合）	① 排水状態の良否の点検 ② 防水層の亀裂、破断及びめくれの有無の点検 ③ 防水層の膨れ、変形及びしわの有無の点検 ④ 防水層立上り部のめくれ及びずり落ちの有無の点検、押え金物の取付け状態の良否の点検 ⑤ 仕上げ塗装の変退色及びチョーキングの有無の点検 ⑥ 砂付ルーフィングの砂落ちの有無の点検 ⑦ 脱気装置の破損の有無の点検	1Y 1Y 1Y 1Y 1Y 1Y 1Y	3Y 3Y 3Y 3Y 3Y 3Y 3Y
3. 勾配屋根（長尺金属板葺、折板葺、粘土瓦葺等）	① 葺材の変形、乱れ、割れ、さび、腐食、塗装の劣化及び表面処理の劣化の有無の点検 ② 留付け金物のさび及び腐食の有無の点検	1Y 1Y	3Y 3Y
5. パラペット	① コンクリート又はモルタル笠木のひび割れ、浮き、剥離等の有無の点検 ② 金属笠木及び防水押え金物の変形、錆、腐食、損傷の有無の点検及び取付け状態（脱落及びビスの緩み）の良否の点	1Y 1Y	3Y 3Y
6. 手すり・丸環・点検口	① 取付け状態の良否の点検 ② 変形、破損、さび及び腐食の有無の点検	1Y 1Y	3Y 3Y
7. ルーフドレン・とい	① 取付け状態の良否の点検 ② さび、腐食、破損及び塗装の劣化の有無の点検 ③ 漏水の有無の点検及び排水状態の良否の点検	1Y 1Y 1Y	3Y 3Y 3Y
9. シーリング材	シーリング材の破断、ひび割れ、亀裂、変形、損傷、だれ及び剥離の有無の点検	1Y	3Y

D.耐久性分野

建築基準法では、建築物を適切に維持管理し安全を確保するため、建築物の所有者又は管理者に対し、損傷や腐食等の劣化状況について、定期に、一級建築士等による調査・点検を実施させなければならないとしている（建築基準法第12条）。対象施設・設備、及び調査・点検の項目・方法・判定基準は、国土交通省告示において定められている。表3.4.12に、定期報告制度における点検周期と点検項目を示す。

表 3. 4. 12 定期報告制度における点検周期と点検項目（建築基準法第12条）

点検周期	点検部位		点検項目	
3年以内ごと	建築物(敷地・構造)	敷地及び地盤	地盤 敷地 塀 擁壁等	<div style="border: 1px solid red; padding: 2px;">                     で囲む項目は、劣化状況調査票と連動する項目を示す。                       劣化状況調査票の項目                       2 外壁                       1 屋根・屋上                       3 内部仕上げ                       で囲む項目以外についても、指摘があれば特記事項に記入する。                 </div>
		建築物の外部	基礎 土台(木造に限る。) 外壁(躯体等、外装仕上げ材等、窓サッシ等、広告板等)	
		屋上及び屋根	屋上面 屋上周り 屋根 機器及び工作物	
		建築物の内部	防火区画 壁の室内に面する部分(躯体等、防火区画を構成する壁) 床(躯体等、防火区画を構成する床) 天井 照明器具・懸垂物等 石綿等を添加した建築材料	
		避難施設等	避難上有効なバルコニー 階段 排煙設備等 非常用の照明装置	
		その他	特殊な構造(膜構造建築物の膜体・取付け部材等、免震構造建築物の免震層・免震装置) 避雷設備 煙突	
1年以内ごと	建築設備(昇降機を除く)	昇降機	エレベーター エスカレーター 小荷物専用昇降機	4 電気設備
		防火設備	防火戸 防火シャッター等駆動装置との連動	2 外壁 3 内部仕上げ
		換気設備	(居室等の)機械換気設備 (調理室等の)自然換気設備及び機械換気設備 (居室等の)防火ダンパー等	5 機械設備
		排煙設備	排煙機 その他(機械排煙設備の排煙口・排煙風道、防火ダンパー、特殊な構造の排煙設備の排煙口及び給気口・給気風道・給気送風機) 特殊避難階段の付室及び非常用エレベーターの乗降ロビーに設ける排煙口及び給気口 可動防煙壁 自家用発電装置 エンジン直結の排煙機	
		非常用の照明装置	電池内蔵形の蓄電池 電源別置形の蓄電池 自家用発電装置	4 電気設備
		給水設備及び排水設備	飲料用の配管及び排水配管 飲料用の給水タンク及び貯水タンク並びに給水ポンプ 排水槽 給湯設備 排水再利用配管設備 その他(衛生器具、排水管)	5 機械設備

(2) 維持管理実施体制の構築

維持管理計画が策定され、建物の供用が開始された後には、一般に、建物の所有者から委託された施設管理者と実際の工事等を担当する建築事業者により維持管理が実施される。以下に、維持管理業務を実施する一般的な流れを示す。

① 公共実施の場合

公共の場合は、施設管理者を中心に施設の保全を担当する営繕部門、公共施設全体を調整する行政経営部門、予算を査定し執行する財政部門等が連携した体制が一般的である（図 3.4.5 参照）。

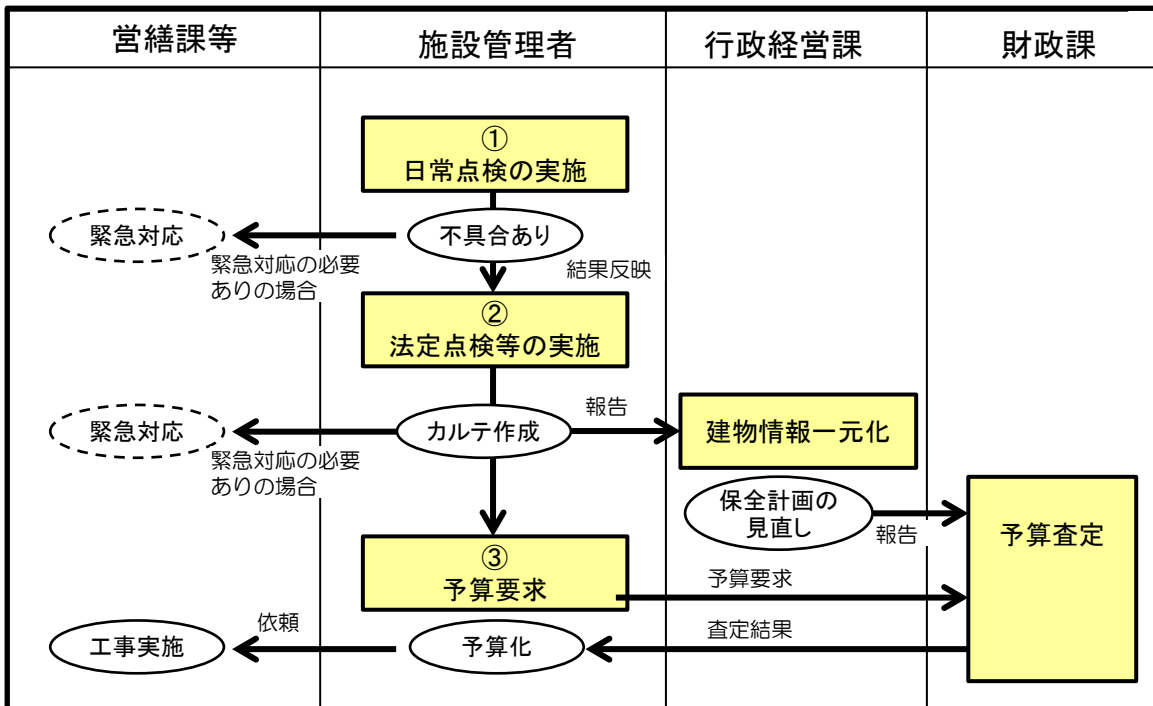


図 3.4.5 公共における維持管理実施体制の例

② 民間実施の場合

施設管理者が日常点検または法定点検（注：点検の名称は団体等による違いあり）を実施し、その点検結果を踏まえて、依頼を受けた建築事業者等が対応する。さらに大規模改修等のある程度計画的に実施される工事に対しては、内容確認を行った上で、予算要求により予算化した修繕改修費の内容について、工事を実施する（図 3.4.6 参照）。

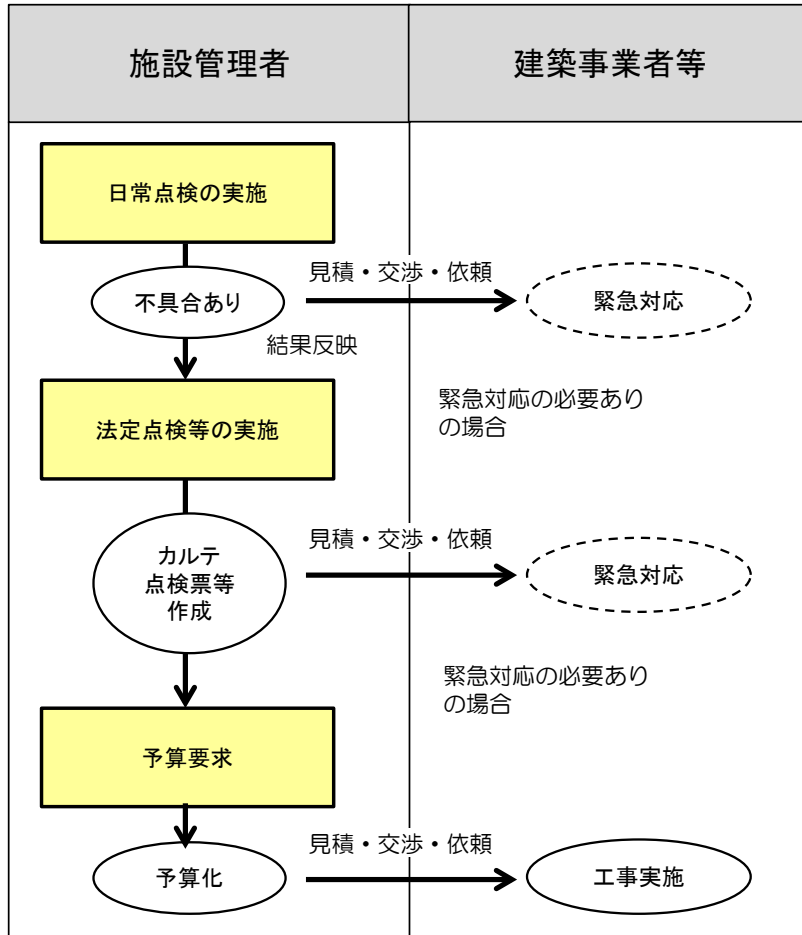


図 3.4.6 民間における維持管理実施体制の例



### 3.5 まとめと今後の課題

#### 3.5.1 まとめ

本章における検討により得られた知見を以下に示す。

##### (1) 中・大規模木造建築物の劣化および変状の事例調査について

- ・今回調査した中・大規模木造建築物の事例では、結果として一般低層木造建築物の事例と同じ、雨水浸入・漏水、結露、蟻害等のメカニズムで劣化している例が大半である結果となった。

##### (2) 維持管理計画の立案について

- ・本総プロで検討された試設計および実建築物に対して、予防保全の考え方に基づく維持管理計画の作成を試行した。
- ・1例ではあるものの、実建物の修繕周期は本研究で想定した維持管理計画と比べて大幅に長い（修繕回数が少ない）ものであった。
- ・建物の維持管理の目的は、供用期間を通して建物を健全な状態で維持することであり、これを実現する方法は無数に存在するが、ライフサイクルコストまで含めた最適手法が提示されるには至っていない。このため、設計者が建物種類や周囲の環境条件、ライフサイクルコスト等を総合的に判断して適切な維持管理計画を立案することが求められる。

#### 3.5.2 今後の課題

本調査からの今後の課題を以下に示す。

##### (1) 中層木質混構造建築物の維持管理情報の蓄積

- ・中層木質混構造建築物は建築実績が少ないことおよび築年数が浅いことなどから、低層木造建築物に比べて維持管理に関して参照すべき知見が少ないのが実態である。今後、築後の経年を重ねていく物件について、長期の維持管理実績の蓄積が必要であり、地域性をはじめとする諸条件を踏まえて整理しデータベースとして蓄積、参照できるようにする必要がある。

##### (2) 維持管理の実態と劣化状況の関係の整理

- ・維持管理に関する標準的な条件の例は文献等で示されているが、実構造物の維持管理の実態と乖離しているものも見られる。さまざまな条件の異なる維持管理の事例についてさらに情報収集・整理を進め、使用した材料の仕様や使用環境と劣化状況の因果関係について、実際には情報が収集しにくい失敗例も含めて整理することが必要である。

##### (3) ライフサイクルコストの算定のための技術資料の整備

- ・より正確なライフサイクルコストの検討をする際に、使用材料や部品等のコストに関する情報の蓄積が必要で、継続して進められる必要がある。

### 4. 中層木造および木質混構造建築物に対する配慮事項

#### 4.1 取りまとめ方針

現時点において、中層木質混構造建築物の建築実績は少なく、低層木造建築物の耐久設計・施工との差異についても不明な点が多い。また、中規模以上の建築物では設計上の納まりなどは独自仕様が採用されるものが多く、さらに耐久性に影響をおよぼす劣化事象は不適切な設計、施工および材料の不良等によるものも含まれるため、汎用的な指針類の策定には時期尚早な段階である。以上のような現状を踏まえ、ここでは、中層木質混構造の設計に取り組む設計者に対して注意喚起を行うことを目的に、現時点までに得られている知見に基づいた中層木質混構造建築物の耐久設計上の配慮事項について、根拠資料を提示しつつ、技術資料として取りまとめる。

本章では、中層木質混構造に特有な耐久設計上の配慮事項を抽出して取りまとめることとし、一般木造建築物と共通する内容については各種の参考文献<sup>例えば4.1-1)～4.1-15)</sup>を参照されたい。

#### 【参考文献】

- 4.1-1) 「木造住宅外皮の防水設計・施工指針および防水設計・施工要領（案）」、(一社) 日本建築学会
- 4.1-2) 「FRP防水工事施工指針・同解説」、(一社) 日本建築学会
- 4.1-3) 「木造住宅モルタル外壁の設計・施工に関する技術資料」、国総研資料 第779号
- 4.1-4) 「共同研究成果報告書 木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様とその評価に関する研究」、国総研資料 第975号
- 4.1-5) 「窯業系サイディングと標準施工 第3版」、(一社) 日本窯業外装材協会
- 4.1-6) 「窯業系サイディングを使用した外壁の換気口周辺の防水施工マニュアル」、NPO法人住宅外装テクニカルセンター、住宅外装防水研究会
- 4.1-7) 「評価方法基準」、H13国交告1347号、国土交通省
- 4.1-8) 「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 15 左官工事」、(一社) 日本建築学会
- 4.1-9) 「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 24 断熱工事」、(一社) 日本建築学会
- 4.1-10) 「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 27 乾式外壁工事」、(一社) 日本建築学会
- 4.1-11) 「木造住宅工事仕様書 [解説付]」、2021年版、独立行政法人住宅金融支援機構
- 4.1-12) 「枠組壁工法住宅工事仕様書 [解説付]」、2021年版、独立行政法人住宅金融支援機構
- 4.1-13) 「防水施工マニュアル (住宅用防水施工技術)」、2021、日本住宅保証検査機構
- 4.1-14) 「まもりすまい保険 設計施工基準・同解説」、住宅保証機構
- 4.1-15) 「住宅省エネルギー技術講習テキスト」、(一社) 木を活かす建築推進協議会

## 4.2 配慮事項

### 4.2.1 CLT床へのコンクリート打設による水分の影響

#### (1) 想定される現象・問題点

CLT床構造を採用する際に、下階への床衝撃音などが問題となっており、防音床の仕様などの検討が進められている。その一環として、CLT床版の裏面を現わしとして天井材を使用しない場合には、CLT床版の上にコンクリート層を施工して合成床とする仕様の検討も行われている<sup>4.2-16)</sup>。また、CLT床版にせん断力を伝達する金具を固定してその上に施工する鉄筋コンクリートスラブと構造的にも一体化した合成床としての活用も検討されている<sup>4.2-17),4.2-18)</sup>。

いずれも建設時にCLT床版上にフレッシュコンクリートを打設することが想定されるが、構造部材であるCLT床版にフレッシュコンクリートが接すると、施工時だけでなく、コンクリート硬化後も継続してコンクリートが接していることになり、施工時の水分の乾燥が期待できず、CLT床版の上面に腐朽環境を形成するリスクが高まると考えられる。また、コンクリートの施工時にはCLT床版の接合部からのコンクリートの漏洩なども考えられることから、周囲のCLT部材にフレッシュコンクリートが直接接触しない措置が必要となる。

床版以外にも、鉄筋コンクリートのフレームにCLT耐震壁を挿入した合成構造において、鉄筋コンクリートの柱梁の表面とCLT壁の端部の間を充填するために無収縮モルタルなどが湿式で施工される場合がある。床版と比べると無収縮モルタルとの接触面積が少なく、施工後の乾燥も期待できるためCLT部材側の腐朽リスクは少ないと考えられるが、無収縮モルタルの施工容積が相対的に小さいこと、およびCLT側の接触面が吸水しやすい小口面であることなどにより、無収縮モルタル側のドライアウトの問題も考えられるため、CLTの吸水を防止する措置が必要となる。

#### (2) 劣化を防止するための対応策

CLT床版上にフレッシュコンクリートを打設する場合には、遮水シートにより水分の供給を遮断することが基本となる。ただし、金物により一体化する場合には、遮水シートに穴をあけて金物を貫通させる必要があるため、遮水テープなどによる漏水防止のための措置が必要となる。写真4.2.1に、本総プロの床衝撃音の実験のために枠組壁工法6階建て実大実験棟（建築研究所）のCLT床版上に施工された鉄筋コンクリートスラブの施工状況の例（コンクリート打設前の状況）を示す。

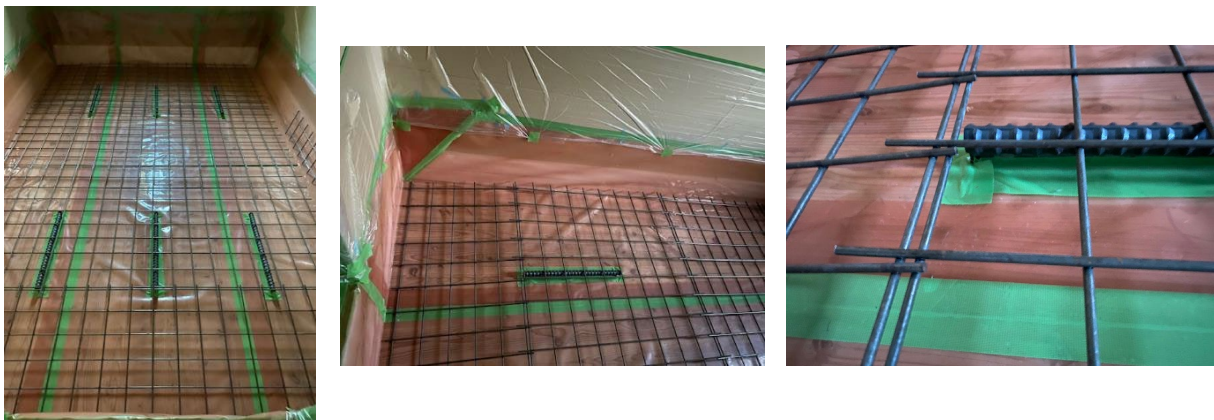
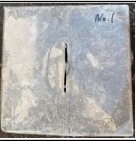


写真 4.2.1 枠組壁工法6階建て実大実験棟（建築研究所）のCLT床版上に施工された接合金物、配筋および遮水シートの施工状況

## D.耐久性分野

表 4.2.1 に、小型の CLT 床版上にフレッシュコンクリートを打ち込む際の CLT とコンクリートの界面に施工する遮水シートの適切な納まりを確認することを目的とした実験結果の一例を示す（詳細については 2.7 節参照）。その結果、接合金物周囲や遮水シートのしわのある場合には、防水テープを施工したとしてもセメントノロの漏出リスクがあること、また、コンクリートの締固めに用いる棒状振動機が遮水シートに接触すると、シートが破れてセメントノロの漏出が発生する可能性があることなどが示された。現状で推奨される対策としては、可能な限りセメントノロの漏出を防ぐこととなり、遮水シートの際間の防水テープによる養生を確実に実施すること、およびコンクリートの施工時に遮水シートを傷つけないようにすることが重要と考えられる。

表 4.2.1 CLT 床へのコンクリート打設に対する遮水シートの納まりに関する実験結果の概要

	要因	遮水シート表面	CLT試験体表面	目視観察結果
1	接合金物あり 遮水シートの 切れ目は金物 設置時に接着			漏れなし。
3	接合金物あり 遮水シートの 切れ目は防水 テープで処理			金物周囲から漏出。棒状振動機が接触しシートが傷ついた部分より漏出。
5	接合金物無し 遮水シートの 重ね部は防水 テープで処理			漏れなし。
7	接合金物無し 遮水シートの 重ね部に防水 テープ無し			シートの重ね合わせ部より漏出。
9	接合金物無し 遮水シートの 重ね部に防水 テープで処理 しわあり			シートのしわ部分から漏出。結露インジケータに反応あり。

鉄筋コンクリートフレームに CLT 耐震壁を施工する場合に関しては、現時点では耐久性に関する十分な検討資料は揃わないが、CLT 耐震壁の無収縮モルタルなどの充填材と接する面（小口面）に吸水防止剤などを塗布し、水分の吸水を防止する処置を行うなどの対策が必要と考えられる。

### 【参考文献】

- 4.2-16) 平光厚雄、平川侑：コンクリートを打設した CLT 床の床衝撃音遮断性能、日本音響学会 2022 年春季研究発表会講演論文集、pp.531-534、2022.3
- 4.2-17) 池田将和、森拓郎、北守顕久、荒木康弘、五十田博、藤田和彦：RC 床板と CLT の合成床のクリープ性能に関する実験的研究（その 1 ～その 6）、日本建築学会大会学術講演梗概集、2018～2020
- 4.2-18) 古澤隼人、北守顕久、森 拓郎、田守伸一郎、五十田博：RC 床板と木梁を併用したハイブリッド床システムの開発（その 1～その 3）、日本建築学会大会学術講演梗概集、2016～2017

## 4.2.2 材料の体積変化① 混構造建築物（異種構造材料間）

## (1) 想定される現象・問題点

木材は吸放湿性材料であり、含水率変化に応じて体積が変化する。またその細胞構造によって寸法変化率に異方性がある。寸法変化率は、繊維方向には無視できる程度であるが、繊維に直角方向には樹種や年輪に対する角度に応じて、含水率1%の変化あたり0.1~0.4%の長さ変化を生じる。このため、木造建物の垂直変位に関しては、躯体に水平方向に配置された木材の繊維に直角方向の寸法変化が問題となる。繊維に直角方向の変化のうち、年輪に対して接線方向の変化率が半径方向の変化率の概略2倍である。また、木材の体積変化率は密度が高い樹種ほど大きい。

含水に伴う寸法変化は可逆的であるが、建物竣工後の躯体木部の含水率は最終的に建設時に対して数%低下するため、躯体木材の最終的な乾燥収縮量が問題となる。

カナダの木構造設計指針類では、水平方向に用いる枠組材の高さ方向の平均的乾燥収縮率として、含水率1%あたり0.25%を採用している。<sup>4.2-19)</sup>

木材以外の構造材料のうち、コンクリート、モルタル等も含水率変化に応じて体積変化するが、その変化率は木材に比べて小さい。また、レンガは焼成後から吸湿、吸水に伴い、非可逆的に膨張する。また、金属やプラスチックは吸放湿性が無く、熱伸縮が寸法変化の要因になる。木材も熱伸縮する。参考までに各種材料の線膨張係数を比較したグラフを図4.2.1に示す。

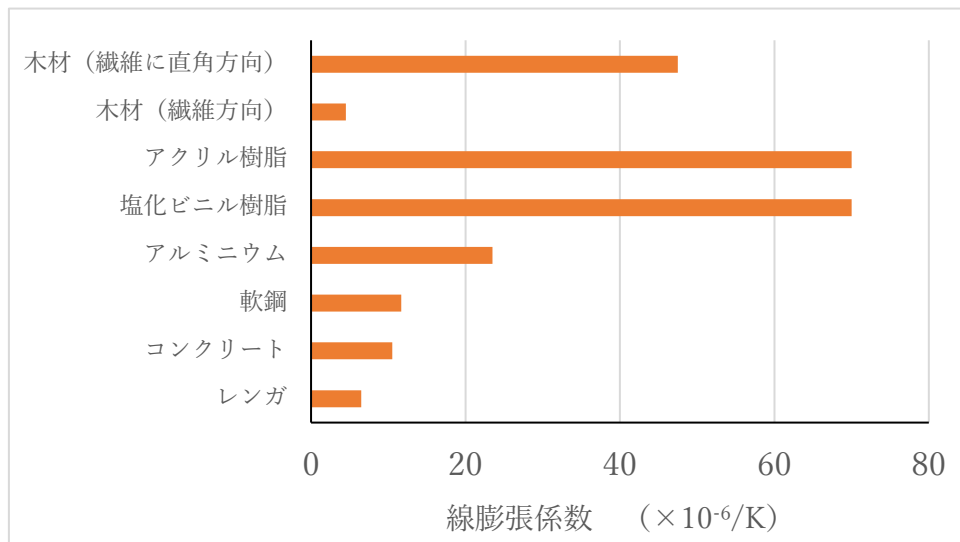


図 4.2.1 各種材料の線膨張係数<sup>4.2-20)</sup>

表4.2.2に外皮に想定される温度変化幅を100Kと仮定した場合の各種材料の熱伸縮寸法幅を、表4.2.3に建物使用中に想定される含水率変化の幅に応じて、各種構造材の含水率変化による最大寸法変化の試算結果を示す。ただし、レンガ壁については建設後の吸湿により最終的に達する総膨張量を示した。

これらの計算値から、木材の含水率変化に伴う繊維に直角方向の寸法変化が、他の材料の寸法変化と比較して際立って大きいことが分かる。特に中層建物では、木構造部に水平方向で配置される木材の乾燥収縮が累積し、高さ方向の縮み量が大きくなる。このため、建物使用中に木構造部と異種構造部の間に発生する寸法変化の差異(differential movement)により、以下のような現象、問題点が想定される。

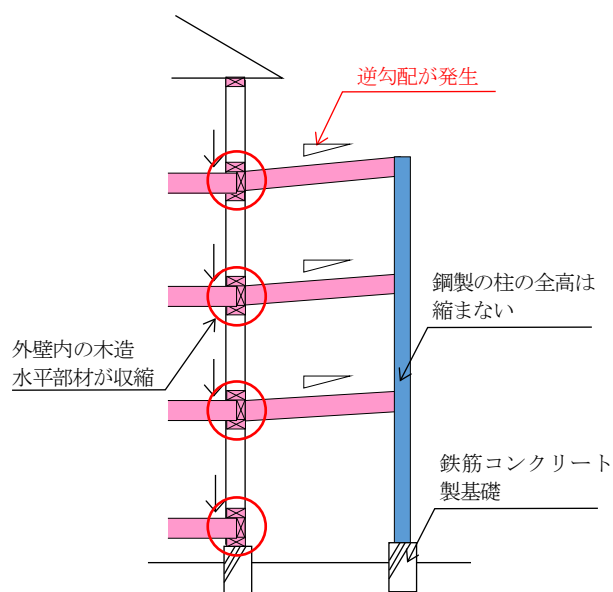
表4.2.2 各種構造材料の温湿度変化に伴う寸法変化

材料	線膨張係数 ( $\times 10^{-6}/K$ )	温度変化幅 (K)	最大寸法変化 (%)
鋼材	11.7	100	0.117
コンクリート	10.5	100	0.105
レンガ	6.5	100	0.065
木材 (繊維方向)	4.5	100	0.045
木材 (繊維に直角方向)	48	100	0.48

表4.2.3 各種構造材料の含水率変化に伴う寸法変化

材料	含水率1%あたり 寸法変化率 (%)	含水率変化幅 (%)	最大寸法変化 (%)
木材 (繊維方向)	0.005	7	0.035
木材 (繊維に直角方向)	0.25	7	1.75
コンクリート	0.02	4	0.08
レンガ壁	(建設後の総吸湿膨張)		0.04

- ① 木構造部分と異種構造部分の接続部で発生する床面の段差、傾斜およびこれに伴う劣化  
 中層木構造建築物において、図4.2.2に示すように、根元側を外壁面で支持し、外端部を鉄骨柱で支持したバルコニー床が、木構造部の乾燥収縮により建物側に向かって下り勾配に傾き、逆流した雨水により支持部が腐朽した事例が報告されている<sup>4.2-21)</sup>。

図 4.2.2 木構造部の乾燥収縮により発生したバルコニー床の傾斜 4.2-21)を参考に作成



## D.耐久性分野

- ② 木構造壁面と異種構造の陸屋根、バルコニーの接続部で、下地の挙動差により発生する防水層立ち上がりの破損に伴う漏水

異種構造体間で繰り返し発生する熱伸縮差、外力に対する変形差により防水層が疲労破断し、漏水が発生する。

- ③ 異種構造体で支持された小屋組み等と木構造壁体の相対変位で発生する隙間からの漏気、湿気漏れ

屋根トラスのような一体の構造体を支持する壁が図 4.2.3 のような混構造である場合、木構造部分の乾燥収縮に伴って、壁とトラスの間に隙間が生じる。これによって表層部に施工された気密層や防湿層が破断し、漏気、湿気漏れが発生する。

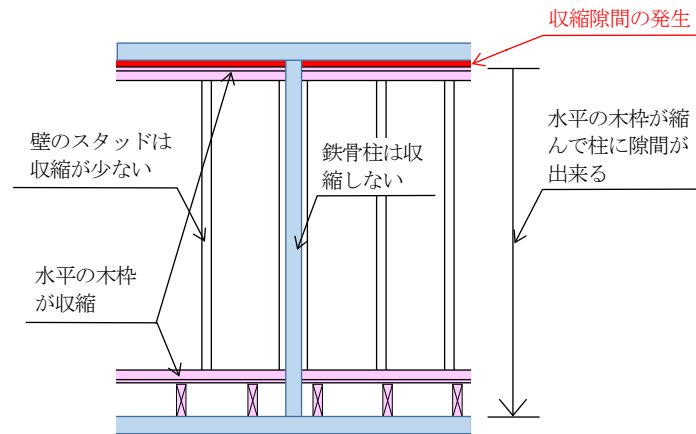


図 4.2.3 異種支持構造体の寸法変化差で生じた隙間 4.2-22)を参考に作成

- ④ 木構造部分と異種構造部分の壁面取り合い部のせん断変位で発生する目地シールの損傷とこれに伴う漏水、あるいは連続して施工されたクロス等仕上げ面の損傷

図 4.2.4 のような異種構造体の取り合い部において、木構造部が収縮して相対的に生ずるせん断変形により、取り合い部に施工された目地シールの損傷とこれに伴う漏水、あるいは両方の構造体にまたがって連続的に施工された仕上げ面の損傷が発生する。

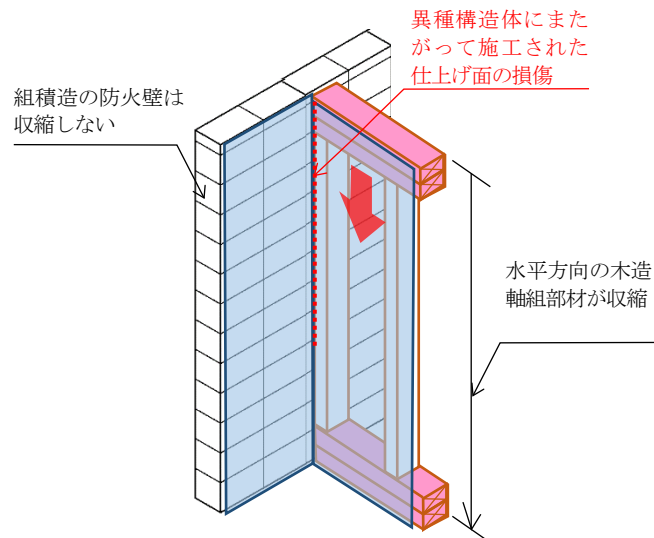


図 4.2.4 異種構造部の壁面取り合い部に発生した仕上げ面の損傷 4.2-22)を参考に作成

### (2) 異種構造間との体積変化の差による漏水、腐朽、破損等を防止するための対応策

#### ① 使用木質材料の過大な含水率変化を極力抑制する

設計において乾燥材の使用を指定し、現場に納入された木質材料の含水率管理を行って適正な含水率レベルを確保する。また、工事期間中、現場に保存する使用材料や既施工部分の雨がかりによる濡れを防止する。初期含水率が低い **Engineered wood** を採用する。

#### ② 異種構造部分に取り合う木構造部分の床面端部を構造的に絶縁する、あるいは異種構造のシャフトまわりは床組内で変位を吸収する

異種構造部分に取り合う木構造部分の床については、取合い部を構造的に絶縁することにより、木構造部分の収縮で生ずる変位差によって発生する床面の変形や接合部の損傷を防ぐ。床面が両者の構造体にまたがって連続する場合は、絶縁すると木構造部の乾燥収縮により床面に段差が発生するため、段差の解消の対策が必要となる。

異種構造のシャフトまわりの木造部分の床では、シャフト4周の壁面に直交する方向の小梁を配置し、端部をシャフトに接合することにより、木構造体の収縮で発生する変位を床組内で吸収する方法もある。

#### ③ 木構造体の収縮による勾配の変化が予測される床版の支持部の高さ調節を可能にする

両端を木構造体と異種の構造体で支持したバルコニー床等において、木構造体の収縮による勾配の変化が予測される場合には、あらかじめ床版の支持部を高さが調整できる構造とし、建物供用中に発生する傾斜を適時是正する。

#### ④ 木構造部分と異種構造部分にまたがった防水立ち上がりを避ける

防水層立ち上がりの下地は陸屋根、バルコニー床と同種構造として、木構造部の収縮による防水層の損傷を防止する。立ち上がり上端と木構造壁の取合いは水切りで納める。

#### ⑤ 混構造壁面の気密層、防湿層は下地の隙間発生に対応できる材料・構法とする

隙間発生に追従できない気密ドライウォール、発泡プラスチック系断熱材による気密措置、防湿措置を避け、気密シート、防湿フィルム等を使用して下地の隙間発生に対応できる気密措置、防湿措置とする。

#### ⑥ 木構造部分と異種構造部分にまたがって連続する仕上げを避ける

取合い部に見切縁等を設け、それぞれの面の仕上げ端部を納める。

### 【参考文献】

- 4.2-19) Richard McLain, Doug Steimle, Accommodating Shrinkage in Multi-Story Wood-Frame Structures, WW-WSP-10, Woodworks, 2019
- 4.2-20) 理科年表 2022
- 4.2-21) Zeno Martin and Eric Anderson, Multistory wood frame shrinkage effects on exterior deck drainage, Structure magazine, April 2012
- 4.2-22) Home Owner Protection Office (Branch of BC housing), Building enclosure design guide-wood frame multi-units residential buildings, June 2011

## 4.2.3 材料の体積変化② 中層木造建築物（木材）

## (1) 想定される現象・問題点

## ① 木構造部に対して水平方向に配置される木材の乾燥収縮の累積

表4.2.4は、枠組壁構造の中層木造建築物の建設時点から使用時までには、木材の乾燥収縮によって発生する高さ方向の総縮み量を計算した例である。

表 4.2.4 6階建て枠組壁工法木造建物の収縮量計算値<sup>4.2-23)</sup>

case	使用材料		総収縮量 (mm)	計算上の仮定 最終到達含水率 8% 薬剤処理 2×6 土台 (30%) 使用 各階下枠 2 枚使用 収縮率 (含水率 1% 変化あたり) 繊維に直角 0.25% 繊維に平行 0.0053%
	根太	水平枠材		
1	S-GRN (30%)	S-GRN (30%)	146	
2	S-DRY (19%)	S-DRY (19%)	74	
3	S-DRY (15%)	S-DRY (15%)	46	
4	SCL (10%)	S-DRY (19%)	42	

表中の使用材料の記号は、乾燥処理の区分、カッコ内は初期含水率を示す。初期の木材含水率が高い場合には、相当量の縮みが発生することが分かる。

また、6階建ての枠組壁工法木造建築物について竣工後の収縮量を実測した事例がある<sup>42-24)</sup>。この建築物では根太に初期含水率が低い Engineered wood を使用していたが、実測総収縮量は竣工後15か月時点で最大39mmであり、使用材料の含水率に基づく計算値より大きかった。この差は材間の隙間の圧密分と考えられる。

## ② 木構造物の上下階に連続する壁面（垂直シャフト、アトリウム等）に施工される石膏ボードのひび割れとこれに伴う防火性能低下

石膏ボードが上下方向に連続して張られた場合、乾燥収縮する下地の変位差で発生する応力により、ボードにひび割れが生じる恐れがある。壁が防火区画の場合は防火性能の低下につながる。

## ③ レンガ積み（brick veneer）外装の壁体開口部まわりの防水納まりの損傷とこれに伴う雨漏り

木構造体の外装としてレンガ積みを用いる brick veneer 壁は北米、カナダでは広く用いられている。レンガの体積は焼成時に最小で、その後は含水により継続的に膨張する。建物竣工後、木構造体が乾燥収縮するのに対して、外装面のレンガ壁体は継続的に膨張するため、開口部において両者の相対的変位が大きくなる場合がある。

このため、開口部の下枠、上枠、縦枠の防水納まりにおいて、水切りの押上げによる損傷や変形、目地シールの引張り、せん断損傷による雨漏りが発生する恐れがある。特に全階のレンガ壁体を基礎で支持する構造の場合、上階ほど変位差が大きくなる。

## ④ 同一壁面においてレンガ積み（brick veneer）外装と他種の外装仕上げが取り合う部分の防水納まりの損傷とこれに伴う雨漏り

木構造体に緊結され、構造体と一体に動く外装仕上げとレンガ積み（brick veneer）の挙動差によって、両者の取合い部で相対的変位が大きくなる恐れがある。この場合、取合い部の水切りがレンガ壁で押上げられることによる損傷や変形、目地シールの損傷による雨漏りが発生する可能性がある。

## ⑤ 木構造壁体内部に設置される設備配管の変形、損傷

パイプスペース内の堅管に接続する壁内横引き排水管の縦枠貫通箇所、横引き管が乾燥収縮する木構造部との接触により押し下げられ、勾配が変化して排水支障を起こす恐れがある。また、横引き

## D.耐久性分野

管の変位により堅管との接続部が破壊した場合には、漏水事故が発生する。

### ⑥ 木構造接合金物の緩み

構造体の浮き上がり防止のため、垂直方向に配置した構造金物が、締め付け後の木部の乾燥により緩みを生じ、有効性が失われる恐れがある。特に、基礎に固定された屋根の浮き上がり防止用のロッドの場合は、構造体の総収縮量が大きいため遊びが大きくなる。

## (2) 中層化に伴う木構造部の乾燥収縮増大による破損、性能低下、漏水等を防止するための対応策

以下に、現状で想定される対応策について、参考として示す。

### ① 構造躯体の累計乾燥収縮量を極力低減する構造計画

鉛直方向の収縮ゾーン(収縮量に寄与する水平配置木材の厚み)を小さくする。枠組壁構造において、低層建物で一般的なプラットフォーム方式では床根太の背が収縮ゾーンに含まれるため収縮量が大きくなるが、上下階の壁枠組みを直接重ね、床根太をブラケットで支持するセミバルーン構造を採用することにより、全体の収縮量を低減することができる<sup>4.2-25)</sup>。(図4.2.7)

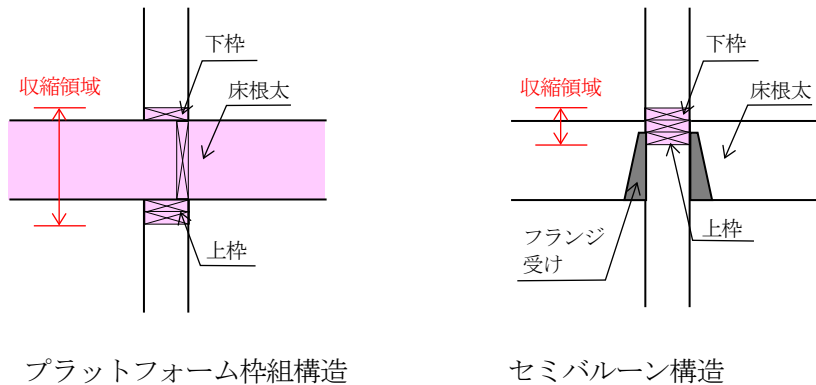


図 4. 2. 7 枠組み壁の構造方式による収縮ゾーンの相違 <sup>4. 2-25) を参考に作成</sup>

また、CLTなどを用いる Mass Timber 構造においては、床梁や床スラブが収縮ゾーンに含まれないように、上下階の柱を直接連結し、床スラブと縁を切ることで全体の収縮量を低減することができる<sup>4.2-25)</sup>。(図4.2.8)

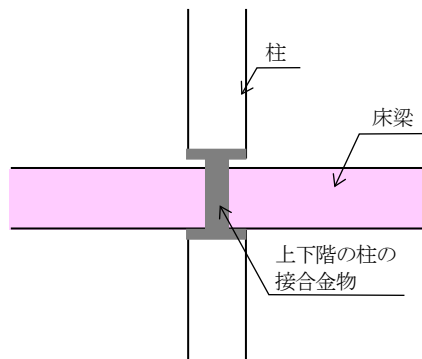


図4. 2. 8 Mass Timber 構造における柱と床版、梁の隔離 <sup>4. 2-25) を参考に作成</sup>

(3) Engineered woodの採用

Engineered woodは、製造時点での初期含水率が低いため、これらを採用することにより製材を使用した場合に比べて構造体の収縮変形を小さくできる。

- ① 上下階に連続する壁面（垂直シャフト、アトリウム等）では石膏ボードの上下方向の継目に隙間を設ける

隙間で変位を吸収することによりボードの損傷を防ぐ。壁が防火区画の場合は隙間に圧縮可能な防火目地材を充填する必要がある。

- ② レンガ積み (brick veneer) 外装を用いた壁体の開口部まわり、およびレンガ積み (brick veneer) 外装と他種外装仕上げの取り付け部の防水措置は、予測される変位差による支障発生の恐れがない構造とする

発生変位量を的確に予測することが必要である。この予測される変位に対して、各部のシーリング目地幅は、伸縮、またはせん断変形率がシーリング材料の許容変形率を越えないように設計する。水切り納めにおいては、水切りの下方に取り合う部材との間に十分な呑み込み代を確保する。

- ③ 木構造壁体内部に設置される設備配管の横引き管と木構造部の干渉を防ぎ、あるいは縦管が伸縮できる構造とする

縦材の横引き管と干渉する開口部分は長孔形状として上下方向のクリアランスを設ける。また、縦管に伸縮継ぎ手を設け、横引き管が押し下げられた場合でも接続部に応力が発生しないようにする。

- ④ 浮き上がり防止用構造金物類は締め付け軸力が木部の乾燥収縮によって低下しない措置を講ずる緩み止め構造の金物を使用する。また、工事期間中および建物供用中、締め付け状況を点検し、適宜増し締めを行う。

【参考文献】

- 4.2-23) Home owner protection office(branch of BC housing), Building enclosure design guide-wood frame multi-units residential buildings, June 2011
- 4.2-24) Jieying Wang, Vertical Movement Monitoring in Six-Storey Wood-Frame Building in British Columbia, FP Innovations, Canada, March 2016
- 4.2-25) Richard McLain, Doug Steimle, Accommodating Shrinkage in Multi-Story Wood-Frame Structures, WW-WSP-10, Woodworks 2019

#### 4.2.4 風圧による破損、浸水① 窯業系サイディング

窯業系サイディングは長らく戸建て住宅の外装材として用いられてきたが、現在は中層建築物を想定した工法も製造販売各社から公開されている。しかし中層以上の建築物に対する適用例まだ少なく、実使用の年数も浅いため、耐久性上の問題点については不明な点が多い。

中層建築物の使用条件や使用環境は、建築物の高さが高くなることによる風圧力の増大や、それに伴う雨水浸入リスクの増加、劣化などの目視による異常検出がしづらくなること、補修工事等が困難となり費用もかさむことなど、一般の低層木造建築物よりも厳しいといえる。このため、これまでに得られている低層住宅における不具合事例<sup>42-20</sup>等を参考とし、さらに中層建築物に特有な使用条件等を考慮して、耐久設計を行う必要がある。

サイディングを中層建築物に使用する際に特有な劣化リスク要因としては、以下のようなものが考えられる。ただし、ここでは維持管理段階における対応の困難さに関するものも含む。

- (1) 高風圧または建築物表面積の増加による雨水浸入リスクの増大
- (2) 高風圧または飛来物による外装材の損傷リスクおよび落下した際の被害の増大
- (3) 劣化などの変状の検出のしづらさ
- (4) 補修工事費用の増大

##### (1) 高風圧または建築物表面積の増加による雨水浸入リスクの増大

中層木造建築物においても、雨水の浸入が劣化リスクとなることは低層木造建築物と同じである。ただし、中層化することで、中層部では低層部と比べて風速は大きくなる傾向にあり、降雨時には高い風圧力により雨水浸入量が増大する恐れがある。また、建築物が中層化するとその表面積は相対的に大きくなり、雨水の壁面流下量が多くなるだけでなく、雨水の浸入箇所も増えるという意味で雨水の浸入リスクも増大する。

また、サイディングの嵌合部等から外壁通気層などに浸入した雨水は、通気層内部に付着または滞留するもの以外は、通気層内部を流下して最終的には屋外側に排出されるが、中間階に通気層の給排気口の無い設計の場合には、建築物が中層化することで浸入雨水の流下距離が延びることとなり、通気層内部の水分の付着・滞留量の総量は増大する可能性があるため、これも劣化リスクの増大要因となり得る。一方で、中間階に外壁通気層の給排気口を設置した場合には、この部分からの通気層内部への雨水浸入リスクも想定される。

さらに、一般に中層建築物では、陸屋根の場合も含めて軒が無いまたは軒の出が小さいものが多く、雨水の壁面流下量をさらに増大させる要因となる。

これらの対策としては、一般の低層木造建築物と共通であるが、①水分の浸入防止措置、②水分の速やかな排出と乾燥、③水分による影響を予め考慮した部材設計とディテール、などが考えられる。

例として、①は、外装材板間の止水強化や通気層の給排気口への遮水装置の設置、②は、出入隅や庇およびバルコニーまわりも閉塞させない通気層の設計、レインスクリーン効果を十分に発揮する通気層厚さの確保、などが挙げられる。

##### (2) 高風圧または飛来物による外装材の損傷リスクおよび落下した際の被害の増大

建築物高さが高くなることで増加する風圧力の影響に対しては、建築物高さに応じたサイディングの種類および固定方法などを適切に選択することが大前提となる。

また、近年多発している大規模台風などの際に問題となる強風による飛来物による外壁の損傷につ



いても、今後の検討対象となり得るものと考えられる。

高所における飛来物の衝突が発生した場合は、外壁に固定されているサイディングの破損、およびそれに伴う破片の散乱や落下など、特に高所の場合には甚大な被害に至る可能性がある。過去の台風被害では、飛来物の衝突等で板状の外装材が脱落すると、隣接する外装材が強風で連続的に剥ぎ取られるような事例も見られた。

これらの対策として、一定以上の耐衝撃性能を持つ外装材の使用が考えられるが、日本国内においてはまだ検討されていない。海外では、ASTME 1996-04やISO 16932などの規格があり、建築物の用途に応じて外装材の飛来物による耐衝撃性能を定めている地域もある<sup>4)2-27,28)</sup>。関連して日本国内では、開口部の飛来物による耐衝撃性能を測る方法として、JIS R 3109:2018 建築用ガラスの暴風時における飛来物衝突試験方法があり、その中で目安となる防護レベル1~4が建物用途に応じて定められている。サイディングの高所使用に際しては、現時点では、海外規格や開口部の試験方法を参考にして必要な耐衝撃性能を自主的に担保することも考えられる。

### (3) 劣化などの変状の検出のしづらさ

建築物の劣化は、地震被害等と異なり、段階を踏んで徐々に進行するものがほとんどである。このため、日常的な変状や劣化の点検は事故や劣化の進行を防止するためには重要な対策と言える。建築物が中層化した場合には、低層階では外観目視が可能であっても、中層階では十分に外観目視ができないことも想定される。サイディングの外観目視で重要となるのは、シーリングの劣化、サイディングのひび割れ、およびサイディングのずれ（せり出し）等である<sup>4)2-26)</sup>。いずれも外皮としての防水効果の低下が懸念されるだけでなく、サイディングのひび割れやずれはその後のサイディングの破片等の落下の恐れもあり、外観目視の難しい中層階の場合には、より被害が深刻化する恐れもある。

対策としては、双眼鏡等の使用による地上からの外観目視が一般的であるが、見上げ角度や障害物の影響は改善されない欠点がある。これ以外に、近年活用が進む小型ドローンによる画像取得なども候補となりうるが、建物周囲での飛行制限等の問題もあり、その活用方法については今後の課題となる。

### (4) 補修工事費用の増大

外装材の保守保全作業には作業床の設置を必要とするが、中層であれば当然ながらその費用は高額となる。定期的な修繕は不可欠なものではあるが、その間隔をなるべく長くすることおよび余分な修繕工事を無くす又は減らすことが重要となる。対策としては以下のようなものとなり、これは一般の低層木造建築物と同じである。ただし、工事の単価が高額となる中層木造建築物に対しては、その波及効果はより大きなものと言える。

- ① 高耐久な材料を用いる
- ② 劣化リスクの少ない仕様を採用する
- ③ 施工不良を無くす
- ④ 適切な維持管理計画を作成する

①については、サイディング自体の選択だけでなく、通気層のサイディング固定金具とその固定ねじ等に耐候性のあるステンレス鋼を用いることなども含まれる。また、③については、施工環境の確保や経験豊富で信頼できる施工業者の選定等が、④については、予防保全の考え方により劣化の進行前に計画的に対処することが基本となるが、サイディングおよび目地シーリングだけでなく、その他

## D.耐久性分野

の使用材料（屋根防水やサッシまわりのシーリング、雨どいなどの金物、等）の保全周期と合わせるなどの対策も有効と考えられる。

### 【参考文献】

- 4.2-26) 国土技術政策総合研究所資料 第975号, 木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様とその評価に関する研究, 第3編【造り手向け】リスク分析・評価ガイドライン, 第IX章 木造住宅外皮の設計施工に起因する不具合事例集, 5.2 外壁の不具合, 2017年6月
- 4.2-27) 西村宏昭,谷口徹郎,丸山敬, 財団法人日本建築総合試験所 技術報告 GBRC Vol.34 No.1, 飛散物の軌跡の解析と建材の耐衝撃試験, P14~23, 2009.1
- 4.2-28) 丸山敬,河井宏允,西村宏昭,加茂正人, 京都大学防災研究所年報 第52号B, 試作された耐衝撃性能試験用エアークャノンの性能, P481~483, 2009.6
- 4.2-29) 株式会社風工学研究所,独立行政法人建築研究所, 平成23年度建築基準整備促進事業 調査番号11, 風圧力、耐風設計等に関する基準の合理化に資する検討, 成果概要一覧, 2011.3

## D.耐久性分野

### 4.2.5 風圧による破損、浸水② 窓用サッシ

#### (1) 中層木質混構造建築物に対応するサッシ

サッシの性能は、JISにより耐風圧性、水密性、気密性、断熱性、遮音性について等級が定められている。サッシには住宅用サッシ（木造用サッシ）とビル用サッシ（非木造用サッシ）があり<sup>4.2-30</sup>、耐風圧性がS-4以上（建物が高さ約13m以上、4階建て以上）になると一般的にはビル用サッシが選択される。また、近年住宅用サッシでもメーカーによっては、耐風圧性S-5（条件によるが、10階建ての高さまで対応）および水密性W-5に対応するサッシも製造されている。表4.2.5に建築物の外壁の窓用サッシのJIS等級とその適用範囲を示す。

表4.2.5 建築物の外壁の窓用サッシのJIS等級（JIS A 4706）とその適用範囲<sup>4.2-31</sup>を参考に作成

#### (a) 耐風圧性

JIS等級	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7
最高圧力 (Pa)	800	1200	1600	2000	2400	2800	3600
風速換算値 (m/s)*	36	44	51	57	62	67	76
建物高さの目安	約3m	約6m	約9m	ビル用サッシ			
相当階	1～2階	2～3階	3階				

[注]\*：値は参考値を示す。

#### (b) 水密性

JIS等級	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5
圧力差の中央値 (Pa)	100	150	250	350	500
風速換算値 (m/s)*	9～15	11～19	14～24	16～29	20～35
選択の目安	市街地住宅				
			郊外住宅		
			低層ビル		
			中高層ビル		

[注]\*：値は参考値を示す。

#### (2) 中層木質混構造建築物とビル用サッシの現状と課題

国土交通省の令和3年建築着工統計調査の木造建築物の階数の割合は、1～3階までがほぼ100%を占めており、4階以上の需要がないため、中層木造建築物用の専用サッシの商品開発が進んでいない状況である。サッシメーカーに対するヒアリング調査結果からは、ビル用サッシを使用することで耐風圧性、水密性を確保することは可能となるが、現状では木造建築物への取り付け実績がほとんどない状況で、個別に設計者、監理者との協議により案件ごとに対応しているのが実状である。

従来のビル用サッシは、鉄筋コンクリート造や鉄骨造を対象に製造されており、通常は躯体に溶接によって取り付けるが、躯体が木質材料となる場合には溶接は使用できない。このため、図4.2.5に示すように、鋼材のアタッチメント等で固定することになるが、需要が少ないため木造建築物に取り付けるためのアタッチメントの市販品は無く、更に躯体と外壁仕上げの寸法も物件によって異なるため、アタッチメントを含めた木造用サッシの標準化は難しい状況である。

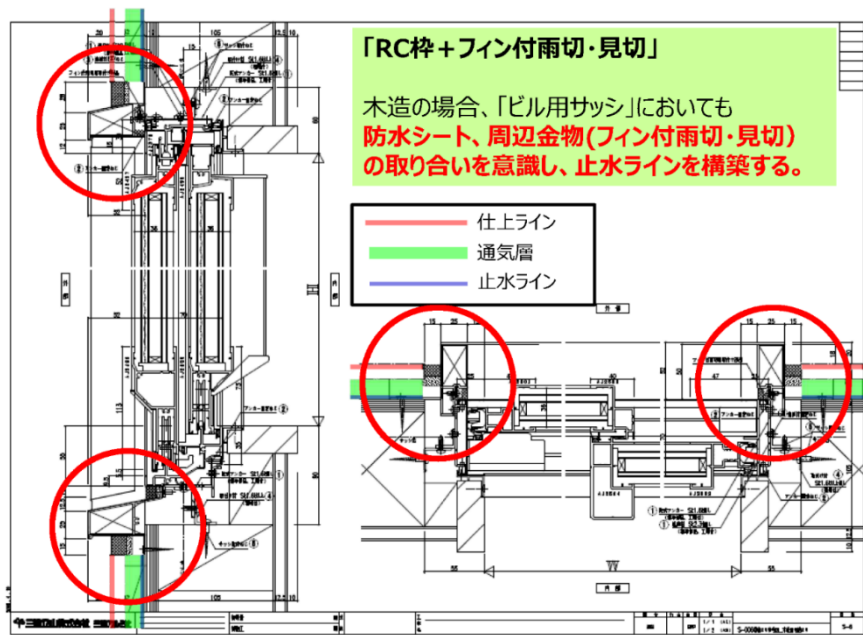


図 4.2.5 ビル用サッシの納まりの例（非防火） サッシメーカーに対するヒアリング資料より転載

サッシメーカーに対するヒアリング（2021.1.8実施）に基づき、ビル用サッシを中層木造建築物にアタッチメントを使用して取り付ける場合の課題を以下に示す。

- ・ 木材の材質や経年劣化に対する木ネジや釘留めの強度保証
- ・ サッシと防水テープとの取り付け部の劣化による漏水対策指針と保証
- ・ 層間変位における開口部の挙動変化の確認と止水性の保証
- ・ 木材に対する結露の影響による、木ネジ等の引き抜き指針の整備
- ・ 延焼部への対応（防火への対応）
- ・ カーテンウォール工法への木部の納まりの指針整備（自重・風圧荷重・層間変位）
- ・ 取り付け施工管理等の監理指針の整備

### (3) 中層木造建築物と住宅用サッシの現状と課題

4～6階建ての中層木造建築物に住宅用サッシを取り付ける場合、建築物の外壁は耐力壁の場合は耐火もしくは準耐火構造とすることが求められる。そのためサッシを取り付けるための柱、まぐさ、窓台を強化石膏ボードで防火被覆した上で木枠を設置し、耐風圧性S-5対応の住宅用サッシを取り付けることとなる。図4.2.6に（一社）日本木造住宅産業協会の住宅用サッシの納まり例を示す。

この場合、住宅用サッシの従来の木枠への取り付けとなるが、強化石膏ボードを介して固定した木枠に取り付けることになるため、木枠の材質や経年劣化に対する木ネジや釘留めの強度保証等、ビル用サッシと同様の検討、確認が必要になると考えられる。

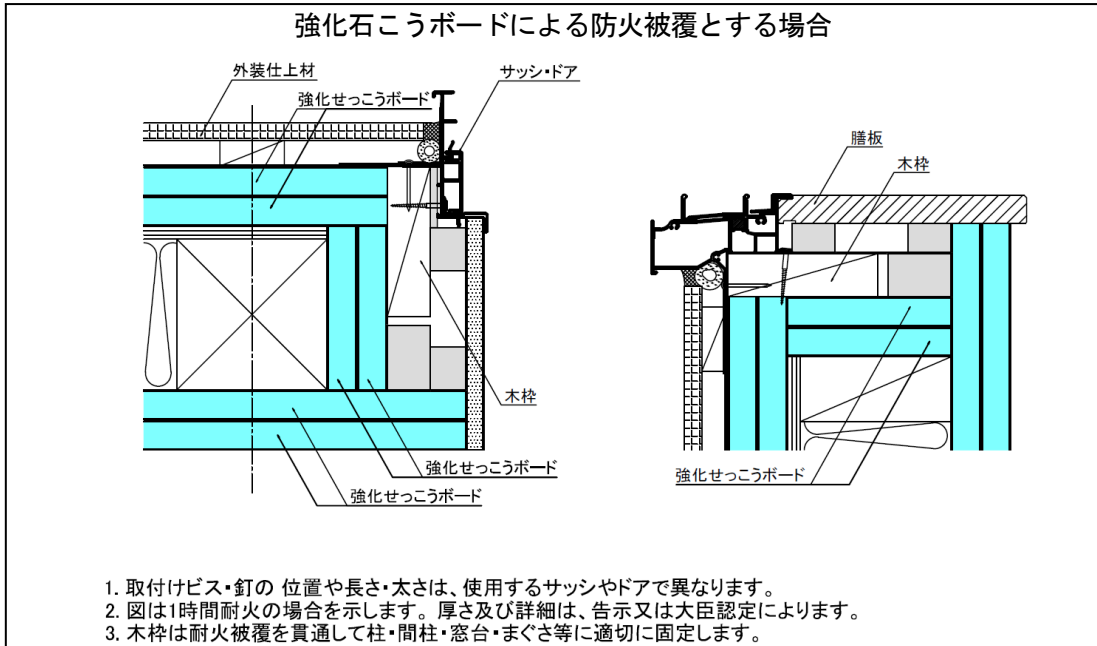


図 4.2.6 住宅用サッシの納まり例 (1 時間耐火) 4.2-32)

(4) 窓まわりの防水納まり

中層木造建築物の窓まわりは、水密性W-5 (500Pa) を確保することが望ましい。本総プロにおいて実施した窓まわりの防水納まりの試験結果 (2.1節参照) より、W-5 (500Pa) まで漏水のない仕様を表 4.2.6に示す。なお、試験体は住宅用サッシで、開口部をとまなう木造外壁であり、サッシ、柱、間柱、構造用合板、石膏ボード及び透湿防水シート等で構成し、サイディング等の外装材は施工していない。試験は、動風圧試験装置を使用している。

表4.2.6 W-5 (500Pa) において漏水のない窓まわりの防水納まり

サッシの種類	窓台先張り処理	サッシシーラー部処理	サッシフィン裏面処理	透湿防水シート	サッシフィン表面処理	その他
アルミサッシ (半外付け) 室内側から留め付け	なし	テープ有り	-	サッシとシートは連続していない	アクリル防水テープ (3周)	水切り有り
樹脂サッシ (半外付け)	なし	-	-	サッシ先付け、シート後張り	アクリル防水テープ (4周)	
	なし	-	-	サッシ先付け、シート後張り ステーブル留め付け無し 重ね部のテープ張り	アクリル防水テープ (4周)	
	先張りシート + 伸張性テープ	-	シーリング	サッシ先付け、シート後張り	アクリル防水テープ (3周)	

### (5) まとめ

中層木造建築物に適用可能な、耐風圧性や水密性に関する性能を満足するサッシの製品は入手可能な状況である。ただし、ビル用サッシを用いる場合にはその取り付け方法等について、個別対応が必要となる。また、住宅用サッシの場合にも、サッシを固定する木枠を防火被覆の上から固定する方法等に関して検討する必要がある。中層木造建築物に対するサッシの固定方法に対して、耐久性上の検証は進んでおらず、今後も継続して検討を進める必要がある。

### 【引用文献】

4.2-30) 国土交通省大臣官房官庁営繕部：公共建築工事標準仕様書（建築工事編）、p.205、2022

4.2-31) 一般社団法人日本サッシ協会ホームページ、窓の性能と JIS 基準について、

(<https://www.jsma.or.jp/>)

4.2-32) 木造軸組工法による耐火建築物の開口部（サッシ・ドア）納まり参考図（一社）日本木造住宅産業協会



#### 4.2.6 風圧による破損、浸水③ 外壁通気構法の給排気口

外壁通気構法では、通気層の上下に外気と連続する給排気口を設ける必要がある。ここで、通気層内部の空気の流れの方向は一定ではないために、上部と下部のいずれが給気口もしくは排気口であるかは定まらないが、本節では便宜上、下部を給気口、上部を排気口として記述する。

##### (1) 想定される現象・問題点

外壁内の通気層の役割として、主に以下の役割がある。

- 1) 外皮内にある水蒸気を屋外に排出させる。
- 2) 屋外から浸入した雨水を屋外に排出させる。
- 3) 外気および日射により暖められた外装材の熱を屋外に排出させる。

通気層内の環境は、屋外環境に影響され、屋外の相対湿度が低い場合は、乾燥した空気が通気層内に入り込み壁内をより乾燥状態に導き、雨天時など屋外の相対湿度が高い場合は、湿度の高い空気が通気層内に浸入し、壁内をより湿潤状態に導くことになる。

強風雨の際は、給排気口から通気層内へ雨水が浸入した場合でも、通気層の空間があるため、雨水は通気層を流下して、土台水切りより排出される。さらに、何らかの原因による雨水浸入や結露により下地の面材や断熱材が含水した場合でも、透湿防水シートと通気層の機能により、含水率の高まった材料から通気層内へ放湿され、乾燥状態に導く機能がある。

上記のような通気層の役割を機能させるには、外壁に給気口と排気口を設置する必要がある。また、強風雨の際は、土台水切りと透湿防水シートとの隙間や透湿防水シートの最上端と下地材の隙間から雨水が浸入し、種々の問題を生じることがある。なお、透湿防水シートの外側に雨水が浸入するだけならば、雨水が滞留する水平部材（横胴縁、ファイヤーストップ、開口部など）が無い部位の場合、通気層から流下し、屋外に排出されるため問題となりにくい。

以上是一般の低層木造建築物においても同様であるが、建物が中層化した場合には、建物高さが高くなることによる風圧力の増加や、給排気口の設置位置によっては圧力差で通気層内に発生する気流により通気層への雨滴の浸入や内部での拡散のリスクが一層高まることが危惧される。

##### ① 土台水切りと透湿防水シートの隙間からの雨水浸入

図4.2.9のように給気口にある土台水切りと透湿防水シートが密着していない場合、強風雨時において、相互の隙間から雨水が浸入することとなり、下地面材がある場合は下地を濡らし、下地が無い場合は壁体内に雨水が浸入し、躯体を濡らすことも考えられる。

産学官の共同研究により実施した送風撒水実験<sup>42-33)</sup>では、土台水切りと透湿防水シートの隙間からは風速5m/sから雨水が浸入する現象が確認されている。

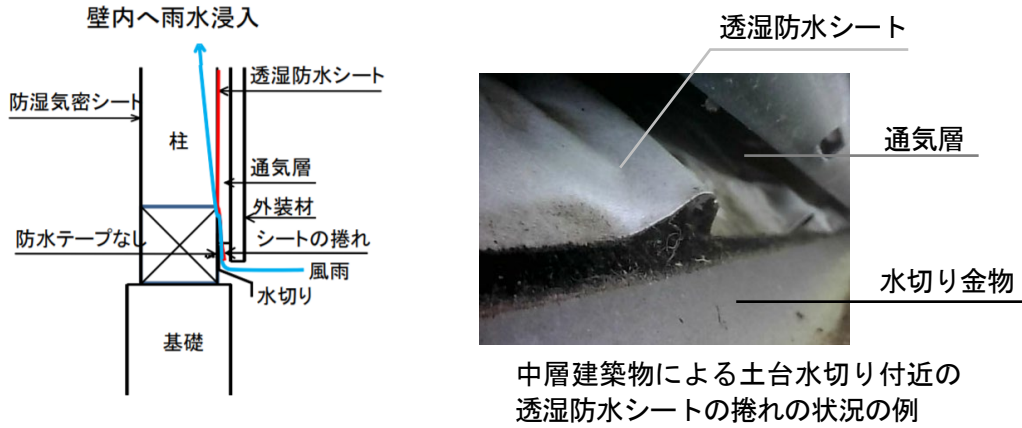


図4. 2. 9 給気口からの雨水浸入のリスクの例

② 透湿防水シート相互間の隙間からの雨水浸入

給気口から浸入した雨水の飛沫は、通気層を上昇するため、風速15m/sの送風撒水により、図4.2.10のように、土台から約1m上部に位置する透湿防水シート相互間の重ね部から雨水が室内側へ浸入する現象が確認<sup>42-33)</sup>されている。

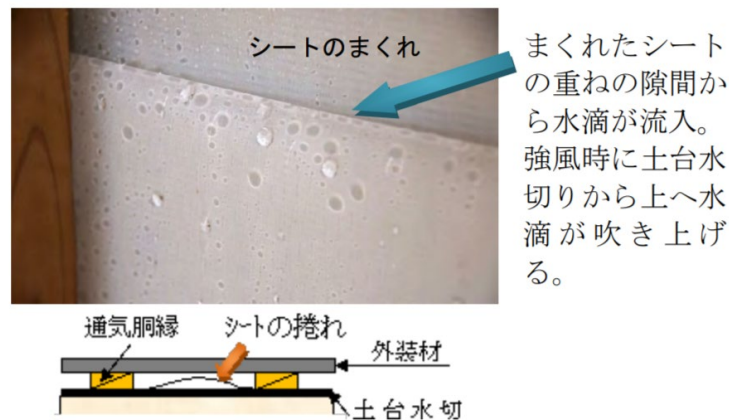


図4. 2. 10 透湿防水シート相互間の重ね部からの雨水浸入の例

③ 外壁部、パラペット、バルコニーの上部からの雨水浸入

外壁上部のパラペットやバルコニーの上部では、図4.2.11のように、強風時に外装材と笠木との隙間から雨水が浸入する<sup>42-34)</sup>ことが送風撒水試験により確認されている。ただし、サイディング等を使用して通気層の上部を塞いだ仕様については、雨水浸入を防ぐ効果は高くなるが、通気層内の水蒸気が排出されず結露が発生する恐れがあるため避ける必要がある。このような納まりを採用し、結露により木造の躯体が劣化する事例が散見される。

## D.耐久性分野

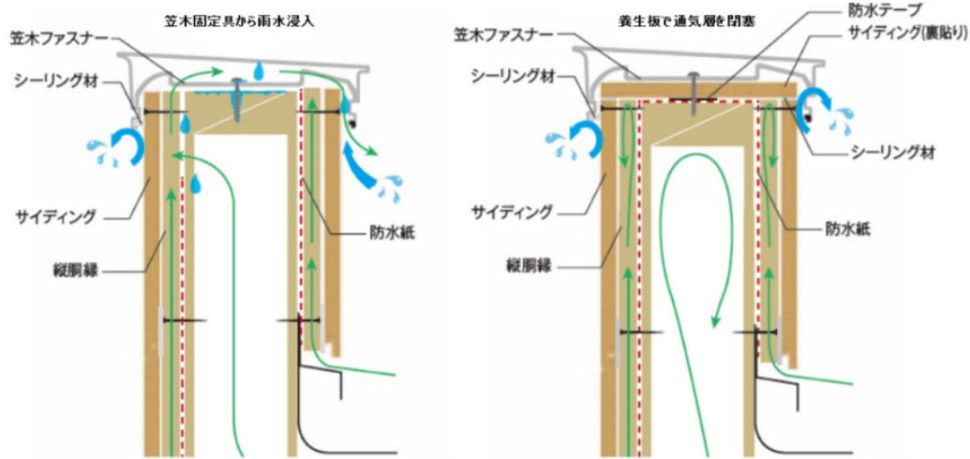


図4.2.11 排気口からの雨水浸入のリスクの例

### (2) 中層および混構造におけるリスクの特徴

戸建て住宅の場合において、例えば、2階の外壁上部から雨水が浸入した場合、外壁の下端となる土台付近の給気口から浸入雨水が排出されることが考えられるが、図4.2.12の例に示すように、中層建築物の外壁に通気層を設け、外壁の上下端部のみ給排気口を設け、上部のパラペット付近から雨水が浸入した場合、外壁下端の排気口から排出されるまでに、低層木造と比べて通気層内部の著しく長い距離を流下することとなり、①浸入雨水が流下する途中で外装材などに吸水される、②通気により流下の途中にて浸入雨水が日射などにより乾燥して蒸発する、等のリスクの増大が考えられる。



中層建築物の場合、パラペットの排気口から雨水が浸入した場合、外壁下部の土台水切りまで流下しないと排出されないことも考えられる。途中階に給気口や排気口を設ける方法もあるが、設計・施工が不適切な場合、雨水の浸入口ともなり得るので注意が必要となる。

図4.2.12 中層建築物による通気層と中間階の給排気口

通気層内に雨水が長期にわたって滞留した場合には、開口部の上部や、透湿防水シートを留め付けているステープルの孔からの雨水浸入リスクが高まることが考えられるため、途中階に浸入雨水を排出させるための給排気口を設ける等の設計上の配慮が考えられる。しかし、給排気口は、強風時において雨水が浸入しやすい部位となるので、綿密な防水納まりの設計と丁寧な施工が必須となる。

### (3) 雨水浸入および劣化を防止するための対応策

住宅の品質確保の促進等に関する法律（以下、住宅品質法と示す）では、雨水浸入を防止するため

## D.耐久性分野

の規定はあるが、結露の防止については対象とされていない。また、中層建築物になると、上部の風速が高くなるので、外壁上部に排気口を設けない場合があり、結露のリスクが懸念される。排気口を省略した場合は、雨水浸入のリスクは低減するが、通気層内の水蒸気は上昇するため、排気口がないと結露を生じることがある。

### ① 通気を確保しながら排気口からの雨水浸入を防止する方法

対策例の一つとして、図 4.2.13 に示すような防雨型換気部材を使用する方法がある。バルコニーやパラペットを想定した送風撒水試験<sup>42-34)</sup>によると、外装材と笠木の間隙がある一般仕様では、その隙間から大量の雨水が通気層に浸入したが、防雨型換気部材による仕様は、通気層内にほとんど雨水が浸入しなかった。従って、排気口には防雨型を使用することが推奨される。なお、使用にあたっては、防耐火の規定に準拠する必要がある。

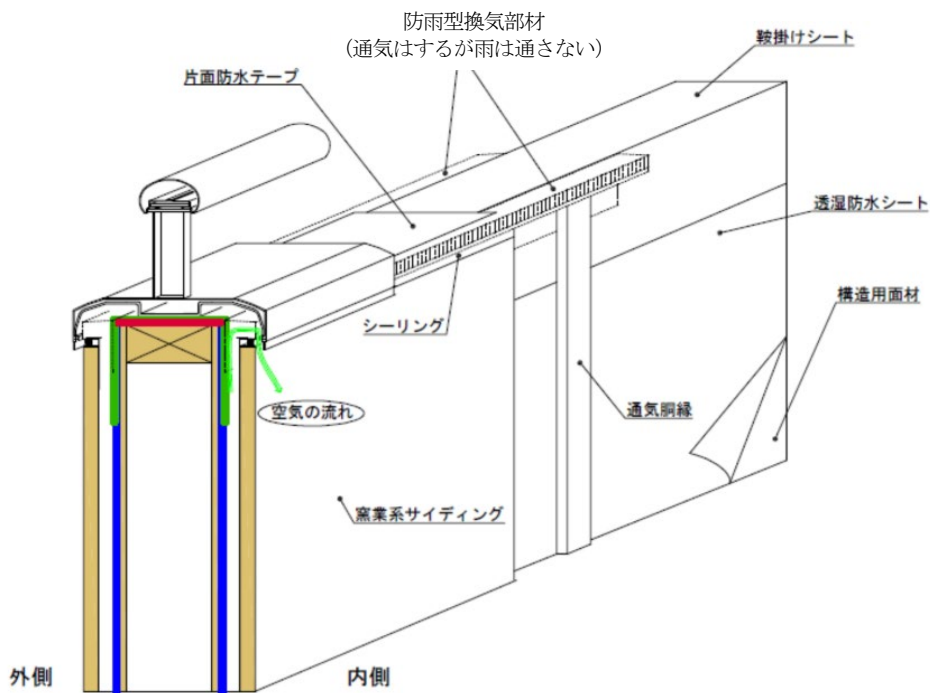


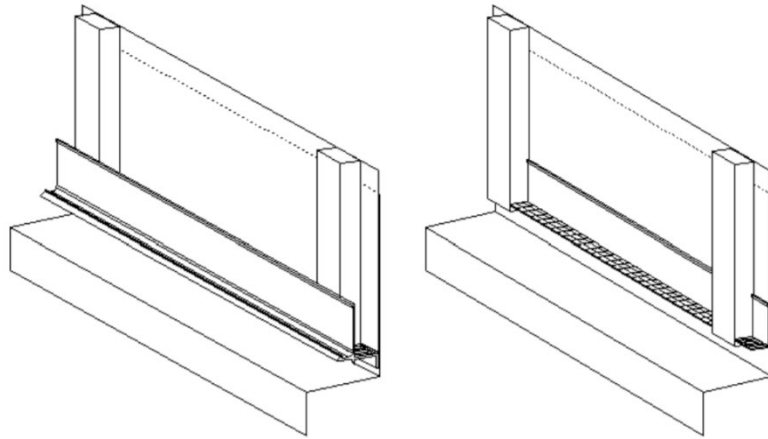
図 4.2.13 バルコニー、パラペット上部の防雨型換気部材と周辺の納まりり例

### ② 給気口からの雨水浸入量を低減する方法

給気口から雨水浸入量を低減する納まりの施工例・手順を以下に示す。

- 1) 土台および下地材が防腐・防蟻処理されている場合は、外側に両面の絶縁テープを貼り付け、図 4.2.14 に示す土台水切りの代替品（スターター、通気見切り縁、防虫部材など）を留め付ける。
- 2) 土台水切りの代替品の外側より透湿防水シートを張り付ける。
- 3) 通気胴縁を柱・間柱上に留め付ける。
- 4) 外装材を施工する。

これらの仕様は、雨水浸入量を低減するものであるが、通気量も十分に確保出来るように配慮する必要がある。通気見切り縁と防虫部材は、網の目が小さいので、蜂などの虫の侵入を防止する効果もある。



通気見切り縁の例

防虫部材の例

図 4.2.14 通気量を低減する防虫対策の例

【参考文献】

- 4.2-33) 宮村雅史、石川廣三、梅田泰成、牧田均、木村雄太、西田和生：木造住宅の雨水浸入に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、A-1.材料施工 pp.79-80、2011.7
- 4.2-34) 宮村雅史、齋藤宏昭、脇山善夫、神戸睦史、大西祥史、石川廣三：木造バルコニー手すり壁笠木まわりの雨水浸入に関する実験的研究 その1 試験概要、日本建築学会大会学術講演梗概集、A-1.材料施工、pp.1001-1002、2019.7

#### 4.2.7 風圧による破損、浸水④ 外壁通気構法の雨水浸入量

一般に、1次防水層となる外装材には様々な隙間や貫通部が存在するうえ、塗膜やシール部の経年劣化により雨水が浸透するリスクがある。外壁通気構法は、等圧効果により1次防水層を越えた浸入水を流下させ、換気によって排出・乾燥させることにより、図4.2.15<sup>4.2-35)</sup>に示すような水分蓄積の要因に対するフェールセーフとしての役割を持つため、低層の戸建住宅等で採用されている。しかし、中層建築は、住宅などの低層建築と比べて外壁への雨がかり面積の増加に加え、風圧力による通気層上端からの雨水浸入リスクが増加する。そこで本節では、通気層への雨水浸入量について既往の知見を紹介するとともに、通気層内部への浸水量の試算例を示す。

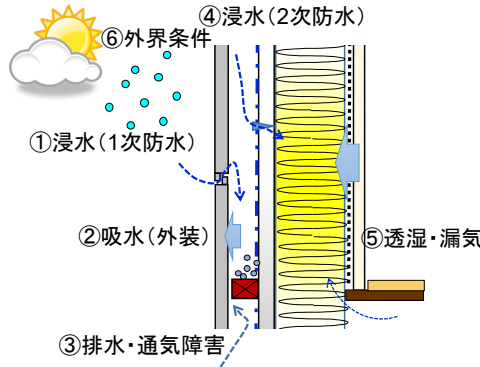


図4.2.15 通気構法における水分蓄積の要因<sup>4.2-35)</sup>

##### (1) 水平面降雨量と壁面雨量の関係

外壁に到達する雨滴は無風状態では鉛直方向に落下するが、外部風により軌道が変わり外壁表面、隙間や換気口に到達し、躯体内に浸入する。この外壁に到達する雨量は壁面雨量  $R_w$  (mm/h) と定義されており、石川は水平面降雨量  $R_h$  (mm/h) との関係として (4.2.1) 式を提案している<sup>4.2-36)</sup>。

$$R_w = \frac{1}{C_{im}} R_h U \cos \delta \quad (4.2.1)$$

ここに、 $U$  は外部風速 (m/s)、 $\delta$  は壁面の鉛直方向に対する風向 (rad)、 $C_{im}$  は実験定数 (s/m)

石川は、低層建物を想定した実験で  $C_{im}=9.2$  を得ており<sup>4.2-36)</sup>、例えば外壁の鉛直方向からの風速 1m/s の条件下では、水平面降雨量の1割程度が外装材表面に到達する計算となる。なお、壁面雨量の算出式については欧州や北米でいくつかのモデルが検討され、立地、周囲建物等の影響を勘案した算出式が ISO<sup>4.2-37)</sup>から提案されているが、市街地などでは (4.2.1) 式より若干低い値となる。

米国空気調和衛生工学会 (ASHARE) では、外壁の湿度性状のシミュレーション計算において、特別な理由がない限り壁面雨量の1%が2次防水層に到達する条件を定めており<sup>4.2-38)</sup>、一定割合の雨水が1次防水層を越えても耐え得る外壁仕様を定めることが求められている。

##### (2) 外装材嵌合部及び設備貫通部からの雨水浸入量

一般に、サイディング等の乾式外装材の嵌合部ではサネ加工とホットメルトで、パネル端部や設備貫通部に対してはシーリングにより止水を確保している。しかし、製品によっては止水性が低いものも存在し、経年劣化等の影響も勘案する必要がある。

図4.2.16は、水密試験 (図4.2.17) によって得られた国内のサイディング市場流通品 (6種類、Sp1～Sp6) の嵌合部からの浸水量及び浸水率 (壁面雨量に対する浸水量の割合) の測定結果<sup>4.2-39)</sup>である。



## D. 耐久性分野

散水量は  $0.3\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$  であるが、浸水量は製品によって大きく異なり、止水性が高い製品もあるが風圧力  $240\text{Pa}$ （風速  $20\text{m/s}$  相当）で  $8\%$  を超える製品も存在する。また、長村、齋藤らの報告<sup>4.2-40</sup>では、4方サネ形状の製品では、図 4.2.18 示すようにあいじゃくりの交点にピンホールが発生するため、 $0\text{Pa}$  でも浸水率  $5\%$  を超える結果が得られている。

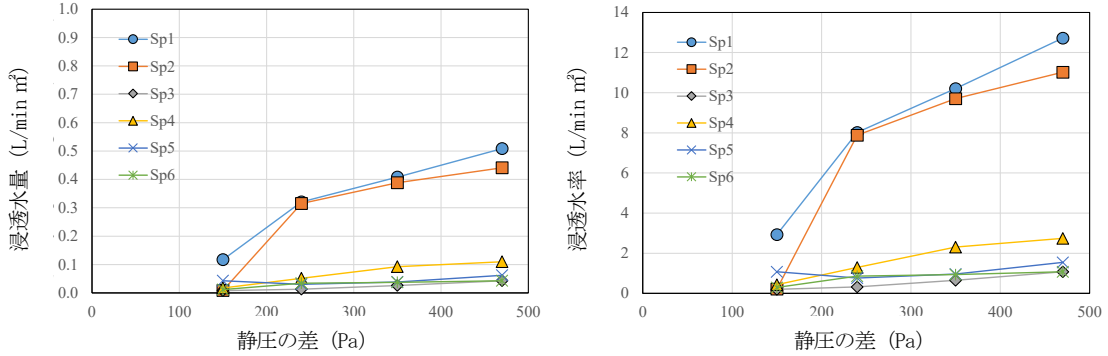


図 4.2.16 水密試験によるサイディング嵌合部からの浸水量（左）及び浸水率（右）<sup>4.2-39</sup>



図 4.2.17 水密試験の概要

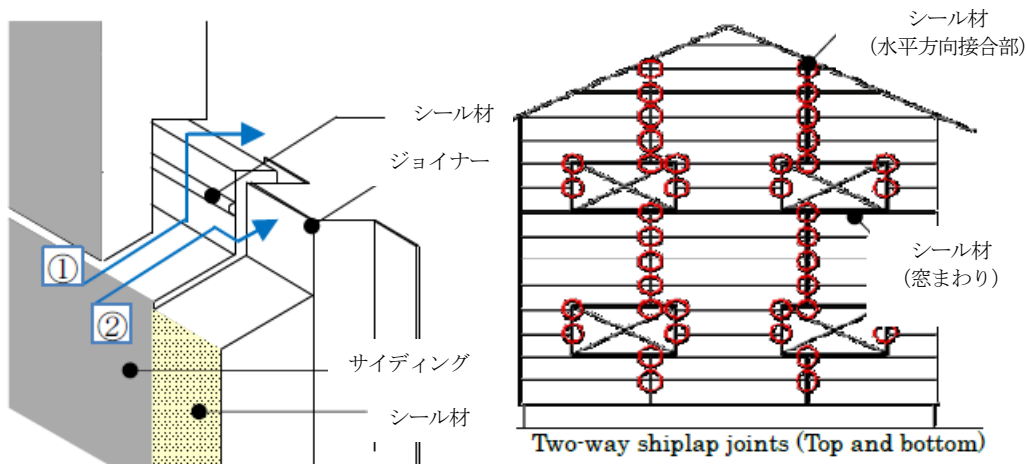


図 4.2.18 4方サネあいじゃくりからの浸水箇所<sup>4.2-40</sup>

カナダ国立研究機構（NRC-IRC）で、設備貫通部（開口部、換気ダクトおよびコンセント等）に対して行われた水密試験の結果<sup>4.2-41</sup>からは、上述した嵌合部からの浸水量よりは少ないが、差圧  $0\text{Pa}$  でも一定量の雨水浸入があることが示されている。

## (3) パラペットまわりからの浸水量

中層建築では、陸屋根を採用し屋根外周部をパラペットで仕上げる事例が多い。この場合、外壁通気層の排気口（上部開口）がパラペットの笠木下に位置するため、風上側では剥離流により雨滴が下面から吹き付けることになる。外部風速は高層階ほど増加するため、中層建築は低層の戸建住宅に比べ通気層への浸水量の増加が懸念される一方、排気口の閉塞は温度上昇時に通気層上端における内部結露を誘発する。ゆえに、排気口での一定開口面積の確保は必須であり、中層木造建築の通気層ではパラペットにおける雨水浸入防止と開口面積の確保という相反する性能担保の課題がある。

図 4.2.19 および図 4.2.20 は、パラペットまわりを再現した送風散水試験の概要と、笠木と外装材の隙間から雨水が浸入し通気層上端から通気層下端に流下した水量である。試験条件は散水量 40L/min、風速 15~35m/s の脈導圧で、幅 910mm のパラペット屋外側通気層（風上）及び屋内側通気層（風下）の流下水量を示している。凡例の A~F は笠木まわりの防水納まりが異なり、仕様 C、D、E は防雨型換気部材を設置し、雨水浸入に対する防止策を施したものである。屋外側通気層から浸水し流下した水量は、防雨型換気部材を設置していない仕様 A、B、F の屋外側（風上側）の通気層において 0.45~0.87L であり（10 分間の合計）、1 分あたりでは文献<sup>42-44)</sup>で示された開口部及び設備貫通部と同等のオーダーであった。一方、同仕様において屋内側（風下側）の通気層内への流下水量は、1.9~2.9L であり、屋外側よりも著しく増加していた。

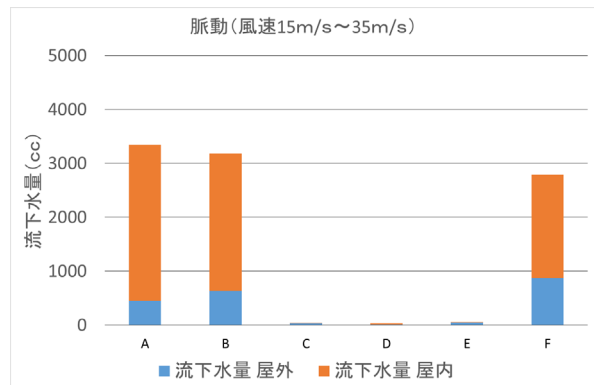


図 4.2.19 パラペットを対象とした送風散水試験 図 4.2.20 通気層内の流下水量（10 分間合計）

## (4) 通気層への雨水浸入量の試算

長村、齋藤らによる通気層の乾燥性能に関する実験<sup>42-40)</sup>において示された、サイディングに対する水密試験の結果から試算した事例を示す。

前述した (4.2.1) 式により得られた壁面雨量  $R_w$  を用い、対象とする外壁面積  $S_w$  ( $m^2$ ) の領域に一定の浸水率  $f$  (%) で浸入すると仮定すると、外壁通気層への浸水量  $J_w$  (L/h) は (4.2.2) 式で表される。

$$J_w = 0.01 \cdot R_w \cdot S_w \cdot f \quad (4.2.2)$$

(4.2.2) 式に (4.2.1) 式を代入すると(4.2.3)式が得られる。

$$J_w = \frac{0.01 \cdot f}{C_{im}} \cdot U \cdot \cos \delta \cdot S_w \cdot R_h \quad (4.2.3)$$

降水量（水平面降雨量）に対する通気層への浸水量の割合  $\beta$  (—) を (4.2.4) 式で定義すると、外壁通気層への浸水量  $J_w$  (L/h) を表す (4.2.5) 式が得られる。

## D.耐久性分野

$$\beta = \frac{0.01 \cdot f}{C_{im}} \cdot U \cdot \cos \delta \quad (4.2.4)$$

$$J_w = \beta \cdot S_w \cdot R_h \quad (4.2.5)$$

図 4.2.21 は風向を外壁法線方向 ( $\delta=0^\circ$ ) とした際の  $\beta$  で、図 4.2.22 は浸水率を 1% として風向を変化させた際の値である。風向の影響は壁面法線方向から  $60^\circ$  で  $\beta$  が半分程度に低下する一方、浸水率と風速の影響は大きく、細部の防水納まりに依存する浸水率が通気層への雨水浸入量に大きな影響を及ぼすことが示されている。一般に、降水量 1mm/h は  $1\text{m}^2$  の領域に 1L/h の雨水が溜まることを意味する。

長村らの実験結果から、例として幅 0.91m、階高 3m の 3 階分の壁面雨量が、浸水率 5% で通気層に浸入し 1 階部分に流下すると仮定すると（外壁面積  $S_w=8.1\text{m}^2$ 、法線方向から  $1\text{m/s}$  の風向・風速  $U \cdot \cos\delta=1$ ）、降水量との関係は (4.2.6) 式となり、おおよそ降水量の 5% が浸水量となる。この場合、降水量 1mm/h ならば 50cc/h、20mm/h ならば 1L/h、仮に前述の ASHRAE の規格である浸水率 1% だとしても 10cc/h、200cc/h となり、近年の梅雨期の降水量を考慮すると大量の水分が通気層に浸入する計算となる。

$$J_w = 0.0445 \cdot R_h \quad (4.2.6)$$

なお、この試算は風雨同時性を想定しており、ISO 規格等では周囲環境や粗度区分によっていくつかの低減係数が設定され、実際の浸水量はもう少し減少する。しかし、中層木造建築では外壁面積  $S_w$  に比例し壁面雨量が増加するため、施工精度や経年劣化を考慮した外装材浸水率の確認が望ましい。

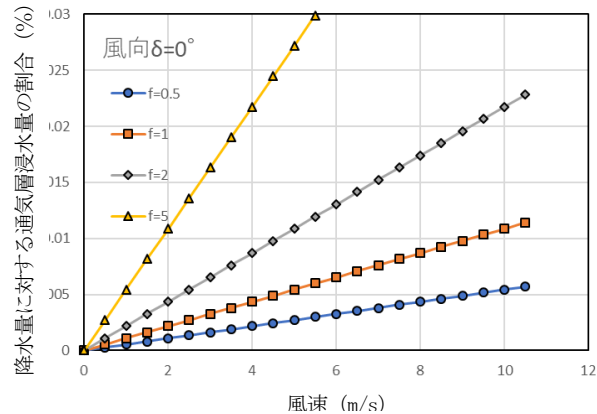


図 4.2.21 降水量に対する浸水量の割合 ( $\delta=0^\circ$ )

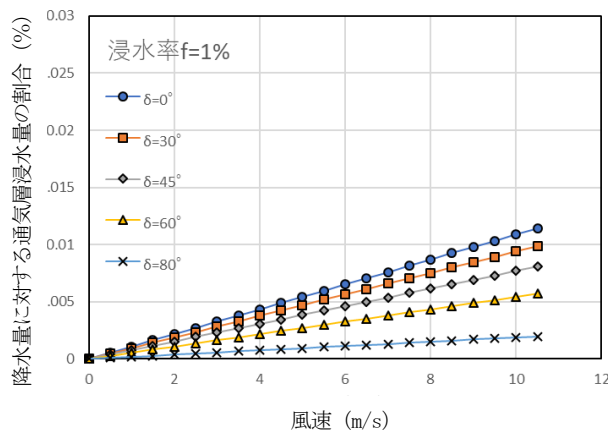


図 4.2.22 降水量に対する浸水量の割合 ( $f=1\%$ )

### (5) 中層木造建築の外壁通気層における雨水浸入対策

中層木造建築の外壁通気層における雨水浸入量の定量化については更なる検討が必要であり、気象条件や方位を勘案した通気層厚さ、上下端部の開口面積等、各要素に関する評価法は未整備である。しかしながら、上述した知見や過去の検討結果から、以下の対策を採用することにより外壁通気層への雨水浸入による不具合発生リスクを大幅に低減できる。

- ・ 外装材継合部からの浸水率の低い製品の採用
- ・ 通気層上端における排気口の確保と防雨型換気部材の採用
- ・ 開口部まわり、設備貫通部等の止水対策及び維持管理の徹底
- ・ 通気層の排水・通気性能の確保（通気経路・一定厚さの確保、縦胴縁・金具留め等の採用）

### 【参考文献】

- 4.2-35) 齋藤宏昭：設計からの腐朽・蟻害への対処法 外壁（サイディング+通気構法）、建築技術 No.829、pp.118～121、2019年2月
- 4.2-36) 石川廣三：壁面に衝突する雨滴の傾斜角の推定 外壁面におよぼす雨がかり負荷の評価に対する基礎的研究、日本建築学会構造系論文集 第611号、pp.13～20、2007年1月
- 4.2-37) ISO. Hygrothermal performance of buildings – calculation and presentation of climatic data – Part 3: calculation of a driving rain index for vertical surfaces from hourly wind and rain data. ISO 2009;15927-3. International Organization for Standardization; 2009.
- 4.2-38) ASHRAE: Criteria for Moisture-Control Design Analysis in Buildings. ASHRAE Standard 160-2009.
- 4.2-39) Hiroaki Saito, Masashi Miyamura: Various factors of water entry and penetration through water proofing layer in wooden wall assembly, XV International Conference on Durability of Building Materials and Components, pp.333-340, 2020.10
- 4.2-40) 長村貞治, 齋藤宏昭, 中島正夫：雨掛かりを考慮した外壁通気構法の水分挙動に関する研究（その1）、日本建築学会環境系論文集, 第767号, pp.19-28, 2020.1
- 4.2-41) Nil Sahala, Michael A. Lacasse: Water entry function of a hardboard siding-clad wood stud wall, Building and Environment Vol.40, pp.1479–1491, 2005

### 4.2.8 陸屋根の仕様

#### (1) 想定される現象・問題点

陸屋根の防水下地が木材の場合、以下のようなケースにおいて、木材に内在する水分は放湿されにくく乾燥不全となり、腐朽による劣化が懸念される。

- 1) 防水層の施工前に多量の降雨などで下地の木材が高含水となり、そのまま上部へ防水層を敷設した場合
- 2) 防水層の耐用年数を超えて、その間に適正なメンテナンスがなされず、防水層が劣化し破断や損傷することにより漏水した場合。

#### (2) 中層および混構造におけるリスクの特徴

陸屋根が大面積化すると、防水施工前に雨養生することは難しく、多量の降雨により防水下地が高含水となるリスクが高くなる。また、漏水した場合、屋内から漏水を認識するまでの間に、木材自体が吸水し高含水の状態になり、腐朽による劣化リスクが高くなる。

#### (3) 雨水による木材の劣化を防止するための対応策

##### ① 防水施工前の降雨により高含水となった下地木材

下地が現場打ち鉄筋コンクリート、プレキャスト鉄筋コンクリート部材および ALC パネルでの防水層に対応した脱気装置は、下地面の湿気を防水層の外部に排出させる<sup>4.2-42)</sup>役割があり、下地が木材の場合でも、脱気装置は同様の役割が想定できる。

防水施工前の降雨により下地が高含水になることを想定し、試験体(図 4.2.23)の外周に堰を作り、水位 20 mm で 6 時間保持して排水することを 2 回繰り返した 18 時間後に防水を施工(図 4.2.24)した結果<sup>4.2-43)</sup>からは、降雨により高含水になった下地においても、防水施工から一定期間経過した後、防水下地表面は乾燥状態に戻る結果が報告されており(図 4.2.25)、脱気装置の設置はある程度の効果は得られるといえる。

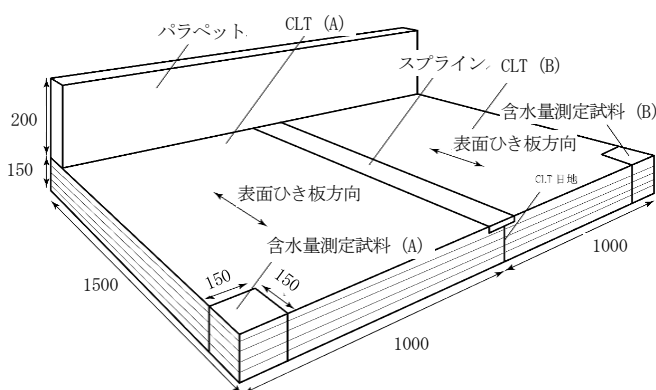


図 4.2.23 下地木材試験体

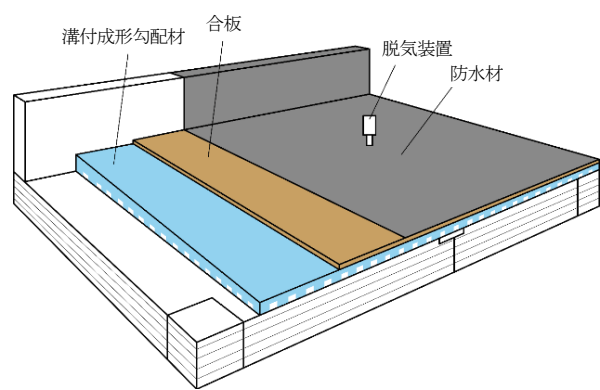


図 4.2.24 防水層設置後の試験体

しかし、含水の程度や脱気装置の能力(排湿量・設置個数等)によっては、乾燥の効果が少ない場合もあり劣化リスクも想定されるので、建設中に含水した下地木材の水分の排出・乾燥は、防水層の脱気装置のみに頼らず、木材の下面側からの排湿経路の確保や、高含水にさせない雨養生や仮防水など、設計・施工管理の対応と複合した配慮が必要である。



## D.耐久性分野

### ② 竣工後、漏水により高含水となった下地木材

屋外暴露していた前記の実験に用いた試験体を対象として、3年経過後に解体調査をした結果、高含水の箇所はなかった（図4.2.26）が、一部、端末の金物の納まり不良で漏水が確認され、漏水跡が確認された（写真4.2.2）。

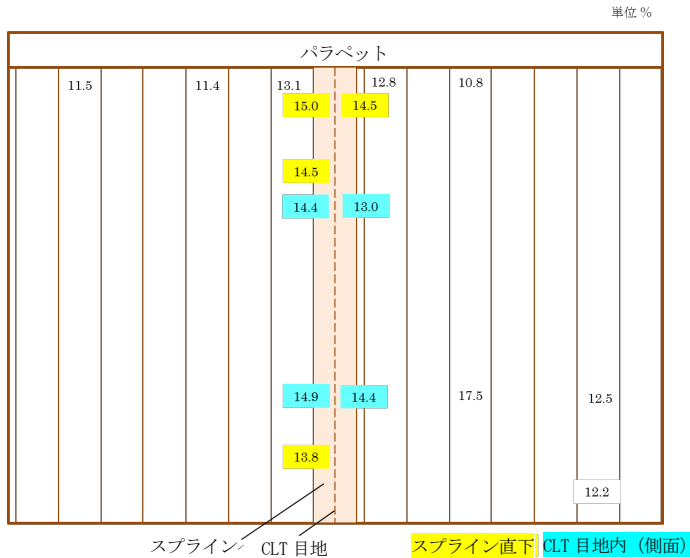


図 4.2.26 試験体解体直後の CLT 表面含水率

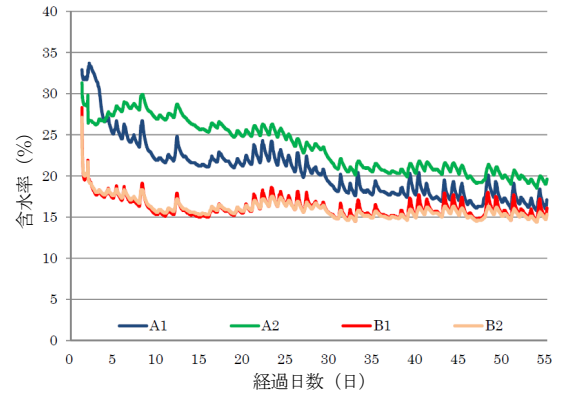


図 4.2.25 下地表面含水率



写真 4.2.2 端末金物の納まり不良による防水下地の漏水状況

以上により、脱気装置は一定量の湿気を外部に排出する機能は有するものの、本試験体の脱気装置においては、外壁通気構法のように通気により下地木材が乾燥状態に戻ることはないといえる。

すなわち、漏水の発見が遅れると木材の腐朽のリスクは高まり、建物自体の耐久性が低下することが懸念される。以上のことから、防水層の経年劣化や各種の不具合によって漏水することは、最大限回避しなければならない。

そこで、陸屋根の防水層は、漏水発生が確認できた時点で補修するのではなく、以下の対策が必要と考えられる。

- ① 定期的な「点検」、「評価」、「処置」、「記録」による維持保全
- ② 設計時に想定した維持保全の限界状態に達しないための予防保全（保全計画に基づいて行う保全）を調査・診断・補修により行う<sup>3)</sup>

### 【参考文献】

- 4.2.42) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 8 防水工事，2014
- 4.2.43) 木構造振興：CLT 建築物等普及促進委託事業（CLT の性能データ収集・分析）報告書，第 8 章 CLT を下地とした屋根・バルコニーの事後的雨掛かりの影響，pp.226-243，2017
- 4.2.44) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説，2016



#### 4.2.9 熱橋および漏気対策の不備による結露

近年の木造建築では接合金物による耐力確保が一般的であるが、金属の熱伝導率は木材の数百倍であるため、接合金物が躯体や断熱層を貫通する仕様では図 4.2.27 に示すような熱橋となり、局所的な結露発生の要因となる。また、接合金物が設置される土台や柱脚部は、断熱や漏気防止を確保するための納まりが複雑で施工精度を要求される仕様も多く、中層木造建築のように負担する耐力が増える場合、金物も大型化するため熱橋と漏気に対する十分な対策が求められる。ここでは木造住宅や CLT 建築物を対象とした既往の知見<sup>4.2-45,46,47)</sup>から、主に接合金物を対象とした熱橋および漏気対策の原則について述べる。

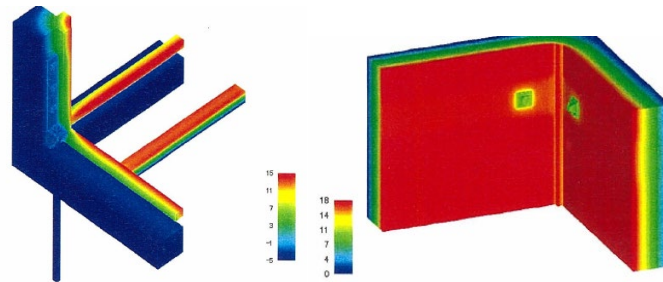


図 4.2.27 冬期暖房時のホールダウン金物（左）及び羽子板ボルト（右）の温度分布<sup>4.2-45)</sup>

#### (1) 木造軸組構法の熱橋・漏気対策

##### ① 熱橋対策

木造軸組構法の接合金物は、ホールダウン金物、アンカーボルト、筋かいプレート、かね折り金物、羽子板ボルト等がある。これらは、図 4.2.28 の断熱工法の分類や断熱層の位置により温度低下の程度が異なるため、表 4.2.7 に示すように熱橋対策の要否も異なる。表 4.2.7 は住宅を想定した分類であるが、仮に中間階を垂直方向に貫通する金物を設置する場合、下階が断熱層内部であれば基礎外断熱の欄を参照すれば良い。

##### a 充填断熱の熱橋対策の要否

充填断熱工法では、かね折り金物、羽子板ボルトは、横架材を貫通した部分が低温となり、高湿な室内空気に晒されるため防露対策が必要となる。基礎コンクリートに緊結されているホールダウン金物、アンカーボルト等は、基礎コンクリートに緊結されるため低温となるが、内装材のラインで防湿と漏気防止が確保されていれば問題はない。しかし、断熱材に付属したフィルムなどの防湿層があっても、旧省エネ基準・平成 4 年基準のように防湿層端部の施工精度が低く、漏気防止が確保されていない仕様では、室内からの漏気により結露発生リスクが高まるため、対策が必要となる。

##### b 外張断熱工法の熱橋対策の要否

外張断熱工法では躯体を外側から断熱材で覆うため、充填断熱工法に比べ金物の温度低下を避けられる仕様は増える。例えば、横架材を貫通する金物は断熱層の内側に位置するため熱橋対策は不要となる。しかし、土台を貫通する金物では、基礎コンクリートが断熱層の外側となる床断熱および基礎内側断熱の仕様で、室内側の金物露出部分が高湿な室内空気に晒されるため、防露対策が必要となる。

## D. 耐久性分野

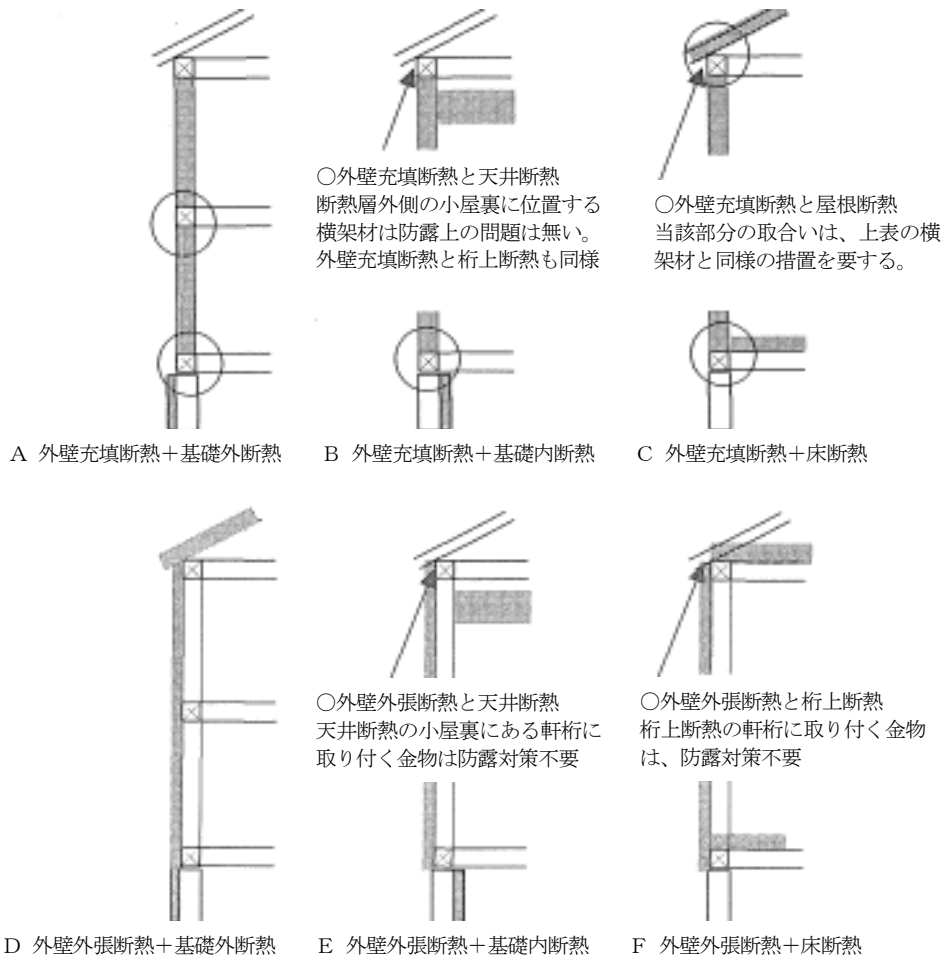


図 4.2.27 断熱工法の分類 (4.2-45)

表 4.2.7 断熱工法別による接合金物の防露対策の要否 (4.2-45)

外壁断熱工法		外壁充填断熱				外壁外張断熱	
床・基礎断熱工法		基礎外断熱		基礎内断熱 床断熱		基礎外断熱	基礎内断熱 床断熱
気密性能		気密	非気密	気密	非気密	—	—
金物種別		気密	非気密	気密	非気密	—	—
土台に取り付く金物類	ホールダウン金物	○*2	○	○	●	○	●*4
	アンカーボルト	○	○	○	●*3	○	●*3
横架材に取り付く金物類	筋かいプレート	○	○	○	○	○	○
	かね折り金物	●*1	●	●*1	●	○	○
	羽子板ボルト	●*1	●	●*1	●	○	○

○：全地域で金物部の防露対策が不要なもの

●：地域区分1～6で金物部に何らかの防露対策が必要なもの

\*1：外壁を「充填+付加断熱」とする場合、金物への防露対策は不要となる

\*2：ホールダウン金物の室内側および室外側の壁内空隙における断熱材充填の有無は防露性には関連性は薄い

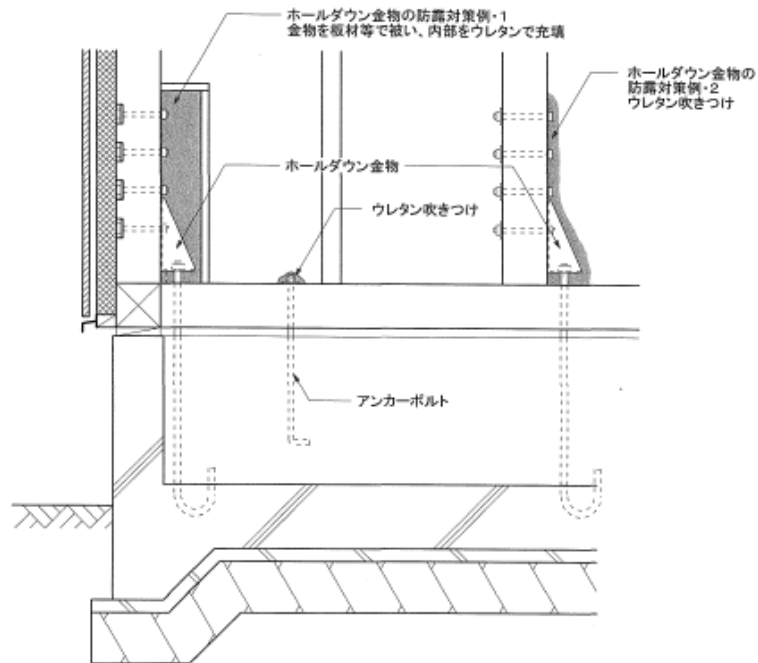
\*3：アンカーボルト壁内露出部分を僅かな断熱材で覆うことで、当該金物の防露性は確保される。ただし、金物表面と断熱補材に微細な空隙があれば、むしろ金物表面での結露量が増大するので、透湿性が少なく、複雑な形状に対応する断熱材を用いること。

\*4：ホールダウン金物の引き寄せ金物下部を現場発泡ウレタン等で断熱補強しても、効果は乏しい。結露を防止するには、透湿性が少ない断熱材で壁内に露出するすべての金物表面を断熱補強する必要がある。ただし、「充填+付加断熱」とした外壁の場合は、金物の防露対策は不要となる

## D.耐久性分野

接合金物まわりの防露対策は、現場発泡ウレタンなど透湿性が低く複雑な形状に密着できる断熱材で、図 4.2.29 のように低温となる部分を覆うことが一般的である。このとき、金物と吹付け断熱材の間に空隙が生じると、結露量が増大するため壁内露出部分の隙間が生じないように施工する必要がある。

### ●アンカーボルト、ホールダウン金物の防露対策例



### ●かね折り金物・羽子板ボルトの防露対策例

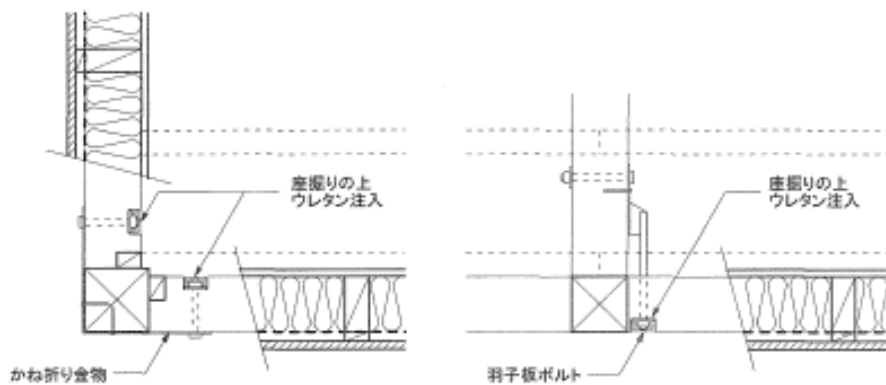


図 4.2.29 接合金物の熱橋対策<sup>4.2-45)</sup> (左：土台まわり、右：横架材まわり)

## D. 耐久性分野

### ② 漏気防止措置

一般に、暖房時は内外温度差に伴う浮力により建物上階において室内側が正圧となり、高湿な空調空気が内装材取合の隙間から漏出し、内部結露を発生させるリスクがある。図 4.2.30 は繊維系断熱材を用いた充填断熱工法の外壁・床取合の気密仕様による壁内湿度への影響を示したものである。本来、気密が確保され漏気が生じなければ断熱層内の相対湿度はおおよそ 90%RH 以下に抑えられるが（仕様 a）、特に寒冷地では僅かな隙間でも大幅な湿度上昇を引き起こすことがわかる（仕様 b、c）。表 4.2.7 においても、非気密の仕様では金物の熱橋対策が必要となる箇所の増えることを示唆しており、金物だけでなく構造用合板など木部での内部結露を避けるため、外壁と床・天井の取合は図 4.2.31 のような漏気防止を確保できる納まりとすることが不可欠である。

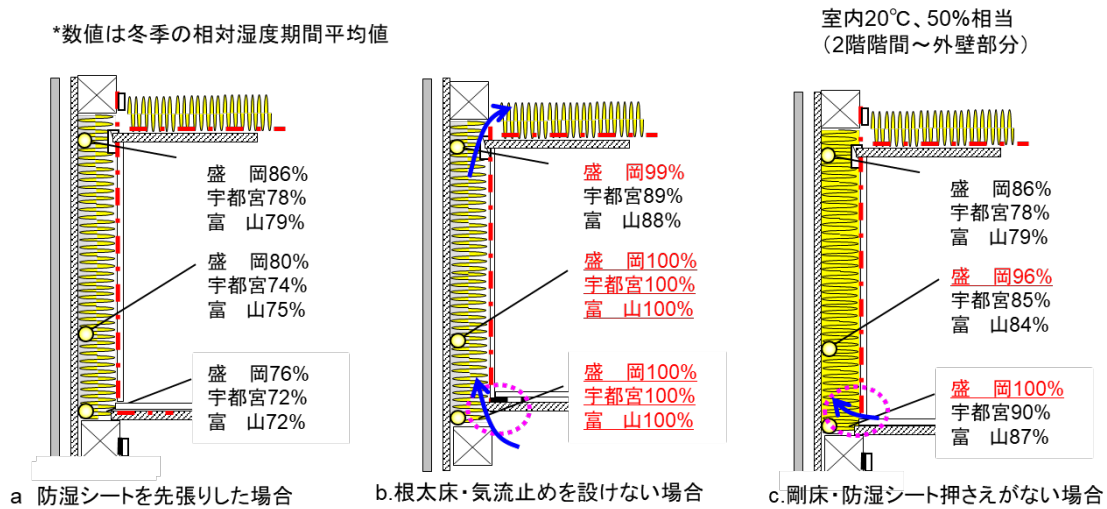


図 4.2.30 充填断熱工法の外壁・床取合の気密仕様による壁内湿度への影響 4.2-46)

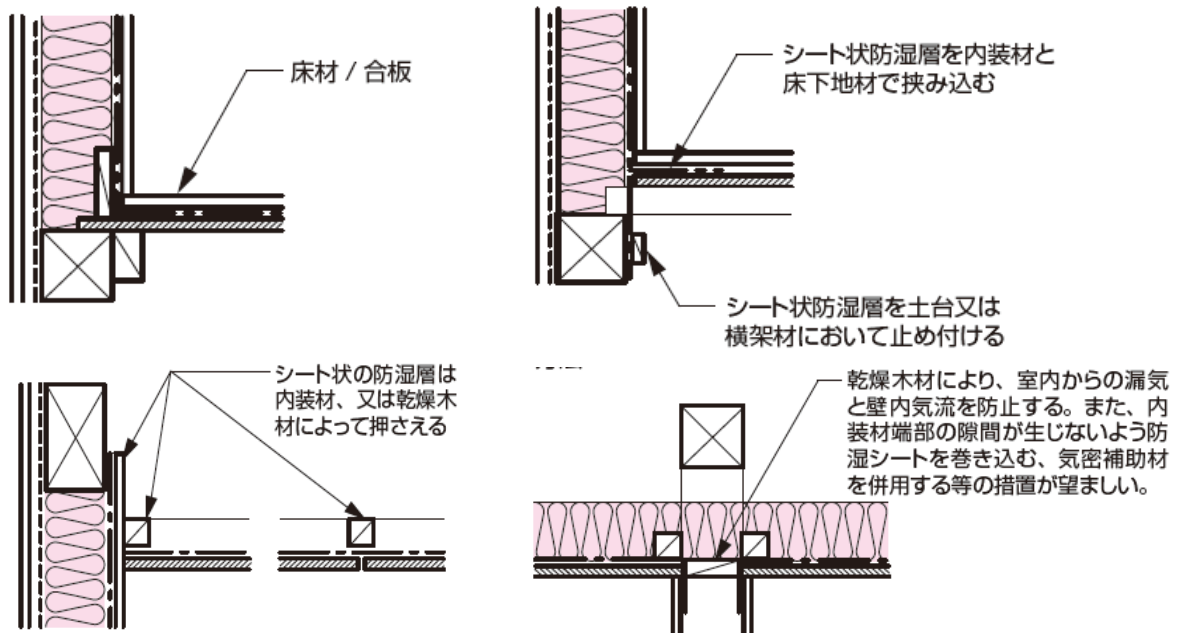


図 4.2.31 漏気防止を確保するための外壁と床・天井取合の仕様 4.2-46)

(2) CLT パネル工法の熱橋・漏気対策

CLT パネル工法では、外張断熱と同様のパネルの外側に断熱層を設けるケースが多いが、大型の接合金物（図 4.2.32）で緊結されるうえ、パネル間の目地（写真 4.2.3）からの漏気が生じやすく、これらの熱橋・漏気対策が不可欠である。

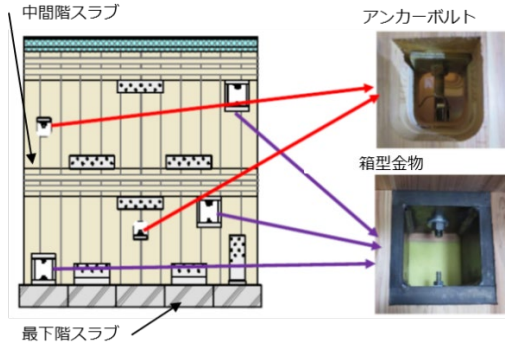


図 4.2.32 CLT パネル工法の接合金物 4.2-47)



写真 4.2.3 CLT パネル間の隙間 4.2-47)

① 熱橋対策

CLT パネル工法の熱橋対策は、基本的に(1)で示した木造軸組と同様の考え方となる。グラスウールボードの外張断熱工法の試験体で結露実験を行った結果<sup>3)</sup>によると、中間階スラブの金物類は断熱層の内側のため問題は無いが、最下階スラブに取付けた金物ではアンカーボルトが床の断熱層を貫通するため結露が生じるリスクがある。ゆえに、表 4.2.7 で示した熱橋対策の要否に従い、該当する工法では現場発泡ウレタンなどの断熱補材で金物を覆う必要がある。

② 漏気防止措置

CLT はパネルの製造・運搬の制約から数メートル幅毎に目地が生じるうえ、床スラブが壁パネルを貫通するため、これらの取合いの漏気防止措置が不可欠である。また、図 4.2.33 のように床や屋根スラブと壁パネルとの取合から緊結ボルトの穴を経由し、低温となる領域での結露発生リスクが、これまでの実験結果から示唆されている。

目地部については、図 4.2.34（右）に示すように CLT 室内側もしくは外気側に乾燥木材やシール処理といった気密補助材により漏気防止措置を、パネル取合、ボルト貫通孔等は写真 4.2.4 のようにボードや発泡ウレタン等により隙間を塞ぐ。なお、漏気防止にテープ類を使用する場合は、長期的な性能を担保するためテープ単体でなく木材やボードなどで面的に抑えることが推奨される。

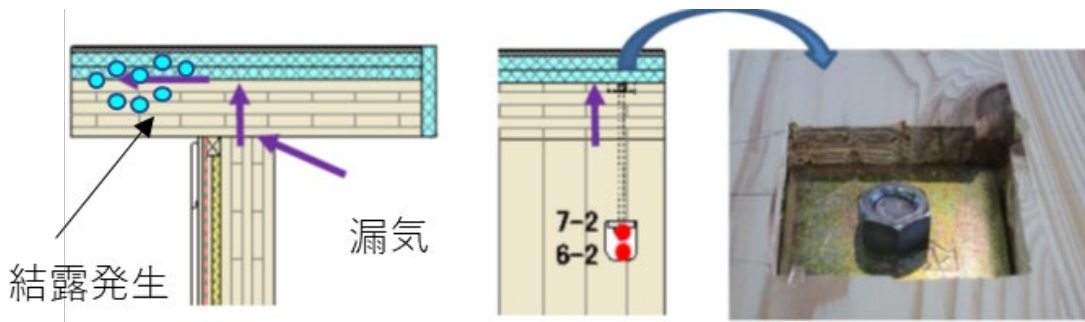


図 4.2.33 屋根スラブ取合からボルト穴を経由した漏気による結露 4.2-47)

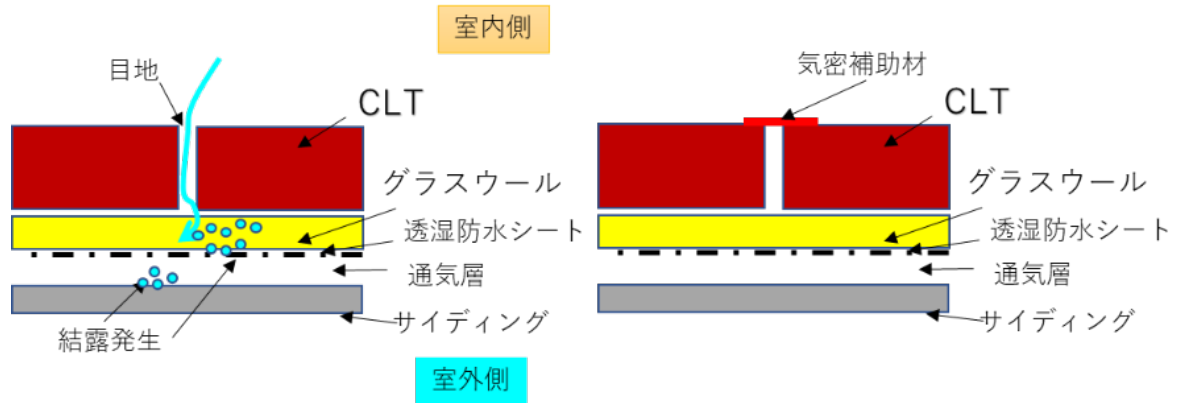


図 4.2.34 CLT パネル間目地からの漏気による結露（左）及び処理方法（右）

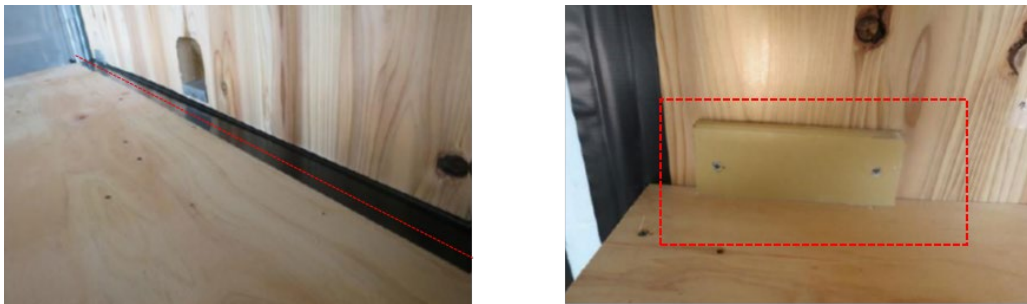


写真 4.2.4 CLT パネル取合、ボルト貫通孔等の漏気防止措置 <sup>4.2-47)</sup>

【参考文献】

- 4.2-45) (財) 日本住宅・木材技術センター：長寿命木造住宅促進方策検討事業報告書、2002.3
- 4.2-46) (財) 建築環境・省エネルギー機構：自立循環型住宅への設計ガイドライン、2015.
- 4.2-47) 木構造振興株式会社：CLT 建築物等普及促進委託事業報告書、2017.2



## 5. 総括

### 5.1 総括

中層木質混構造建築物の耐久設計における配慮事項や推奨仕様、維持管理計画の立案に必要な技術情報が十分に整備されるには至っていないことから、本報告書では、中層木質混構造建築物の耐久設計における配慮事項、建物外皮からの雨水浸入および結露等による劣化を防ぐための推奨仕様、および維持管理計画の立案に関する技術情報の収集・整理を行った。得られた知見を以下に示す。

第2章では、水分による建物外皮等の劣化に関して、中層木質混構造建築物として特に問題となると考えられる要点を抽出して実験的な検討を行った。

2.1 節では、建築物が中層化した際に予想される高風圧の条件にも耐えうると想定される各種の開口部まわりの防水納まりに関する試験を行い、推奨仕様を示した。同試験では、外装材およびシーリングを施した場合、各開口部に対して均等に水および風圧が掛からず、また、何れの仕様も漏水しない状態になり得るため、外装材を設置しない状態での動風圧撒水試験を実施した。撒水量は漏水を想定し、微孔型の撒水ホースを用いて調整するなどの工夫を施した。その結果、各種の防水納まりの相対的な性能評価を目的とする場合には、本試験方法により、各防水納まりによる水密性の等級と推奨仕様を明示することが可能となり、適切な試験方法であることが確認された。

2.2 節では、高風圧の条件下で雨水浸入が問題となるバルコニー手すり壁およびパラペットに対する送風撒水試験を実施し、笠木の下部からの外壁通気層への雨水浸入の防止に対する防雨型換気部材の有効性、通気層への通過水量、手すり壁内部の付着水量、および同試験方法による評価の妥当性についても確認した。

2.3 節では、建物中間階に設置された外壁通気層の給排気口からの雨水浸入状況を、送風撒水試験により確認した。実験結果からは、各種の仕様による通気層内部の雨水の吹上げ高さおよび雨水浸入量が明らかとなった。本試験においては、給気口付近にある通気量を減少させる水平部材（防虫網、炎侵入防止構造材）や水平方向および垂直方向の隙間が、吹き上げ高さや浸水量に対してどのように影響するのかを検証した。今後においては、本試験結果の検証および影響要因の分析等を進める必要がある。

2.4 節では、2階建ての木造住宅実験棟の外壁の一部に75分準耐火構造の断面（断面構成は1時間耐火と同様）を再現し、外装材の嵌合部からの雨水浸入を想定し、外壁通気層に強制注水した場合の壁体内の環境を計測する実験を実施した。本実験では、透明板を用いて内装材の室内側の結露の状況も可視化して計測しており、実験の結果からは、中層木造建築物に対して、本実験における推奨仕様（縦胴縁かつ上部給排気口が解放されたもの）と同等の通気があり、温暖地域で今回の浸水量の範囲（壁面雨量の5%が通気層に浸入）であれば、壁体内部の相対湿度が95%を超える期間が継続しないことが確認されたため、結露の発生頻度が少なく、劣化リスクは低いと判断されることが示された。

2.5 節では、6階建て木造実験棟の外壁通気層の環境を計測する実験を実施した。その結果、中層建築物の外壁通気層内の温湿度分布および風速の日変動の実態が明らかとなった。2.4 節の結果とは各条件がそれぞれ異なるものの、晴天時の通気層内部の風速は同程度（0～0.5m/sを推移）であることなども明らかとなった。

2.6 節では、防火被覆に使用する強化石膏ボードの耐水性試験を行い、浸水時間の増大に伴い著しくせん断強度が低下することおよび目地から含水していることなどが明らかとなった。

2.7 節では、CLT床版へのコンクリート打設の際の、遮水シートの納まりに関する実験を行い、防

## D.耐久性分野

水テープで止水した場合にもセメントノロの漏出リスクがあること、およびコンクリートの締固めの際の棒状振動機により遮水シートに穴が開く恐れがあることなどが明らかとなった。

第3章では、中層木質混構造建築物を主な対象として、維持管理計画の立案に資する技術資料を提供することを目的に、実態調査および総プロの試設計に対する維持管理計画の立案を試行した。

3.2節では、既存の22棟の中・大規模木造建築物の劣化および維持管理状況の事例調査を行った。その結果、事例は少ないものの、中層木造および木質混構造建築物における特有の劣化および変状はみられず、これらの建築物においても従来の低層木造建築物に対する劣化対策が基本となることが示された。

3.3節では、供用期間の設定はあくまで建築物の用途や要求性能に基づき発注者が決めるものであり、設計者は設計段階において、その供用期間に対して必要となる耐久性能を満たすように各種の納まりの設計、使用材料の選択、および維持管理計画を立案するものであることを確認した。

3.4節では、試設計および既存建築物のサンプルを対象に、維持管理計画例を作成した。1事例ではあるものの、既存建築物の維持管理実績と予防保全を前提とした維持管理計画の比較からは、既存建築物の修繕周期が大幅に少ない結果となっており、予防保全を前提とした維持管理計画と建築物所有者の求める維持管理水準の関係性、およびライフサイクルコストとの関係など、今後さらに検討が必要な課題も明らかとなった。

第4章では、第2章で検討しきれなかった、中層木質混構造建築物に特有な耐久設計上の配慮事項に関して、項目ごとに文献調査結果を中心に取りまとめた。現在、既存の木質鋼構造建築物が少なく、設計・施工指針や要領書などの技術資料や基礎データもあまり整備されていない。従って、今回は、既存の技術資料と中・高層建築物の設計・施工事例から重要な部分を抽出して、建設および改修時に配慮すべき事項についてとりまとめた。

### 5.2 今後の課題

建築物の耐久性に関する研究は、既存建築物の劣化問題が顕在化し、その事例を調査し、原因まで特定して対策技術が確立されるのが一般的な流れと言える。このため、新しい構造形式となる中層木質混構造建築物は過去事例が少なく、体系的な耐久設計技術として取りまとめることは困難となっている。

従来の低層木造建築物の劣化対策との共通点と相違点を整理して、中層木質混構造建築物の劣化現象を推定することはある程度可能であり、本報告書の検討内容の多くはこの方法で実施されているが、実証実験を実施する場合にも、実際の使用環境は再現できても、経年による材料・部材の劣化現象や風および地震による外力による挙動なども複合的に生じるため、数十年～百年以上の供用期間を再現することは困難であり、この点で予測や推定に頼らざるを得ない部分が出てくる。

本報告書は、現時点の木造建築物に対する耐久性の知識を応用して、考えられ得る配慮事項等を取りまとめたが、今後、既存中層木質混構造建築物で、予想外の劣化および変状が確認される可能性も充分にあり、既存建築物の点検調査を続けるとともに、考えられるリスク要因を丹念に検証していく必要がある。

以下に、現時点で考えられる中層木質混構造建築物の耐久性に関する今後の課題を列挙する。

- ・外壁通気構法による外皮の乾燥性能の定量化


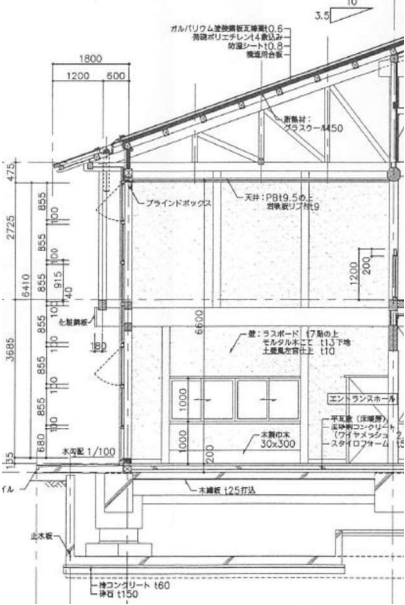
## D.耐久性分野

- ・陸屋根の推奨仕様の検討
- ・中層および高層木造建築物に対するサッシの固定方法に関する耐久性の検証
- ・構造躯体および仕上げに対する劣化部位の補修、改修、交換方法の確立
- ・劣化モニタリング技術や点検調査に関するデジタル技術を応用した維持管理業務の効率化
- ・実態に即した維持管理計画の立案方法とライフサイクルコストの関係の検証
- ・中・高層木質混構造建築物に使用される材料・部材の劣化実態調査の継続と、劣化実態に配慮した防水・防露試験および各地域特性に対応したシミュレーションの実施


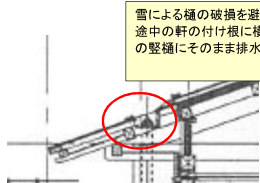

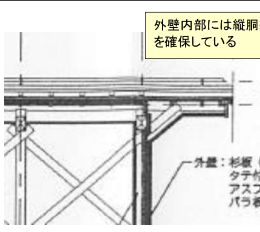


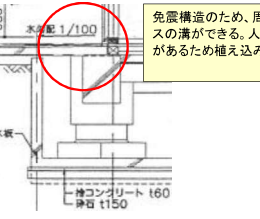

最後に、本報告で直接取り上げるには至らなかった事項も含めて、過去の文献等を参照して、中層木質混構造建築物に対する耐久設計上の推奨仕様および配慮事項を網羅的に書き出した資料を参考資料 ii. に示す。

参考資料：i. 事例シート

(1) 中央(しそ)市波賀市民局庁舎

設計情報①					
外部に面する各部位詳細					
全体写真					
	<p>建物高さ：13.0m 軒高さ：7.2m 軒の出：1.8m 階高さ：3.8m</p>				
仕様	<p>矩計図</p> 				
	部位	層構成材	厚さ等	更新周期	
	屋根	1 ガルバリウム塗装鋼板瓦葺葺	0.6		
		2 発泡ポリエチレン敷込み	4		
		3 防湿シート	0.8		
		4 構造用合板	15		
	外壁	1 杉板(下見貼)	15		
		2 タテ付鋼線23×80	23		
		3 アスファルトルーフィング	-		
		4 パラ板	12		
バルコニー	床				
	壁				
軒天井					
外壁材の選定理由 町有林(中央材)を伐採から加工まで材料指定して使用					

タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2001(平成13)年	床面積(m <sup>2</sup> )	3,219,21m <sup>2</sup>
防耐火	その他	木材使用量(m <sup>3</sup> )	670m <sup>3</sup>
防耐火タイプ	-	建物工事費(千円)	1,250,000千円
屋根形状	勾配屋根	単価(千円/m <sup>2</sup> )	388千円/m <sup>2</sup>

設計情報②			
通気・換気		複数部位の取合部	
仕様	部位	方法・仕様	
	小屋裏	-	
	軒天	-	
	外壁	通気縦鋼線を設けている	
	床下	-	
外壁・基礎	 <p>外壁下端はGLより800立上げており地面からの雨水の跳ね返り対策を施している</p>		 <p>雪による種々の破損を避けるため屋根の途中の軒の付け根に横樋を設け、軒下の壁樋にそのまま排水している</p>
	 <p>外壁内部には縦鋼線による通気層を確保している</p>		 <p>外壁：杉板(下見貼) t15 タテ付鋼線 23×80 アスファルトルーフィング パラ板 t12</p>
外部建具(木製)	 <p>木製建具のガラス面下部には金属の水切りを設置している 外圍製の木製サッシで網戸がないため、内側に網戸を設置している</p>		
			 <p>免震構造のため、周囲にクリアランスの溝ができる。人が落下する危険があるため植え込みを施している</p>
基礎(G/L近く)			

D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	2002	屋根	雪止め金具取り付け工事	472	-	-	-
	2005	開口部	木製建具他補修工事	197	-	-	-
	2007	外壁	外壁塗装工事(木部・下見板・建具面)	5,140	-	-	-
	2016	外壁	外壁塗装工事(木部・下見板・建具面)	5,056	-	-	-

施工情報②			
全体工程	ヶ月	うち躯体	ヶ月
木質材料の調達計画		施工方法	
-	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		-	

維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
2016(築後15年)	外壁	木部壁面の傷み	再塗装(含浸型塗料キシラデコール2回塗り) (白い部分は土壁風左官仕上げ壁)		
2016(築後15年)	外部開口部	木製建具のシール部分の劣化による強風雨時の雨漏り	未対応(近々シール部の打直しの計画がある)		
2011(築後10年)	外部独立柱	台風時の強風で屋根が一部飛ばされた	アンカーとワイヤーで引抜き力対策を講じた		



D.耐久性分野


(2) 周南市熊毛総合支所

タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2001(平成13)年	床面積(m <sup>2</sup> )	3,399.11m <sup>2</sup>
防耐火	準耐火建築物	木材使用量(m <sup>3</sup> )	476m <sup>3</sup>
防耐火タイプ	-	建物工事費(千円)	1,198,762千円
屋根形状	勾配屋根	単価(千円/m <sup>2</sup> )	353千円/m <sup>2</sup>

**設計情報①**

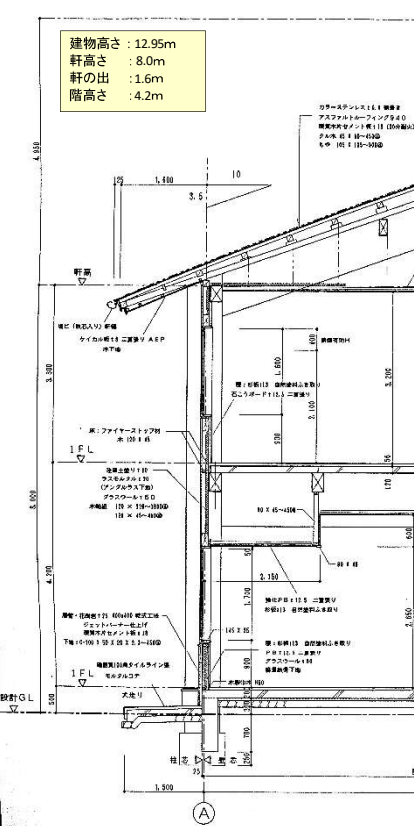
外部に面する各部位詳細

全体写真



矩計図

建物高さ : 12.95m  
軒高さ : 8.0m  
軒の出 : 1.6m  
階高さ : 4.2m



部位	層構成材	厚さ等	更新周期
屋根	1 カラーステンレス横葺	0.4	
	2 アスファルトルーフィング940	-	
	3 硬質木片セメント板(30分耐火)	18	
	4 垂木45×60	45	
	5 母屋105×105	105	
外壁	1 珪藻土塗り目地切	10	
	2 ラスモルタル(アングラス下地)	20	
	3 グラスウール	50	
	4 木軸組120×120	120	
バルコニー	床		
	壁		
軒天井	1 ケイカル板二重張りAEP	18	
	2 木下地		

外壁材の選定理由

**設計情報②**

通気・換気

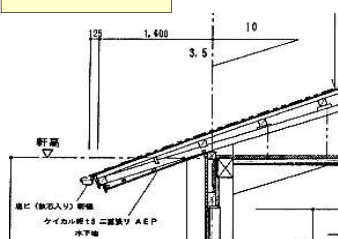
部位	方法・仕様
小屋裏	不明
軒天	不明
外壁	-
床下	-
-	-

複数部位の取合部

仕様


部位	方法・仕様
小屋裏	不明
軒天	不明
外壁	-
床下	-
-	-

屋根




軒天はケイカル板 t=16  
二重張りAEP

木柱 現し




木柱 現わし

独立柱 柱脚



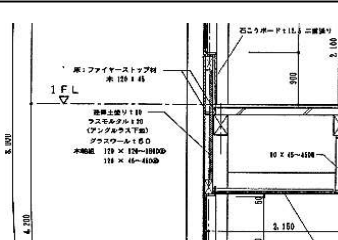
花崗岩 H150の上から立ち上がり

渡り廊下

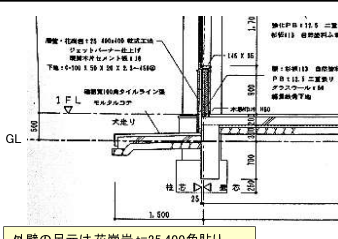


RC造の渡り廊下で床面積を1,500㎡以下にして準耐火で整備

外壁開口部



外壁基礎



外壁の足元は花崗岩 t=25 400角貼り  
乾式工法  
1FLはGLより500mm上がり

D-153

D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	2009	東館・西館・中央ホール	コアブラザ熊毛整備(改築)	130,000			
	2012	床	渡り廊下修理(腐食部分張替、塗装)	360			
	2013	外壁・屋根	外壁外改修(外壁の塗装、屋根の雨漏り補修)	12,435			
	2015	犬走り	庁舎犬走りタイル張替	215			
	2015	窓ガラス	窓ガラス張替	165			
	2016	床	渡り廊下修理(腐食部分張替、塗装)	(ヒアリングによる情報)			

施工情報②			
全体工程	ヶ月	うち躯体	
木質材料の調達計画		施工方法	
-	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		施工は清水建設と地元の施工者(井森工業・時盛建設)のJVとなっている	

維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
2012(築後11年) 2016(築後15年)	床(外部渡り廊下)	直接の雨がかりで腐食が発生	造膜型の塗料で再塗装。腐食が顕著な部材は取り外して交換の上再塗装		
				棟を繋ぐ廊下が雨がかりのデッキになっており、造膜型塗料で4年で交換再塗装している。	
2013(築後12年)	外壁・屋根	外壁は木の柱部分の劣化、屋根は天窓の所から雨漏り	外壁は柱の再塗装 屋根はシール部分の打替え		
				管理者は木柱の劣化は不具合として認識している(12年で再塗装したがもう少し早く塗装すべきと感じている)	


(3) 浄法寺町総合支所

タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2002(平成14)年	床面積	2318.61㎡
防耐火	準耐火建築物	木材使用量	1,500m <sup>3</sup>
防耐火タイプ	-	建物工事費	596千円
屋根形状	勾配屋根	単価	245千円/㎡

**設計情報①**

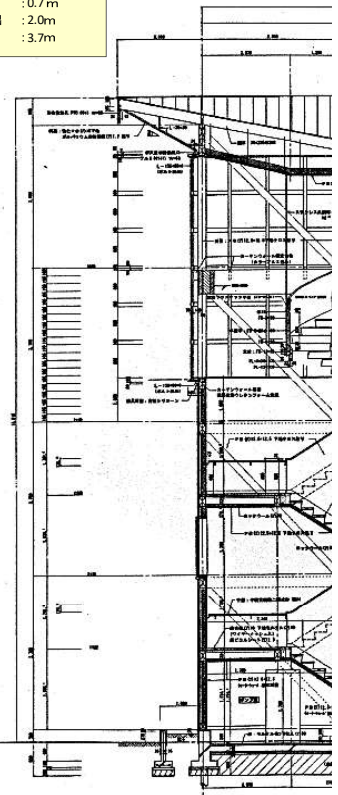
外部に面する各部位詳細

全体写真



矩 計 図


建物高さ : 15.515m  
 軒高さ : 0.7m  
 軒の出 : 2.0m  
 階高さ : 3.7m



仕 様	部位	層構成材		更新周期
		厚さ等		
屋根	1	ガルバリウム鋼板	0.4	
	2	アスファルトルーフィング	22kg	
	3	屋根合板	15	
外壁	1	セメント中空押出成形板	26	
	2	構造用パネル	11.1	
	3	防湿防風シート	-	
	1	アルミカーテンウォール		
バルコニー	床			
軒天井				
外壁材の選定理由				

**設計情報②**

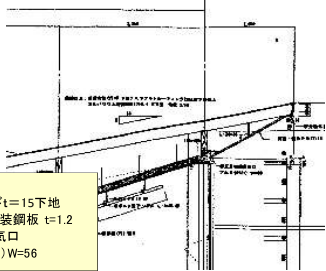
町民ホール



通気・換気

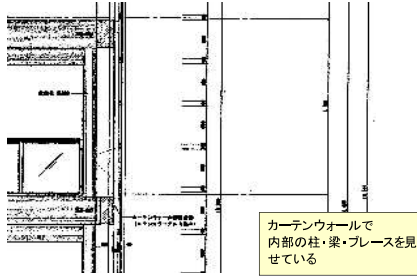
部位	方法・仕様
小屋裏	軒先換気口 アルミ(ホワイト) W=62
外壁	-
床下	-
居室	-
-	-

軒先と軒天の両方に換気スタットを設置



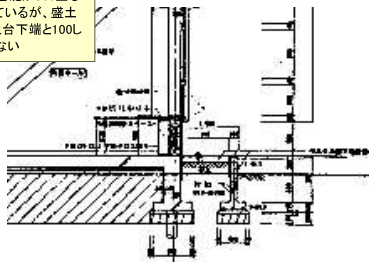
・軒裏  
強化石膏ボード t=15 下地  
ガルバリウム塗装鋼板 t=1.2  
・軒天見切縁換気口  
アルミ(ホワイト) W=56

外壁開口部



カーテンウォールで内部の柱・梁・ブレースを見させている

外壁基礎



GLから基礎が300立ち上がっているが、盛土により土台下端と100しか差がない

D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	2017	屋上	パラペット外壁改修工事	2,919	1	式	29.5.25～29.7.23
	2017	屋上	ステンレス防水修繕工事	1,080	1	式	29.8.4～29.10.20

施工情報②			
全体工程	6ヶ月	うち躯体	2ヶ月
木質材料の調達計画		施工方法	
県内の葛巻町の並材をラミナー材として浄法寺町内製材所に送り、集成材に加工してもらった。  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">                         ラミナー材を集成材に加工できる工場が限られるので輸送の期間を見込んだ計画が必要である                     </div>	仮設	記録なし	
	揚重機の利用	25t 2ヶ月	
	組立方法	記録なし	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
記録なし		記録なし	

維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
				回答なし	


# D.耐久性分野

## (4) 岩手町立川口小学校

**設計情報①**

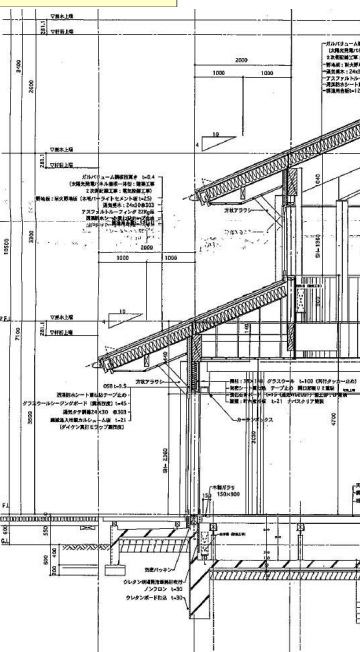
**外部に面する各部位詳細**

**全体写真**



**矩計図**

建物高さ : 11.33m  
軒高さ : 7.1m  
軒の出 : 2.0m  
階高さ : 3.8m(1階)



仕様	部位	層構成材		更新周期
		厚さ等		
屋根	1	ガルバリウム鋼板(段差き)	0.4	
	2	木毛パーライトセメント板	25	
	3	通気垂木	24	
	4	アスファルトルーフィング	22kg	
	5	透湿防水シート重ね貼テープ止	-	
	6	構造用合板	12	
外壁	1	繊維進入イキ酸カルシウム	12	
	2	通気縦鋼線24×30	24	
	3	グラスウールシーリングボード	45	
	4	透湿防水シート重ね貼テープ止	-	
	5	OSB(構造用パネル)	9.5	
バルコニー	床			
	壁			
	軒天井			

外壁材の選定理由

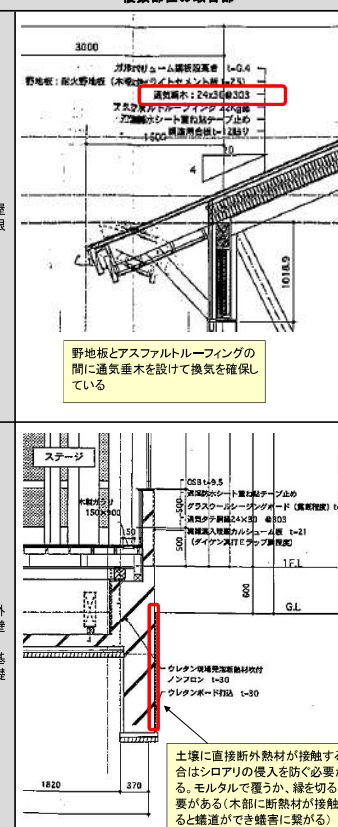
タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2002(平成14)年	床面積	3,950㎡
防耐火	準耐火建築物	木材使用量	-
防耐火タイプ	壁60分、屋根30分	建物工事費	1,132,522,000円
屋根形状	勾配屋根	単価	286,714円/㎡

**設計情報②**

**通気・換気**

部位	方法・仕様
小屋裏	垂木部で通気層を確保している
外壁	通気縦鋼線を設置して通気層を確保している
床下	-
居室	-
-	-

**複数部位の取合部**



野地板とアスファルトルーフィングの間に通気垂木を設けて換気を確保している


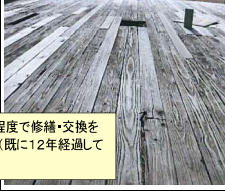


グラスウールシーリングボードと珪酸カルシウム板の間に通気縦鋼線を設けて通気を確保している

土壌に直接断熱材が接触する場合はシロアリの侵入を防ぐ必要がある。モルタルで覆うか、線を切る必要がある(木部に断熱材が接触すると蟻害がでる)

D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	2004	テラス	防食塗装工事	472	-	-	-
	2014	デッキ	ウッドデッキ修理	84	-	-	-
	2016	外壁	塗装・補修	460	198	m <sup>2</sup>	-
	2017	デッキ	ウッドデッキ補修	464	22	m <sup>2</sup>	-

施工情報②			
全体工程	ヶ月	うち躯体	ヶ月
木質材料の調達計画		施工方法	
		仮設	-
		揚重機の利用	-
		組立方法	-
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	

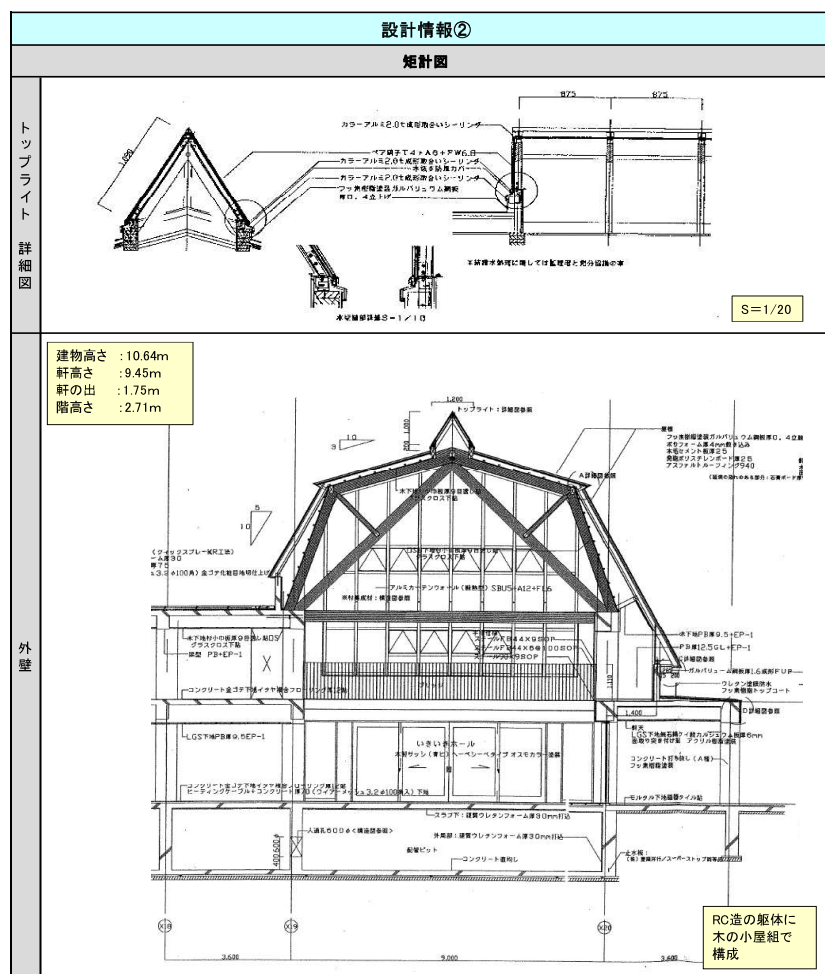
維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
2014 (築後12年)	校舎ウッドデッキ	築後定期メンテナンスが行われてこなかったため木材が腐朽	部分的な床板修理を実施。次年度全体的な補修を予定している。		
				テラス床は3年程度で修繕・交換を行う必要がある(既に12年経過している)	
2016 (築後14年)	校舎・体育館外装材	築後定期メンテナンスが行われてこなかったため木材劣化、外装材に歪み	校舎一部・体育館一部補修済み		
				外部の羽目板材は5年で塗料の効果なくなるので再塗装の必要がある(既に14年経過している)	



(5) 東通村立東通小学校

タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2004(平成16)年	床面積	7,656.23㎡
防耐火	準耐火建築物	木材使用量	-
防耐火タイプ	-	建物工事費	2,205,000,000円
屋根形状	勾配屋根	建物工事費	288,000円/㎡

設計情報①					
外部に面する各部位詳細					
全体写真			詳細図		
			オープンスペース		
仕様	屋根	部位	層構成材	厚さ等	更新周期
		1	フッ素樹脂塗装ガルバリウム鋼板	0.4	
	2	ポリフォーム敷き込み	4		
	3	発泡ポリスチレンボード	25		
4	木毛セメント板	25			
5	アスファルトルーフィング940	-			
外壁	1	木下地押出中空セメント板	20		
	2	フッ素樹脂塗装押出中空セメント板	30		
	3	耐火用岩綿吹付け	-		
バルコニー	床				
壁					
軒天井					
外壁材の選定理由		地場産木材のPRのため外壁に使用。			



D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
			回答なし				

施工情報②			
全体工程	-	ケ月	うち躯体
木質材料の調達計画		施工方法	
使用材料は地場産材である東通村産材を100%活用。 地元林業の活性化を図り、森林での植林・育林・伐採のサイクルを確保して、環境整備に貢献することが出来た。	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
木材は小断面を組み合わせた集成材を採用した。内部の仕上げ材も主に杉材を使用し、出荷時、搬入時の含水率の管理を行った。また天候の変化に応じて木材の伸縮状況を実測管理しながら施工調整を行って、不具合発生防止を図った。		集成材は原木切り出し→ラミナー製材→ラミナー乾燥→接着加工→建て方へ至る工程のうち、原木切り出し→ラミナー製材を地元森林組合で担当。 地場産材で地元職人が組み上げる大断面木造では、日本でも最大級の建築。	

維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
				回答なし	


# D.耐久性分野

## (6) むつ市海と森ふれあい体験館およびむつ川内庁舎

タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2004(平成16)年	床面積	3,104.64㎡
防耐火	準耐火建築物	木材使用量	-
防耐火タイプ	-	建物工事費	912,300千円
屋根形状	勾配屋根	単価	294千円/㎡

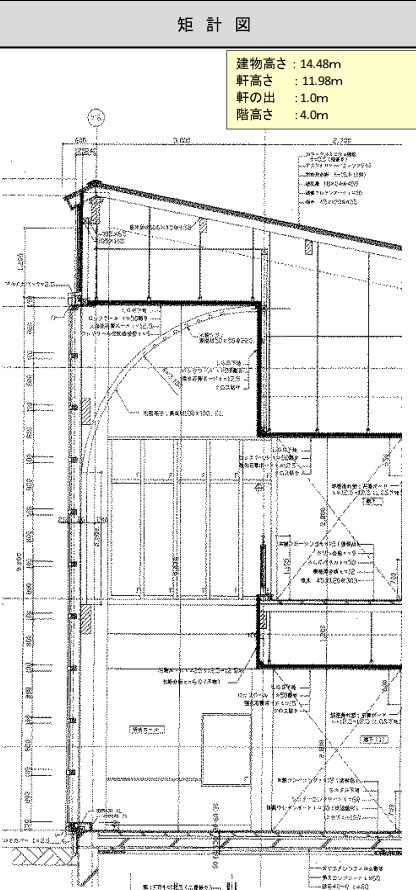
**設計情報①**  
外部に面する各部位詳細

全体写真



矩計図

建物高さ : 14.48m  
軒高さ : 11.98m  
軒の出 : 1.0m  
階高さ : 4.0m



部位	層構成材	厚さ等	更新周期
屋根	1 カラーアルミニウム鋼板段基	0.5	
	2 アスファルトルーフィング940	—	
	3 型枠用合板(1類)	15	
	4 通気層	18	
	5 硬質ウレタンボード	50	
	6 垂木	150	
外壁	1 繊維混入ハーフライトセメント板	12	
	2 硬質ウレタンボード	30	
	3 通気層	18	
	4 スギ板張り	24	
バルコニー	1 前縁タテ65×100×ヨコ45×24	—	
	2 ファイヤーストップ材ヨコ	36	
床	1 すのこヒバ	40	
	2 木材保護塗料		
壁	1 木製手摺 ヒバ100×100		
	2 木材保護塗料		
軒天井			

外壁材の選定理由 地場産木材にこだわった。



**設計情報②**

通気・換気		複数部位の取合部	
部位	方法・仕様		
小屋裏	屋根通気層 18mm	<p>鼻隠しが木現わしとなる</p> <p>カラーアルミニウム鋼板 t=0.5 (設置)</p> <p>アスファルトルーフィング940</p> <p>型枠用合板 t=15d (1類)</p> <p>通気層24×18×45</p> <p>硬質ウレタン t=50</p> <p>垂木 150×150×45</p>	
外壁	—		
床下	—		
居室	—		
外壁 (スギ板張り部)	<p>ラスボリシタ体(ラス下地)2φニ、カド補修材</p> <p>スギ板 t=24 縦張り</p> <p>石膏ボード t=12.5, EP</p> <p>木製リブ40×50φ160, C</p>	<p>軒天・外壁</p> <p>屋根なしバルコニーのヒバの現わし手摺とすのこ床のため、劣化が早いと考えられる</p> <p>木製手摺(ヒバ)100×100 木材保護塗料</p> <p>すのこ(ヒバ) t=40 木材保護塗料</p> <p>70×35ヒバ V=255</p> <p>バルコニー</p> <p>バルコニー屋根天端</p> <p>CG天端</p> <p>105×105</p>	
床下	<p>モルタル全面下地</p> <p>御影石(タイル調)張り t=13</p> <p>1FL GL+300▽</p> <p>足もとの高さ800までは御影石(タイル調)張り t=13</p>		

D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	2011年	外壁	庁舎外壁改修工事	8,331	1	式	3ヶ月
	2012年	外壁	庁舎外壁改修工事	9,954	1	式	3ヶ月
	2013年	外壁	庁舎外壁改修工事	8,872	1	式	3ヶ月
	外壁面が大きいため、壁面を分けて3年間で実施						


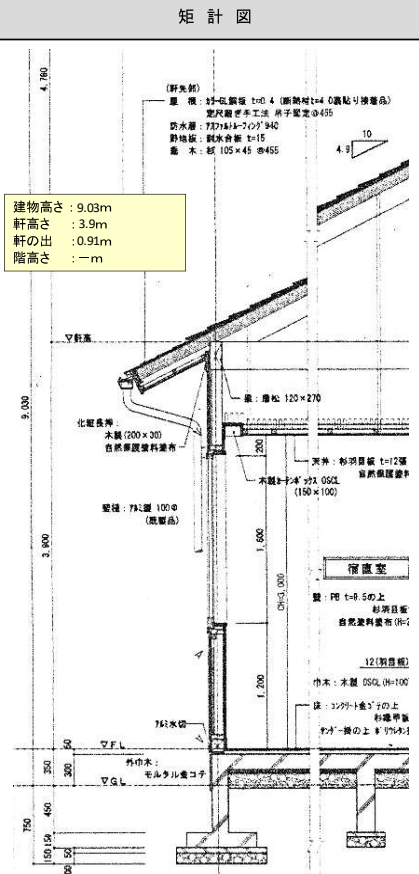
施工情報②			
全体工程	12ヶ月	うち躯体	-
木質材料の調達計画		施工方法	
地場産木材にこだわり、町有林と国有林のカラマツの素材生産に始まり、構造用集成材のラミナ製作、その後秋田県大館市に送り、集成材に加工してもらった。 地場産カラマツ(躯体) ラミナ 540m <sup>3</sup> ⇒ 集成材 355m <sup>3</sup> シンボル柱はヒバ(国有林)	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
養生シートに包んで保管		-	

維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
2016(築後12年)	海と森ふれあい体験館 屋根	強風のため屋根が剥離した	屋根の修繕		

## D.耐久性分野

### (7) 笛吹市御坂支所庁舎

タイプ分類		施工情報①	
	種別	金額・数量	
建築年度	2004(平成16)年	床面積(m <sup>2</sup> )	591m <sup>2</sup>
防耐火	準耐火建築物	木材使用量(m <sup>3</sup> )	81m <sup>3</sup>
防耐火タイプ	-	建物の工事費(千円)	213,613千円
屋根形状	勾配屋根	単価(千円/m <sup>2</sup> )	361千円/m <sup>2</sup>

設計情報①					
外部に面する各部位詳細					
全体写真					
					
仕様	屋根	部位	層構成材	厚さ等	更新周期
		1	カラーガルバリウム鋼板	0.4	-
		2	アスファルトルーフィング940	-	-
		3	耐水合板	15	-
	外壁	1	杉羽目板(自然保護塗装)	12	-
		2	透湿防水シート	-	-
		3	火山性ガラス質複層材	12	-
	バルコニー	床			
		壁			
	軒天井	1	杉羽目板(自然保護塗装)	12	-
2		硬質セメント板	12	-	
外壁材の選定理由					



設計情報②			
通気・換気		複数部位の取合部	
仕様	部位	方法・仕様	 <p>棟付近に換気口(カバー)を設置している</p>
	小屋裏	棟付近から換気を行っている	
	軒天	-	
	外壁	外壁に室内換気口を設置している	
	床下	-	
外壁換気口	 <p>外壁には室内換気口を設けている(北側の壁面上部)</p>		 <p>木製のサッシを使用したため、網戸を室内側に設置せざるを得なかった</p>
	外壁基礎(南側)	 <p>西側はGLから基礎の立ち上がりが300あるが東側は立ち上がりがほとんど取れていない 外部の柱脚部・壁下端部が雨水の跳ね返りを受けやすい</p>	
独立柱(脚部)		 <p>入口部の底の独立柱の脚部は土間に直接設置しないで雨が掛からないよう金物をつけている</p>	



D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	2011	外壁	外壁塗装(含浸型塗料)	不明			


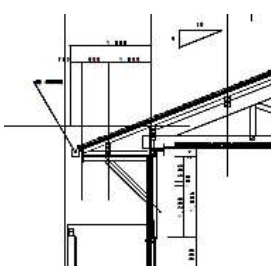
施工情報②			
全体工程	ヶ月	うち躯体	ヶ月
木質材料の調達計画		施工方法	
-	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		-	

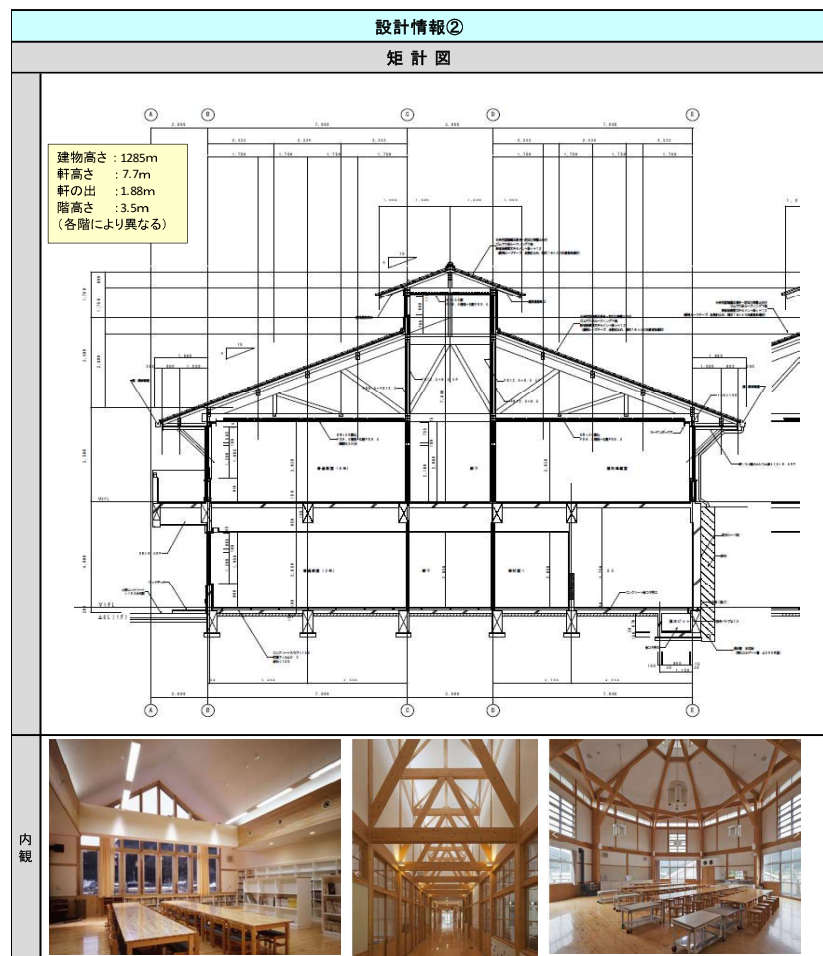
維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
2011(築後7年)	外壁(スギ羽目板T=12)	壁面羽目板全体の变色・材の痩せによる実部のはずれ	含浸型塗料の再塗装		
不明	入口自動ドア部	塗膜の剥れによる変褪色(既製品のため外壁の变色の仕方と異なる)	外壁と色違いの含浸型の塗料で再塗装		
不明	内部天井板(待合室)	防火処理剤からの白華	未処置(職員も白華に気づいていない)		
竣工時	音響	隣の話し声が遠くまで聞こえる(床と天井全面板張のため内部の音の反響が起きる)	未処置		



(8) 真庭市美柑（みかも）小学校

タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2006(平成18)年	床面積(m <sup>2</sup> )	2,346m <sup>2</sup>
防耐火	準耐火建築物	木材使用量(m <sup>3</sup> )	—
防耐火タイプ		建物工事費(千円)	—
屋根形状	勾配屋根	単価(千円/m <sup>2</sup> )	—

設計情報①					
外部に面する各部位詳細					
全体写真					
	<p>複数部位の取合部</p> 				
仕様	屋根	部位	層構成材	厚さ等	更新周期
		1	石州和型軸葉瓦	—	50
			2	ゴムアスファルトルーフィング	0.8
	3		野地板硬質木片セメント板	18	
	1	管色G L 鋼板	0.4	20	
		2	ゴムアスファルトルーフィング	0.8	
		3	野地板硬質木片セメント板	18	
	外壁	1	補修外装厚塗塗材	—	20
		2	コンクリート打放し	—	
		1	スギ羽目板張(横張)	15	20
2		木材保護塗装	—		
バルコニー	1	硬質木片セメント板	18		
	2	透湿・防水シート	—		
	3	木同縁下地	—		
基礎	床				
	壁				
軒天井	1	ケイ酸カルシウム板(AEP)	10		
外壁材の選定理由					



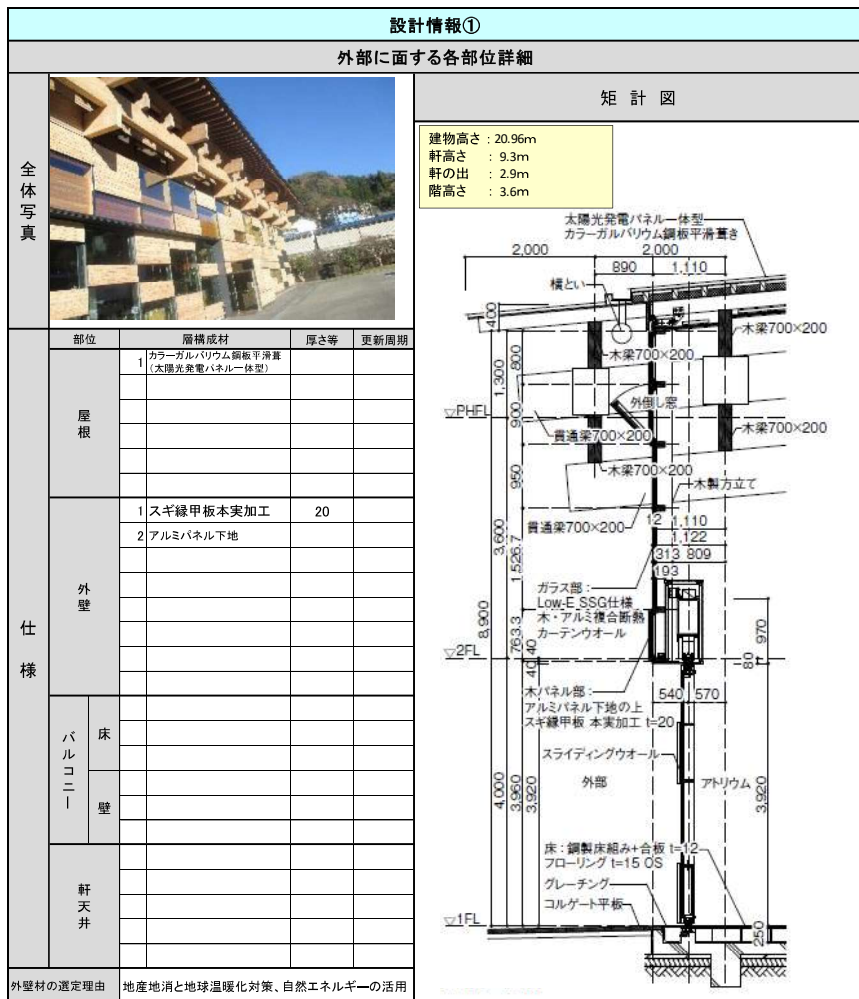
D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
			回答なし				

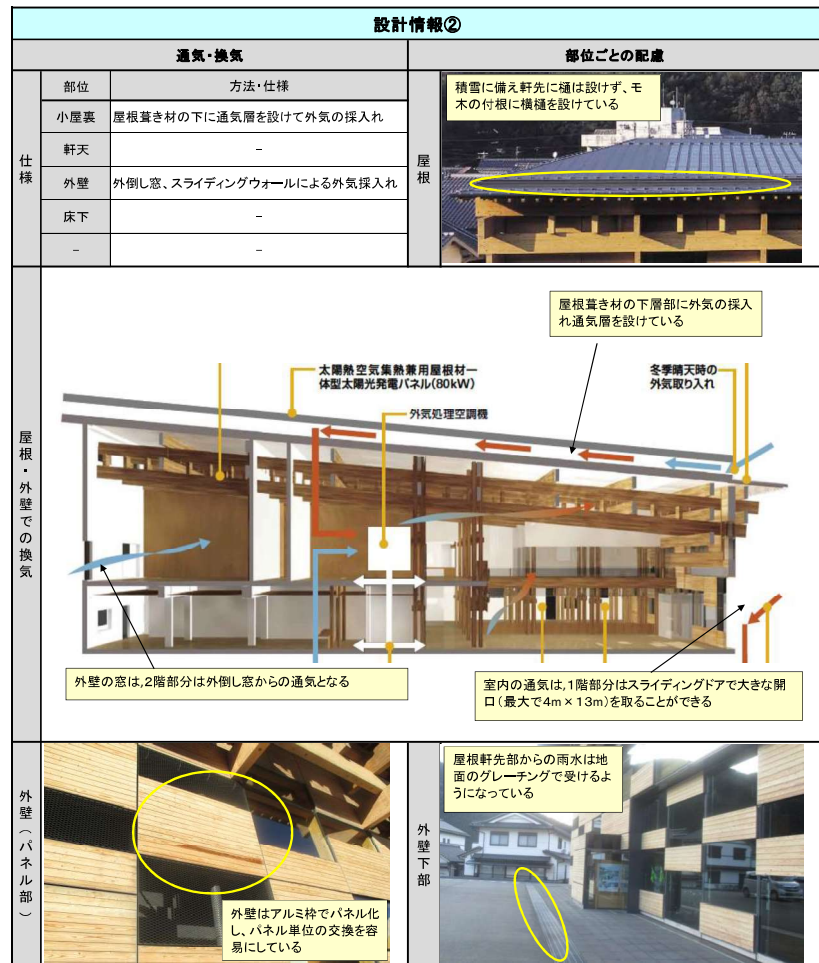
施工情報②			
全体工程	-	ヶ月	うち躯体
木質材料の調達計画		施工方法	
-	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		-	

維持管理情報②					
発生時期 (築後年)	部位・位置	不具合の 状況	修繕等への 対応	写真	
				遠景	近景
				回答なし	

(9) 橋原町総合庁舎





タイプ分類		施工情報①	
	種別	金額・数量	
建築年度	2006(平成18)年	床面積(m <sup>2</sup> )	2,545m <sup>2</sup>
防耐火	準耐火建築物	木材使用量(m <sup>3</sup> )	421m <sup>3</sup>
防耐火タイプ	-	建物工事費(千円)	1,187,502千円
屋根形状	勾配屋根	単価(千円/m <sup>2</sup> )	467千円/m <sup>2</sup>



D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	2013	外壁	外壁改修工事	3,623	-	-	-
	2014	屋根	屋根トップライト	248	-	-	-


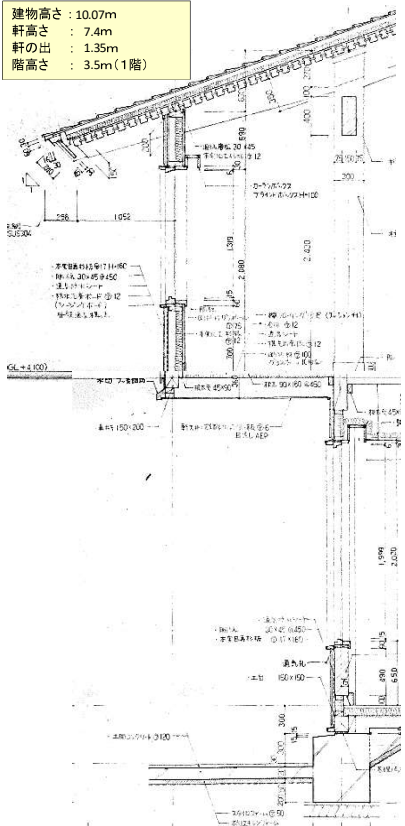
施工情報②			
全体工程	17ヶ月	うち躯体	ヶ月
木質材料の調達計画		施工方法	
-	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		-	

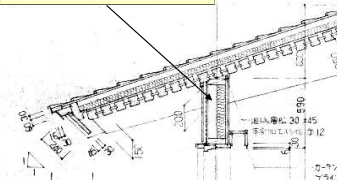
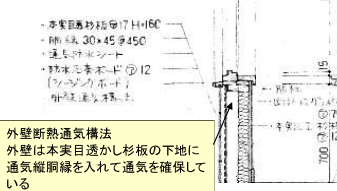
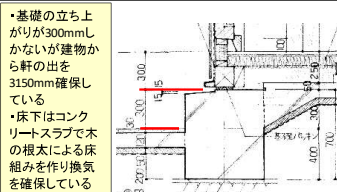
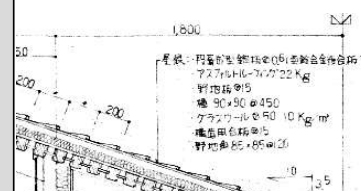
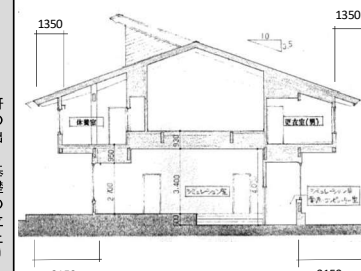
維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
2013(築後7年)	外壁木部パネル	木部表面の変褐色	痛んだ部材を交換・再塗装		
				<ul style="list-style-type: none"> <li>設計段階では、アルミ枠パネルごと取り外して修繕できることを意図していたが、実際には傷み具合にムラが出るので、1枚単位で交換・再塗装を現場で行った</li> <li>外壁の修繕は高額・長期になるため、修繕箇所がある程度まとまってから発注している</li> </ul>	

## D.耐久性分野

### (10) 林野庁森林技術研修所 林業機械化センター事務所棟

タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2006(平成18)年	床面積	485.72㎡
防耐火	準耐火建築物	木材使用量	-
防耐火タイプ	-	建物工事費	129,643,976円
屋根形状	勾配屋根	単価	266,910円/㎡

設計情報①					
外部に面する各部位詳細					
全体写真					
	<p>矩計図</p> <p>建物高さ：10.07m 軒高さ：7.4m 軒の出：1.35m 階高さ：3.5m(1階)</p> 				
仕様	屋根	部位	層構成材	厚さ等	更新周期
		1	段葺成型鋼板(亜鉛合金鍍金板)	0.6	
		2	アスファルトルーフィング	22kg	
		3	野地板	15	
		4	垂木	90	
		5	グラスウール(10kg/m <sup>3</sup> )	50	
		6	構造用合板	15	
	7	野地角	85		
	外壁	1	本実目通し杉板	17	
		2	胴縁	30	
3		通気防水シート	-		
4		防水石膏シーリングボード	-		
バルコニー	床				
	壁				
	軒天井				
外壁材の選定理由 国産材の需要拡大に向けたPRのため。					

設計情報②			
通気・換気		複数部位の取合部	
仕様	部位	方法・仕様	
	小屋裏	屋根換気(軒先・軒天部から棟へ換気)	
	外壁	外壁断熱通気構法	
	床下	基礎パッキンt=15	
居室	-		
軒先	<p>屋根換気(軒先部分)</p> <p>軒先から棟にかけて換気層を確保している</p> 		
	外壁	<p>外壁断熱通気構法</p> <p>外壁は本実目透かし杉板の下地に通気縦胴縁を入れて通気を確保している</p> 	
		基礎	<p>・基礎の立ち上がり高さが300mmしかないが建物から軒の出を3150mm確保している</p> <p>・床下はコンクリートスラブで木の根太による床組みを作り換気を確保している</p> 
屋根	<p>屋根換気</p> <p>野地板の下層グラスウール(t=50)と垂木(90×90)の隙間の層で屋根換気を確保している</p> 		
	<p>軒の出・基礎の立上り</p>  <p>2階部分を張り出すことにより、軒の出が確保され、1階の外壁への雨かかりと、基礎高を抑制することができる(妻側の底の出は1500mm)</p>		

D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	2007	外壁	再塗装	-	944	m <sup>2</sup>	2ヶ月
	2020	外壁	再塗装	4,950	994	m <sup>2</sup>	4ヶ月


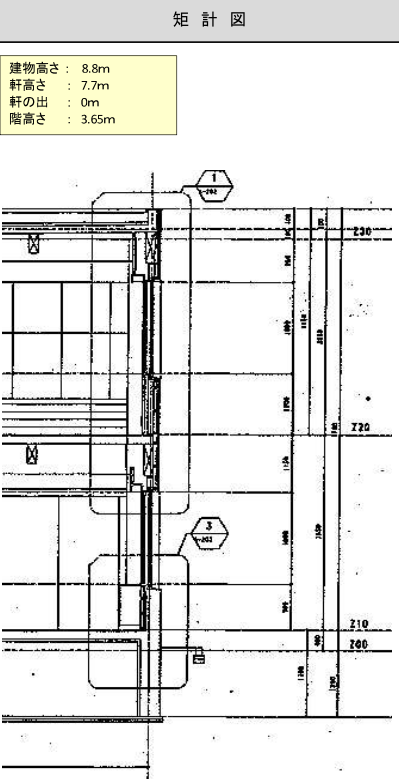
施工情報②			
全体工程	6ヶ月	うち躯体	ヶ月
木質材料の調達計画		施工方法	
-	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		-	

維持管理情報②					
発生時期 (築後年)	部位・位置	不具合の 状況	修繕等への 対応	写真	
				遠景	近景
				回答なし	

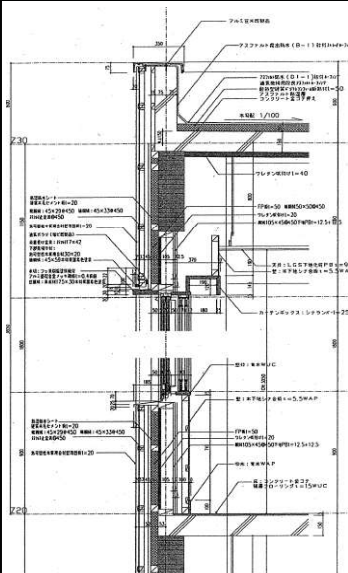
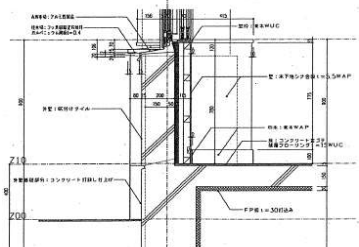




D.耐久性分野

(11) 北海島登別明日（あけび）中等教育学校

設計情報①					
外部に面する各部位詳細					
全体写真			<p>矩計図</p> <p>建物高さ：8.8m 軒高さ：7.7m 軒の出：0m 階高さ：3.65m</p> 		
	仕様	部位	層構成材	厚さ等	更新周期
屋根		1	アスファルト防水(D1-1) 砂付ルーフィング	-	
		2	通気絶縁用改良アスファルトルーフィング	-	
		3	耐熱硬質ポリウレタンフォーム断熱材	50	
		4	アスファルト防湿層	-	
		5	コンクリート金ゴテ押え	-	
外壁		1	熱可塑性木質複合材羽目板	20	
		2	ステンレス製止金物	-	
		3	鋼線45×45	45	
		4	防湿防水シート	-	
	5	木下地	-		
バルコニー	床				
	壁				
軒天井					
外壁材の選定理由					

タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2007(平成19)年	床面積	5,749㎡ (うち木造4,078㎡)
防火	準耐火建築物	木材使用量	-
防火タイプ	-	建物工事費	1,019,633,500円 (うち木造748,418,500円)
屋根形状	陸屋根	単価	177,358円/㎡ (うち木造183,525円/㎡)

設計情報②		
仕様	通気・換気	
	部位	方法・仕様
	小屋裏	-
	外壁	通気ガラリ 塩ビ製 t=20
	床下	-
居室	-	
a 部詳細図	 <p>スラブはRC 熱可塑性木質複合材は 雨水を吸うとやわらかくなる 可能性がある材料</p>	
	 <p>GLより窓下まで900はRCに吹付 タイル</p>	
内部		
校舎外観		

D.耐久性分野

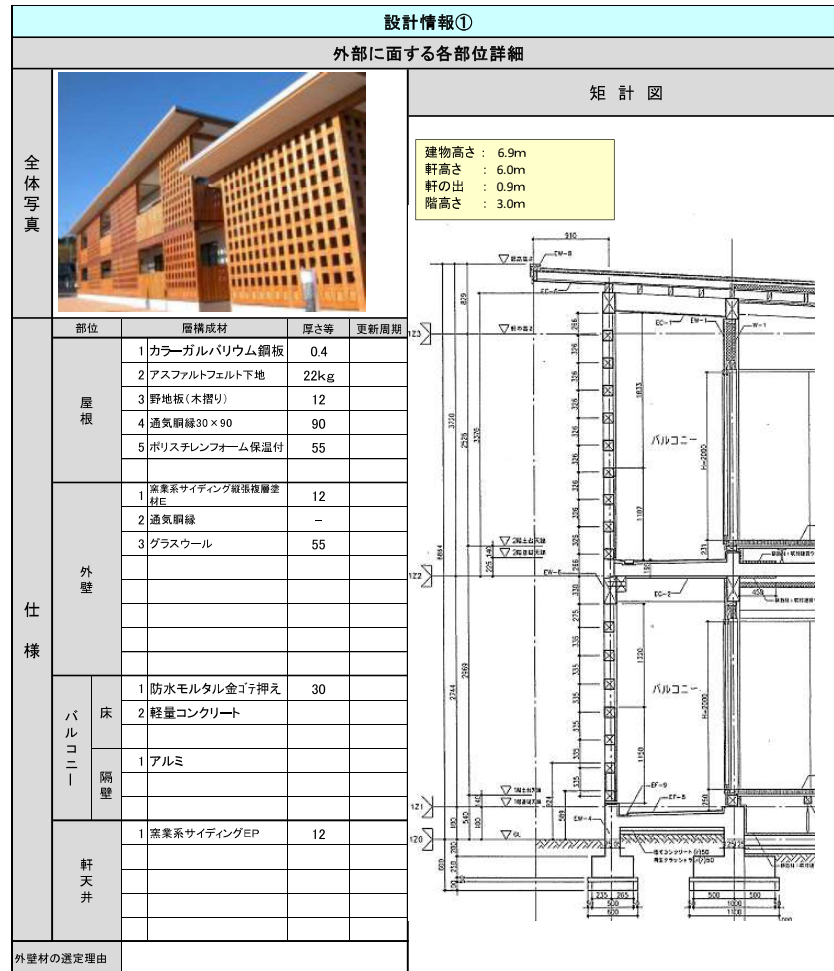
維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
			改修・修繕等の履歴なし				

施工情報②			
全体工程	ヶ月	うち躯体	
木質材料の調達計画		施工方法	
産地証明を受けた北海道産カラマツ集成材を構造材に、造作材にはエゾマツやトドマツを用いている。外装材やデッキには間伐材と牧草ロール由来の廃プラスチックから製造された熱可塑性木質複合材(カムイウッド)を用いている。	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		-	

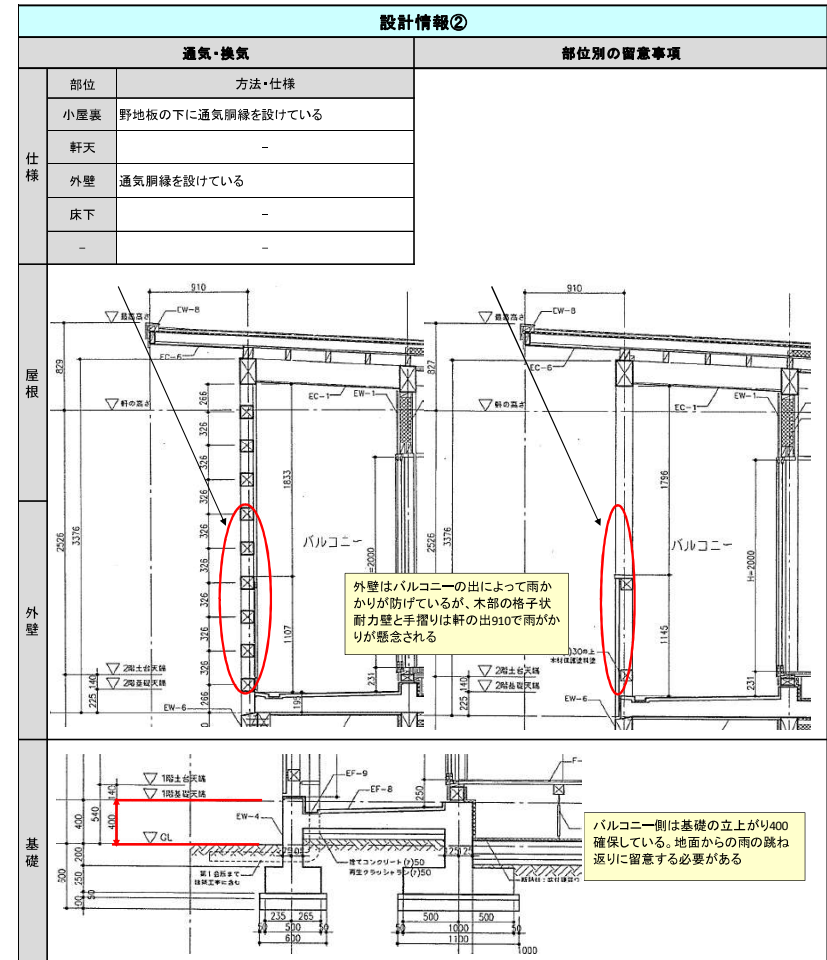
維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
				不具合等の報告は特になし	

## D.耐久性分野

### (12) 美祿・来福台県営住宅（1～10号棟）



タイプ分類		施工情報①	
種別	金額・数量	種別	金額・数量
建築年度	2007(平成19)年	床面積(m <sup>2</sup> )	6,322m <sup>2</sup>
防火	準耐火建築物	木材使用量(m <sup>3</sup> )	1,304m <sup>3</sup>
防火タイプ	-	建物工事費(千円)	1,063,737千円
屋根形状	勾配屋根	単価(千円/m <sup>2</sup> )	168千円/m <sup>2</sup>



D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	2011	外壁	外壁塗装(1~3号棟)	6,070			3ヶ月
	2012	外壁	外壁塗装(4~5号棟)	6,341			2ヵ月
	2015	外壁	外壁塗装(6~7号棟)	5,551			2ヵ月
	2016	外壁	外壁塗装(8~9号棟)	5,767			2ヵ月
	2019	外壁	外壁塗装(10号棟)	6,312			2ヵ月

施工情報②			
全体工程	全体10棟55ヶ月(10~12ヶ月/棟)	うち躯体	ヶ月
木質材料の調達計画		施工方法	
-	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		-	

維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
				回答なし	

(13) 市営花池団地

設計情報①				
外部に面する各部位詳細				
全体写真	<p>建物高さ：20.96m 軒高さ：7.32m 軒の出：0.9m(バルコニーより) 階高さ：3.11m(1階)</p>			
	部位	層構成材	厚さ等	更新周期
仕様	屋根	1 ガルバリウム鋼板(積層葺)	0.4	
		2 アスファルトルーフィング940		
		3 インシュレーションボード	9	
		4 野地板	12	
		5		
	外壁	1 杉羽目板(木材保護着色剤塗装)	12	
		2 透湿シート		
		3 グラスウール	100	
		<妻側のみ>		
		防火サイディング板(吹付けタイル)	12	
バルコニー	床			
軒天井	1 ケイカル板(AEP塗装)	6		
	2 軒天地下			
外壁材の選定理由 地域(地元産)材の活用のため				



タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2008(平成20)年	床面積	540.20㎡×2棟
防耐火	準耐火建築物	木材使用量	173.9726m <sup>3</sup>
防耐火タイプ	—	建物工事費	289.342千円
屋根形状	勾配屋根	単価	268千円/㎡

設計情報②		
通気・換気		複数部位の取合部
部位	方法・仕様	<p>木の柱・梁が現わしており、変形等による隙に対応するため外壁の羽目板との取り合いに見切り縁を入れている</p>
小屋裏	アルミフード付き換気ガラリ250φ(アミ付き)	
外壁	—	
床下	ステンレス換気ガラリ150φ(アミ付き)	
居室	自然給気口 差圧式150φ	
仕様		
小屋裏換気口		<p>バルコニー1.800幅</p> <p>スラブはRCと一体でバルコニーの床を構成し、手すりはアルミ製</p>
床下換気口		<p>基礎が850立ち上がっているが、基礎に木の柱がそのまま設置 水が溜まらない、切れるディテールとすることが必要</p>
基礎		

D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	2013年	外壁	外壁塗装工事	840	181	m	2ヶ月

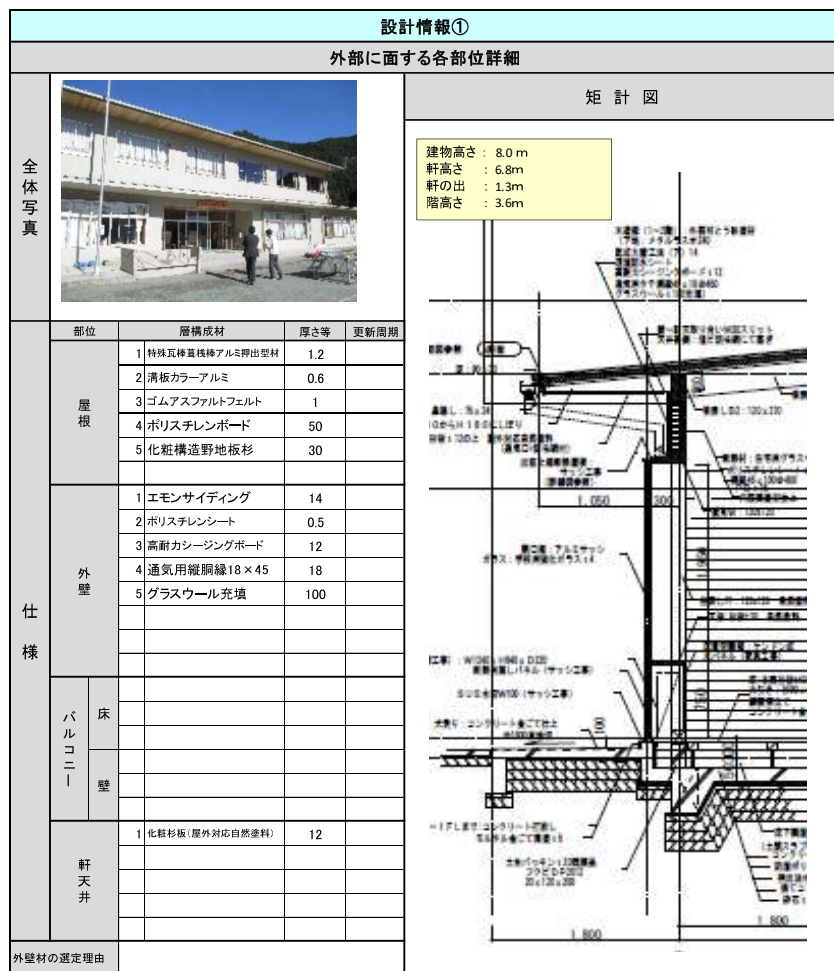
施工情報②			
全体工程	7ヶ月	うち躯体	-
木質材料の調達計画		施工方法	
地域材(東濃ヒノキ)を活用し、主要構造部材には集成材を活用したRH構法(鉄筋拘束結合による木質ラーメン構造)を採用	仮設	くさび緊結足場 ネット養生(垂直、メッシュシート)	
	揚重機の利用	回答なし	
	組立方法	回答なし	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
回答なし		回答なし	

維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
5年(2013年)	外壁羽目板、梁、柱	経年劣化による塗装の剥がれ等	外壁塗装(木材保護塗料2回塗り)		
5年目で外壁塗装を実施 管理者は、不具合と考えている					

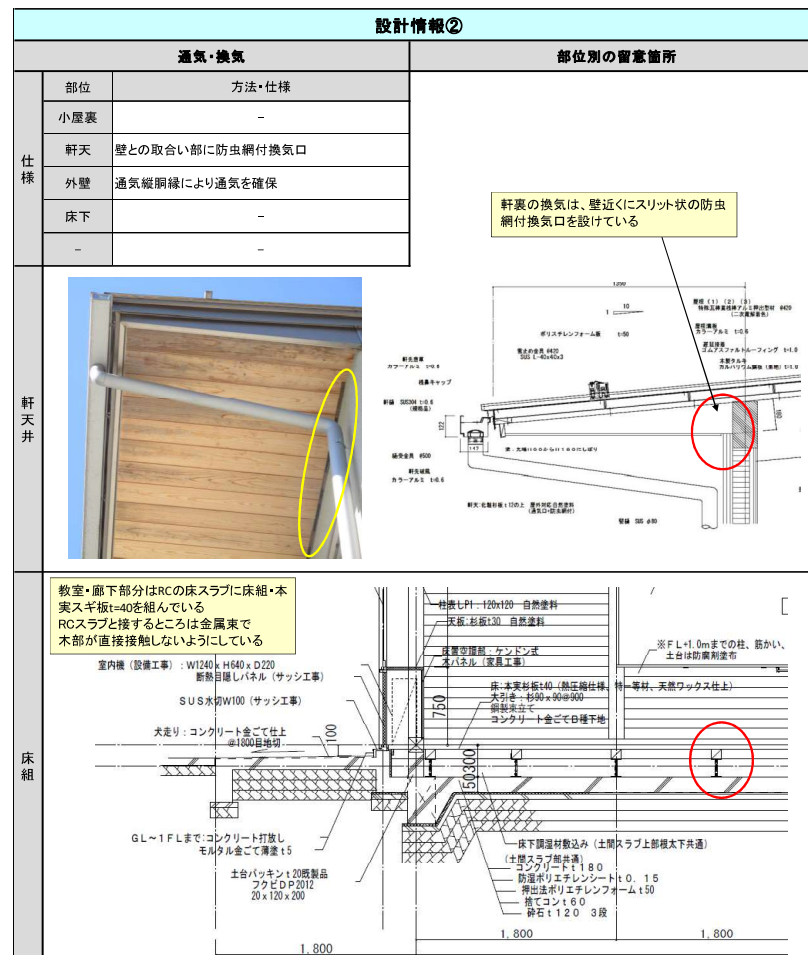


D.耐久性分野

(14) 飯能市立名栗小学校







タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2009(平成21)年	床面積(m <sup>2</sup> )	1,859m <sup>2</sup>
防耐火	準耐火建築物	木材使用量(m <sup>3</sup> )	120m <sup>3</sup>
防耐火タイプ	-	建物工事費(千円)	465,253千円
屋根形状	勾配屋根	単価(千円/m <sup>2</sup> )	250千円/m <sup>2</sup>



D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
			回答なし				

施工情報②			
全体工程	ケ月	うち躯体	ケ月
木質材料の調達計画		施工方法	
-	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		-	

維持管理情報②					
発生時期 (築後年)	部位・位置	不具合の 状況	修繕等への 対応	写真	
				遠景	近景
不明	軒天井	羽目板の収縮により実が外れた	ビス止めによって固定		
不明	内部床 (教室)	床材の節が抜けた	埋木により対応		

# D.耐久性分野

## (15) 住田町役場庁舎

タイプ分類		施工情報①	
	種別		金額・数量
建築年度	2014(平成26)年	床面積(m <sup>2</sup> )	2,883m <sup>2</sup>
耐火	準耐火建築物	木材使用量(m <sup>3</sup> )	794m <sup>3</sup>
耐火タイプ	-	建物工事費(千円)	1,190,214千円
屋根形状	勾配屋根	単価(千円/m <sup>2</sup> )	413千円/m <sup>2</sup>

### 設計情報①

#### 外部に面する各部位詳細

**全体写真**

**矩計図**

建物高さ：10.63m  
軒高さ：9.83m  
軒の出：3.64m  
階高さ：3.85m

部位	層構成材	厚さ等	更新周期
屋根	1 ガルバリウム鋼板	0.4	
	2 改質アスファルトルーフィング	1	
	3 高圧木毛セメント板	20	
	4 通気垂木18×45	18	
	5 透湿防水シート	-	
	6 フェノールフォーム保温	80	
外壁(西・南面)	7 野地板(構造用合板)	30	
	1 スギ羽目板(木材浸透性塗料)	15	
	2 通気胴縁18×45	18	
	3 モルタル	15	
	4 木毛セメント板	15	
	5 通気胴縁18×45	18	
外壁(東・北面)	6 透湿防水シート	-	
	7 構造用合板	12	
	1 弾性アクリル樹脂系仕上塗材		
	2 木質系繊維混入セメントケイカル板	14	
	3 通気胴縁18×45	18	
軒天井	4 透湿防水シート	-	
	5 構造用合板	12	

外壁材の選定理由

### 設計情報②

**通気・換気**

部位	方法・仕様
小屋裏	通気垂木(18×45@455)を設けている
軒天	軒礎付近に融雪用ヒーターを設置している
外壁	通気胴縁(18×45@455)を設置している
床下	-
-	-

**複数部位の取合部**

小屋組には通気垂木を設置している

外壁(東面・北面)：  
弾性アクリル樹脂系仕上塗材  
木質系繊維混入セメントケイカル  
通気胴縁 18x45 @455  
透湿防水シート  
構造用合板 t12  
(45分準耐火構造：  
国土交通省認定番号QF045BE-9226)

消火ポンプ室

東面の壁はアクリル樹脂系の仕上とラチス壁で構成。通気胴縁を設置している

**仕様**

・妻側のトラス梁は上向き面には金属の笠木が施されているが、垂直材にはないため、雨がかりが予想される5本の独立柱の脚部には3.6mの軒の出があるが、雨がかりが予想される

・外部木部の塗装  
スギのよろい壁(ささらこ下見板貼)をはじめとする外部木部には含浸型塗料を使い、木目を生かし、つやが出ないように配慮

軒の出を3.6mと大きくとり、足元の立上りを900mmとって、外壁への雨がかりを緩和している

よろい壁はスギの下見板とラチス壁で構成。通気胴縁を設置している

外壁(東面)

外壁(東面)

D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	2016	外壁	外壁全面塗装(含浸型塗料)	7,992			
			修繕というより、予防保全の考え方を実施したもので、 <b>築後2年で外部木部の最初の再塗装</b> を行うことで、今後の木部の傷みが進行する前に良好な状態を保ちつつ、トータルでコスト削減に繋げるという意図がある。				

施工情報②			
全体工程	13ヶ月	うち躯体	-
木質材料の調達計画		施工方法	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域産材の使用および地域の職人による施工としたため、木材調達、修繕、維持管理への対応の迅速化を図ることができた。</li> <li>・使用する木材は、町内の生産ラインで製造可能な断面寸法、長さに配慮した。</li> <li>・ラチス梁を構成するカラマツの集成材の多くは製作もプレカットも町内の工場ですぐ手掛けた。</li> <li>・既成の接合金物を使用することにより、修繕の容易さ、コストの低減に配慮した。</li> </ul>	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	各部材は人力で運び、現場で地組みしてから重機で据え付けた	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
<p>カラマツの集成材で組んだトラス梁を重機で持ち上げ組み立てる。</p> 		<p>地元施工会社との修繕を見据えたメンテナンス体制を確保した。</p>	

維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
				実施なし	

D.耐久性分野


(16) 京都木材会館

タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2016(平成28)年	床面積	754㎡
耐火	耐火建築物	木材使用量	-
耐火タイプ	-	建物工事費	215,530千円
屋根形状	勾配屋根	単価	286千円/㎡

**設計情報①**

外部に面する各部位詳細

全体写真



矩計図

建物高さ : 13.73 m  
軒高さ : 12.5m  
軒の出 : 1.55m  
階高さ : 3.05m(各階で異なる)

部位	層構成材	厚さ等	更新周期
屋根	1 カラーガルバリウム鋼板	0.4	
	2 ゴムアスファルトルーフィング	22kg	
	3 耐水合板	12	
	4 垂木45×120	120	
外壁	1 窯業系サイディング	16	
	2 通気胴縁	15	
	3 透湿防水シート	-	
	4 強化PB	21	
バルコニー	床		
	壁		
軒天井			

外壁材の選定理由

**設計情報②**

通気・換気

部位	方法・仕様
小屋裏	軒天に換気口設置
外壁	通気管15m
軒天	最上階の軒天に換気口を設けている
床下	-
-	-

複数部位の取合部

仕様

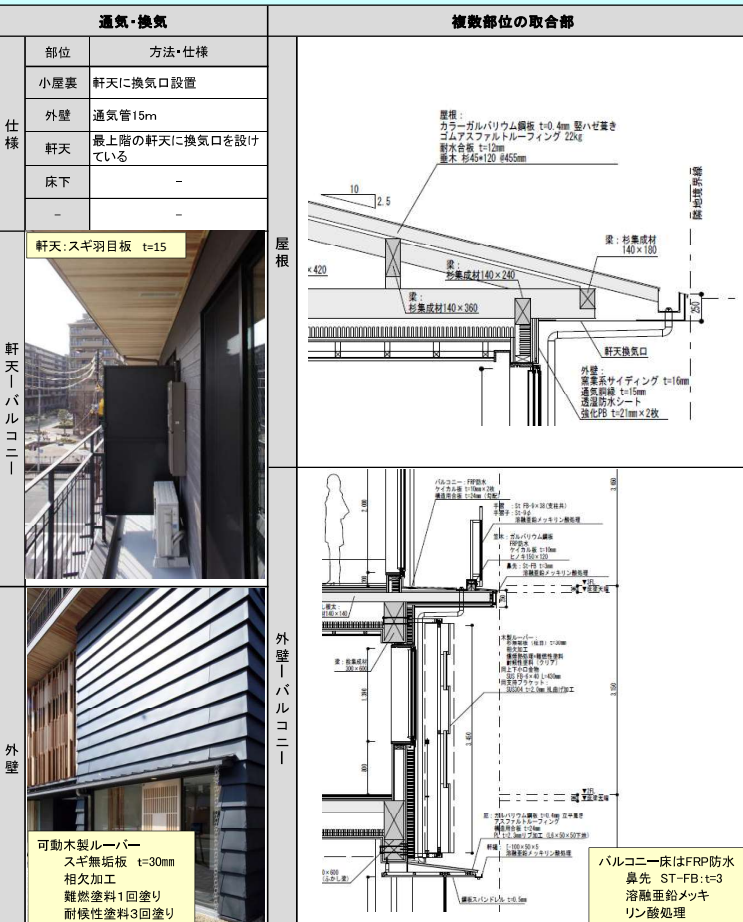
軒天：スギ羽目板 t=15

屋根

外壁

可動木製ルーバー  
スギ無垢板 t=30mm  
相欠加工  
難燃塗料1回塗り  
耐候性塗料3回塗り

バルコニー床はFRP防水  
鼻先 ST-FB:t=3  
溶融垂鉛メッキ  
リン酸処理



D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
			回答なし				
			築後浅いため実施なしと想定される				

施工情報②			
全体工程	7ヶ月	うち躯体	-
木質材料の調達計画		施工方法	
-	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		-	

維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
				回答なし 築後浅いため実施なしと想定される	



D.耐久性分野


(17) シェルター本社

タイプ分類		施工情報①	
	種別	金額・数量	
建築年度	1997(平成9)年	延べ床面積	1495.37m <sup>2</sup>
防耐火	準耐火建築物	木材使用量	-
防耐火タイプ	準耐火(60分)燃え代45mm	建物工事費	221,200千円
屋根形状	陸屋根	単価	148千円/m <sup>2</sup>

**設計情報①**

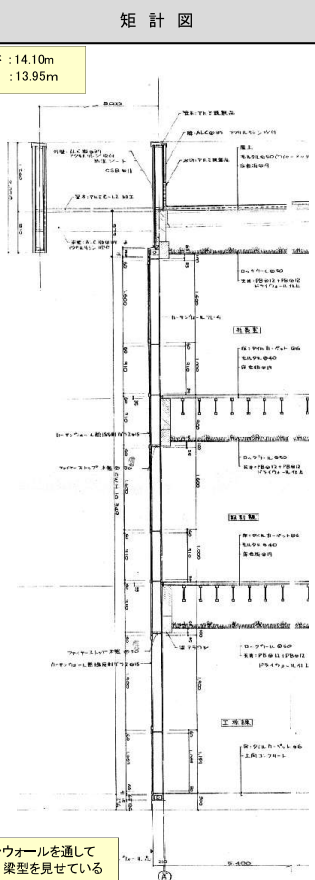
外部に面する各部位詳細

全体写真



矩計図

建物高さ : 14.10m  
軒高さ : 13.95m



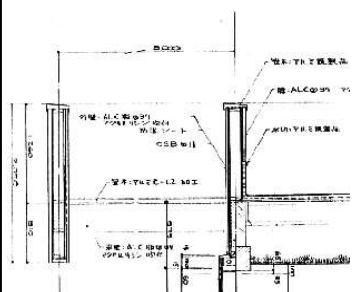
カーテンウォールを通して木の柱・梁型を見せている

部位	層構成材	厚さ等	更新周期
屋根	1 シート防水		
	2 モルタル(ワイヤーメッシュ)	50	
	3 床合板	19	
外壁	1 アクリルリシン吹付け		
	2 ALC板	37	
	3 防湿シート	-	
	4 OSB(構造用パネル)	11	
	<カーテンウォール>		
	1 熱戦反射ガラス		
バルコニー	床		
	壁		
軒天井			

外壁材の選定理由

**設計情報②**

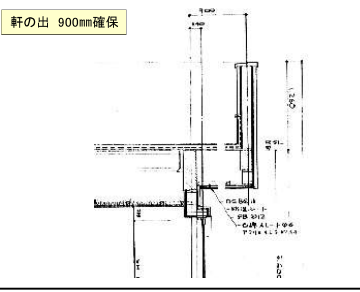
通気・換気 なし



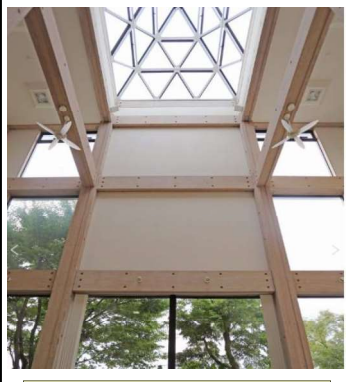
片持梁で外壁を支える  
梁の笠木 アルミプレート t=1.2  
梁壁 ALC版 t=37  
アクリルリシン吹付

複数部位の取合部

軒の出 900mm確保

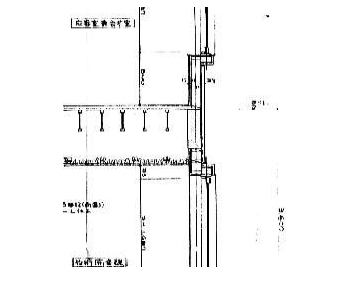


屋根



トップライトをバラベツ分 立ち上げて設置

外壁



基礎  
床下 デイテル不明  
GLからの立上り 300mm

内部

外壁・基礎

D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	平成23年度	屋上笠木	笠木の防水と外壁の塗装	5,932			平成23年9月～10月
		および外壁					

施工情報②			
全体工程	4ヶ月	うち躯体	-
木質材料の調達計画		施工方法	
-	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		-	

維持管理情報②					
発生時期 (築後年)	部位・位置	不具合の 状況	修繕等への 対応	写真	
				遠景	近景
				回答なし	

D.耐久性分野


(18) 宮代町庁舎

タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2004(平成16)年	床面積	4,242㎡
防耐火	準耐火建築物	木材使用量	554m <sup>3</sup>
防耐火タイプ	軸組45分準耐火構造	建物工事費	1,305,000千円
屋根形状	勾配屋根(寄棟)	単価	308千円/㎡

**設計情報①**

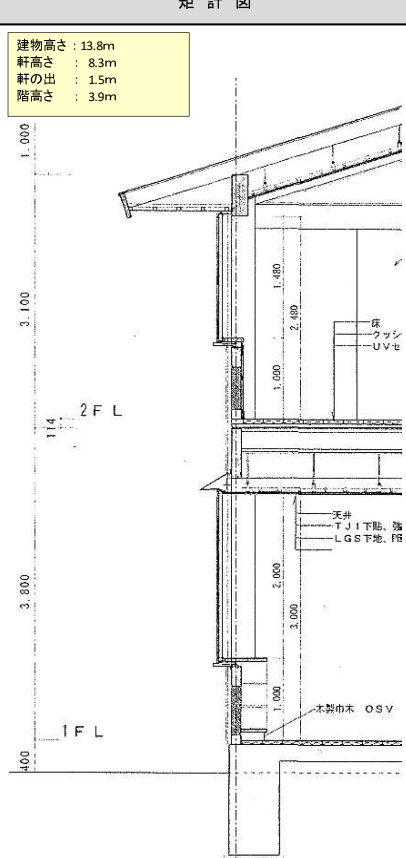
外部に面する各部位詳細

全体写真



矩計図

建物高さ : 13.8m  
 軒高さ : 8.3m  
 軒の出 : 1.5m  
 階高さ : 3.9m



部位	層構成材	厚さ等	更新周期
屋根	1 カラーステンレス	0.45	
	2 アスファルトルーフィング	22kg	
	3 構造用合板	12	
	4 垂木38×140	-	
外壁	1 珪藻土入りセメント	-	
	2 デラクリートセメントボード	12.5	
	3 胴縁	-	
	4 透湿防水シート	-	
	5 構造用合板	9	
バルコニー	1 FRP防水	-	
	2 不燃パネル	12	
	3 構造用合板	12	
軒天井	1 珪酸カルシウム板EP塗	11	20
	2 LGS下地		

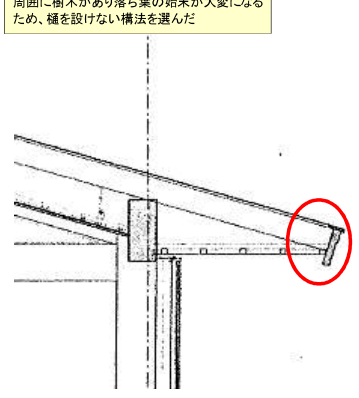
外壁材の選定理由: メンテナンスがあまり必要ない珪藻土を選定

**設計情報②**

通気・換気


部位	方法・仕様
小屋裏	竣工後、棟付近から通気口を確保(結露が発生した為)
外壁	縦胴縁
床下	-
居室	-
-	-

複数部位の取合部




周囲に樹木があり落ち葉の始末が大変になるため、種を設けない構法を選んだ

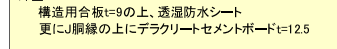
外壁



北面外壁はメンテナンスがあまり必要ない珪藻土を使用している




南面外壁は吹抜けのホールがあるため、採光を確保しつつメンテナンスがあまり必要ないガラスのテンウォールを使用している。



外壁  
構造用合板t=9の上、透湿防水シート更にJ胴縁の上にデラクリートセメントボードt=12.5

外構(軒樋を設けない構法)



軒下の砂利を敷いた溝で跳ね返りを防ぎ、雨水を集めて、中水としてトイレの流水に利用している

D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
	2006	庇天井	防水改修工事(白華対策)	-	-	-	-
	2011	雨樋(西側)	雨どい工事	134	-	-	-
	2011	床	磁器タイル修繕工事(1F)	388	-	-	-
	2011	屋根・庇	屋根・庇防水工事	261	-	-	-
	2012	小屋裏	結露対策工事(教育委)通気口確保	261	-	-	-
	2015	排煙窓	排煙窓修繕工事	486	-	-	-
	2016	屋上	防水改修工事	5,162	173	m <sup>2</sup>	3ヶ月
	2017	庇天井	防水改修工事(白華対策)	4,050	6	箇所	約2ヶ月

施工情報②			
全体工程	11ヶ月	うち躯体	3ヶ月
木質材料の調達計画		施工方法	
柱は秩父地方の杉を使用している。また、梁は強度確保のため、唐松を使用しており、産地は主に岩手県産である。	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		-	

維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
2006(築後2年) 2017(築後13年)	玄関部庇の軒裏天井(6箇所)	防火処理した板材が乾湿を繰り返すことによる「白華」が発生し、膜状に剥がれ垂れ下がっている	剥がれ落ちてきた塗膜を取り除いたが、再度白華が発生している		
2012(築後8年)	小屋裏	小屋裏で結露が発生した(6月頃)	棟付近に通気口を開け自然通気を確保	-	-

D.耐久性分野


(19) 足寄町役場

タイプ分類		施工情報①	
種別		金額・数量	
建築年度	2006(平成18)年	床面積	3508.44㎡
防耐火	準耐火建築物	木材使用量	303㎡
防耐火タイプ	-	建物工事費	1,030,050千円
屋根形状	勾配屋根	単価	294千円/㎡

**設計情報①**

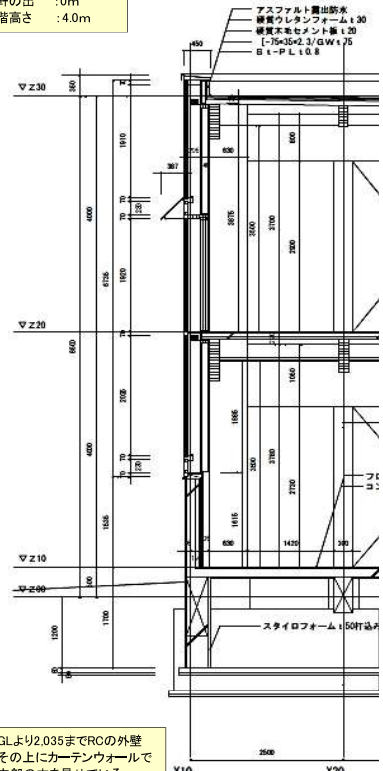
**外部に面する各部位詳細**

全体写真



矩 計 図

建物高さ : 8.85m  
 軒高さ : 8.50m  
 軒の出 : 0m  
 階高さ : 4.0m



アスファルト露出防水  
 硬質ウレタンフォーム t:30  
 硬質木モセメント板 t:20  
 [-75:30x2/3/GW+1.75  
 B t-PL t:0.8

部位	屋根構成材	厚さ等	更新周期
屋根	1 アスファルト露出防水	-	
	2 硬質ウレタンフォーム	30	
	3 硬質木モセメント板	20	
外壁	1 ガルバサイディング	25	
	2 縦鋼線	18	
	3 横鋼線	18	
	4 タイベック	-	
	5 間柱	120	
	6 スタイロフォーム	50	
	7 ウレタン吹付け	30	
バルコニー	床		
	壁		
軒天井			

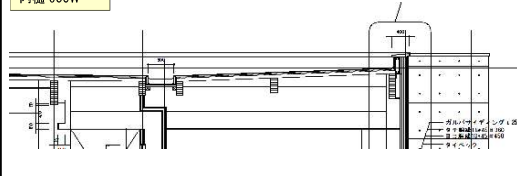
外壁材の選定理由

GLより2.035までRCの外壁  
 その上にカーテンウォールで  
 内部の木を見せている

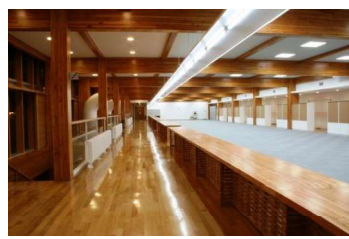
**設計情報②**

**通気・換気** **複数部位の取合部**


仕様	部位	方法・仕様	内樋 600W
	小屋裏	なし	
外壁	縦鋼線による換気通路を確保		
床下	外気を床下ピットに取り込み、地熱利用し居室空間に送風する換気システム		




2階執務室



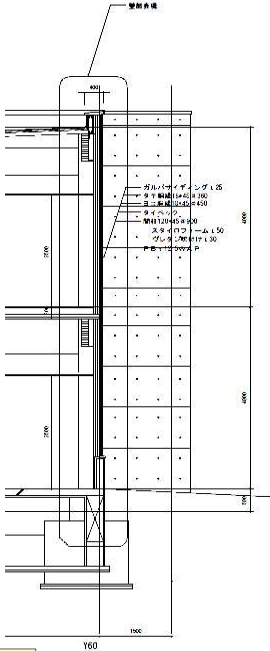
1階執務室



議場



サイディング側外壁



1FLはGL+500

D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
			実施なし				

施工情報②			
全体工程	15ヶ月	うち躯体	8ヶ月
木質材料の調達計画		施工方法	
<p>構造を大断面カラマツ集成材で計画したことから、町有林カラマツ材を伐採し、町内の製材工場にてラミナ材まで加工し、北海道北見市留辺蘆町の集成材工場にて制作、一部を岩手県にて制作した。</p> <p>集成材の工場を遠隔地で分散させる場合は工程計画が複雑になるため注意を要する</p>	仮設	建て方の期間中、木材置場には TENT を設置し、雨掛かりを防止した。 木材接合部には接着剤が固まるまでの養生が発生するため、構造材接合部にはすべて足場が必要。	
	揚重機の利用	現場の雨がかり対策で仮設テントが不要になることもある 不明	
	組立方法	三井住商建材 HR 工法による組立。 鉄筋と接着剤による接合	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
<p>工場にて、撥水剤処理。日焼け跡が残るため現場養生なし</p> <p>仕上材を現場で養生する場合は日焼けムラを最小限にする必要がある。</p>		<p>三井住商建材 HR 工法による専門工事。 その他の下地材等は地元大工による施工</p>	

維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
				実施なし	





D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
			回答なし				

施工情報②			
全体工程	14か月	うち躯体	-
木質材料の調達計画		施工方法	
<ul style="list-style-type: none"> <li>●ハイブリッド材について</li> <li>・鉄骨被覆材とカーテンウォールのマリオンともカラマツ。色が異なるのは、メーカーが違うからと考えられる。</li> <li>・認定を受けているのが300H鋼の600角サイズの柱。1階のSRC部の柱を同じサイズで合せている。</li> <li>・ハイブリッド材の木と鉄骨は接着していない。2mmのクリアランスがある。</li> <li>・柱脚部分は水勾配を取るのに合わせスラブに普通モルタルで擦り付けておりOフロアで最終的には隠れる。</li> <li>・天場はそのまま木材の断面が見えている状態。</li> <li>・業後9年経過の時点では、ハイブリッド材については問題ない。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>●施工について</li> <li>・西側ハイブリッド柱は、2～5階までの約14mをガセットだけ出ている状態で1本で建て付け、その後スラブを付けている。ワイヤーで仮おさえして建てている。</li> <li>・2階のSRC床に柱を取り付けてから2つに割った集成材をはめて仕上げる。</li> <li>・通常のSRCの工期で余裕のある工期設定がされていた。接合部を除いては工場で木を付けてからくるため、木の養生と足元の柱脚部の木を撤める作業が+αとなる程度。</li> <li>・ハイブリッド材の製作は早めに発注できれば現場の工期とはリンクしない。地業の間に決めた。</li> <li>・設計の段階から齊藤木材が入っている。</li> <li>・木の近くでの溶接について齊藤木材からの温度管理等の指導は特に無し。</li> </ul>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">                     ハイブリッド材は早めの調達手配を行うことで工期に影響しない                 </div>			
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
<ul style="list-style-type: none"> <li>●養生について</li> <li>・木は1年間呼吸をするため養生シートをぐるぐる巻きにするとシミが出てきてしまう。</li> <li>・簡易な防塵シートで巻いて天場は何も無しで空気が抜ける状態にしている。</li> </ul>		施工: 鹿島建設・名工建設JV ハイブリッド材は齊藤木材・マリオンはニュースト	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">                     木材の養生は防塵シートような通気が確保できるシートが望ましい                 </div>			

維持管理情報②					
発生時期(業後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
				回答なし	



D.耐久性分野

維持管理情報①								
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間	
	2010	外部上向き木部	金属笠木の取付け(手すり、フレーム)					
	2015	木製デッキ	交換(キシラデコール・撥水材を塗布)					
	2015	外部木部	高圧洗浄の後、キシラデコール・撥水剤を再塗装)					
	ヒアリングによる情報							

施工情報②			
全体工程	19ヶ月	うち躯体	ヶ月
木質材料の調達計画		施工方法	
-	仮設	-	
	揚重機の利用	-	
	組立方法	-	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
-		-	

維持管理情報②					
発生時期(築後年)	部位・位置	不具合の状況	修繕等への対応	写真	
				遠景	近景
2010 (築後1年)	上向き木部	雨水の汚れが筋状に多数発生	上向き面全体に金属製笠木を取り付けた(デッキ床面以外)		
2015 (築後6年)	7階木製デッキ(ヒノキ120×30)	上向き面への直接雨掛かりによる経年劣化(一部割れ)	6年で交換した(防蟻処理)		
2015 (築後6年)	外壁木部全体	雨掛かりと紫外線による変褐色	高圧洗浄を実施した後、含浸型塗料(キシラデコール)を再塗装した		
				特に雨がかかる上向き面は早めの対策が必要になる	



D.耐久性分野


(22) 国見町庁舎

タイプ分類		施工情報①	
種別	金額・数量	種別	金額・数量
建築年度	2014(平成26)年	床面積	4,833.39㎡
防耐火	耐火建築物	木材使用量	約180m <sup>3</sup>
防耐火タイプ	木質ハイブリッド	建物工事費(千円)	2,046,910千円
屋根形状	陸屋根	単価(千円)	423千円/㎡

**設計情報①**

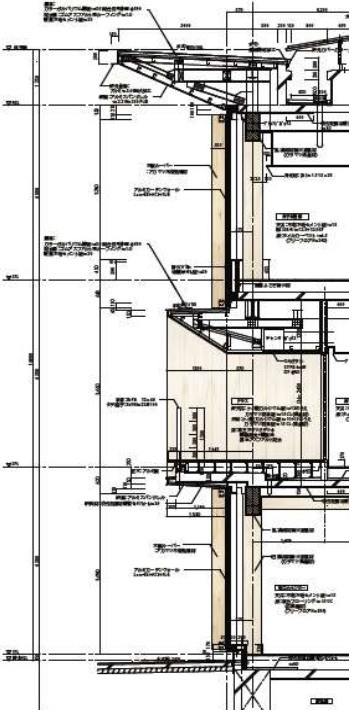
外部に面する各部位詳細

全体写真



矩計図

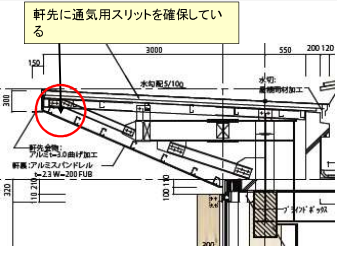
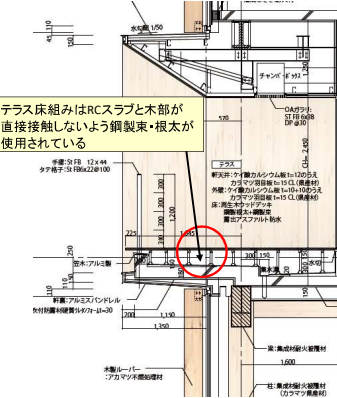
建物高さ: 14.0m  
軒高さ: -  
軒の出: 3.0m  
階高さ: 4.3m



部位	層構成材	厚さ等	更新周期
屋根	1 シート防水(S-F2)		
	2 ALCパネル	75	
外壁	1 アルミカーテンウォールLow-eペアガラス		
	2 木製ルーバー(アカマツ)	80	
バルコニー	1 再生ウッドデッキ		
	2 鋼製根木+鋼製束		
壁	1 露出アスファルト防水		
	2 ケイ酸カルシウム板CL	10+10	
軒天井	1 ケイ酸カルシウム板CL	10+10	
	2 カラマツ羽目板	15	

外壁材の選定理由

**設計情報②**

通気・換気		複数部位の取合部	
部位	方法・仕様		
小屋裏	軒先に通気用のスリットを確保	 <p>軒先に通気用スリットを確保している</p>	
外壁	縦胴線による換気通路を確保(妻面・裏面)		
床下	(非木造のため通気・換気は設けていません)		
居室	(機械換気設備)		
木製ルーバー	<p>木製ルーバーはアカマツ不燃処理材W80×D300 下部は雨掛かりが予想される</p> 	 <p>テラス床組みはRCスラブと木部が直接接触しないよう鋼製束・根木が使用されている</p>	
テラス	<p>・テラス床は、コンクリートスラブに再生ウッドデッキ ・軒天井・壁はケイ酸カルシウム版にカラマツ羽目板 ・軒の出の形状より、テラスの軒天井・壁は雨掛かりがある</p> 	 <p>GLから約200の位置に木製ルーバーを設置 ルーバー木口から雨掛かり、跳返りによる腐食の恐れがある</p>	

D.耐久性分野

維持管理情報①							
改修・修繕履歴	実施年度	部位	工事内容(外部のみ)	金額(千円)	数量	単位	工事期間
			築後3年のためなし				

施工情報②			
全体工程	18ヶ月 (平成25年9月中旬～平成27年3月中旬)	うち躯体	地上部建て方約1ヶ月 (地下躯体:約12ヶ月)
木質材料の調達計画		施工方法	
木質ハイブリッド鋼材内蔵型集成材: 福島で県産材カラマツにより集成材を製作、鉄骨、集成材を長野の工場へ輸送し、加工取り付けを行った。その後、福島の現場へ輸送し建て方を行うため、輸送や検査にかかる納期を考慮した工程を十分検討した。  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">                         地域産材を他県の加工工場に送り加工・検査する場合、輸送にかかる期間を工期に見込む必要がある                     </div>	仮設	コンクリート打設時にセメント流出により集成材が汚れないように、集成材天端にセメント止めテープを貼り、セメント流出を抑えた。  集成材の上にRCスラブを打設する際にはセメントが木部に触れないよう養生する必要がある	
	揚重機の利用	鉄骨建て方:ラフタークレーン65t、1ヶ月	
	組立方法	木質ハイブリッド鋼材内蔵型集成材:鉄骨ジョイント部以外は工場ですべて取り付け、ジョイント部は建て方に現場で取り付けを行った、お互いの木目を揃えるため、ジョイント部位ごとに工場取付材と同材で加工を行っている。	
木質材料の現場での養生方法		専門工事業者・業種	
木質ハイブリッド鋼材内蔵型集成材: 養生テープの全面貼り付けを行った。  アカマツ無垢材ルーバー: 不燃処理を行うことにより、表面強度、耐候性を高めている。		耐火建築物である庁舎を木の架構に包まれた建物とするために、鉄骨の躯体(柱・梁)を県産材のカラマツによって耐火被覆(木質ハイブリッド鋼材内蔵型集成材)し、現わしとした。地場産の木材で木質ハイブリッド集成材を構成したのは、日本初の試みである。また、床材は県産スギを圧密加工したフローリング、家具は町産スギで構成し、内装材にも積極的に地場産木材を使用することで、町民が親しみをもって利用できる内装を実現するとともに、地域産業がより多く参画することのできる建築とした。	

維持管理情報②					
発生時期 (築後年)	部位・位置	不具合の 状況	修繕等への 対応	写真	
				遠景	近景
				築後3年のためなし	



参考資料 ii : 既往の研究および本項の実験結果から導き出される推奨仕様および配慮事項

## D.耐久性分野

### ii. 既往の研究および本項の実験結果から導き出される推奨仕様および配慮事項

戸建て木造住宅や中・高層木造建築物の耐久性に関する既往の研究および本プロジェクトの実験結果から、中層建築物を対象とした耐久性上において、推奨される主な材料および仕様の条件を以下に示す。また、参考資料を⇒以降に示す。

#### ii.1 材料

##### (1) 外壁

##### 1) 外装材

##### a. サイディング

##### ①縦胴縁および通気金具にて留め付けが可能であること

⇒本報告、2.4 中層建築物を想定した外壁通気構法の仕様に関する実験



縦胴縁 横胴縁  
スモーク実験による通気の状態



縦胴縁 横胴縁  
注水実験による浸入水の滞留状況

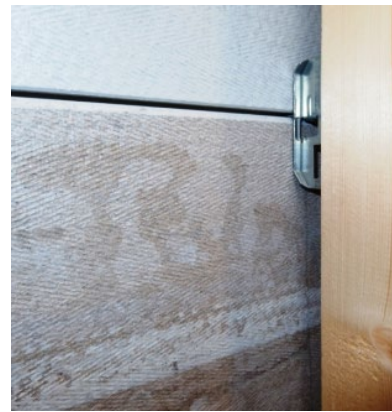
##### ②耐久性の高い塗装が施されていること

⇒建築研究資料、No. 145 号、建築物の長期使用に対応した外装・防水の品質確保ならびに維持保全手法の開発に関する研究 <https://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/data/145/2.pdf>

##### ③サイディングの相互間の嵌合部の防水性が高いこと

⇒国総研資料第 975 号、第 V 章、木造住宅外皮の雨水浸入リスク評価方法、122～131P

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/buildingdepartmentwebsite/chap5report.pdf>



窯業系サイディング嵌合部の水密性試験

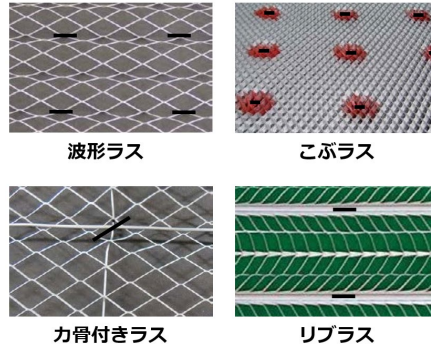


## D.耐久性分野

### b. ラスモルタル

#### ①一般部は立体形状のラスであること

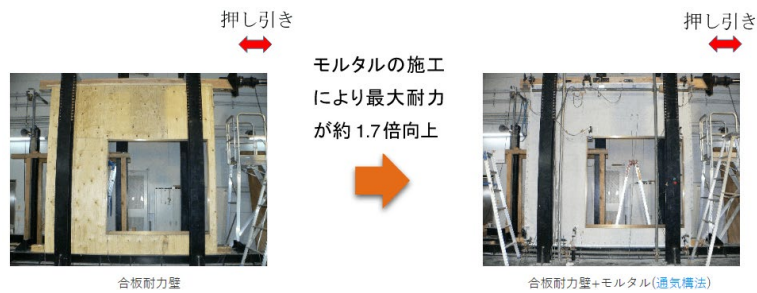
⇒国総研資料第 779 号、木造住宅モルタル外壁の設計・施工に関する技術資料、21～22P、37～38P、<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0779pdf/ks0779.pdf>



立体形状のラス

⇒モルタル外壁を地震と劣化から守るための7つのQ&A、Q4

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/gaiheki/index.html>



モルタル外壁による耐震性向上

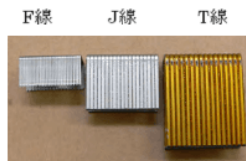
⇒(一社)日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS15 左官工事

#### ②使用するラスの種類に対応したステーブルであること

⇒上記①の 779 号、17～19P、22～23P、39～40P

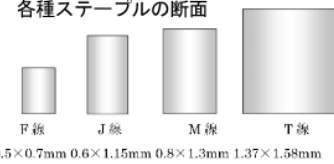
各種のラスに対応したステーブル

ラス	ステーブル	
	線径	足の長さ
波形ラス W700	J線	19mm
こぶラス K800	M線	19mm
カ骨付きラス BP700	M線	19mm
リプラス C・RC800	T線	25mm
その他のラス	ラスのメーカーに確認	



種類により、太さも長さも違うため強度も異なる。

各種ステーブルの断面



種類	足の長さ		軸		足の接触面積	
	寸法	倍率	断面積	倍率	表面積	倍率
1210F	10mm	0.53	0.35mm <sup>2</sup>	0.51	24mm <sup>2</sup>	0.36
1019J	19mm	1.0	0.69mm <sup>2</sup>	1.0	66.5mm <sup>2</sup>	1.0
1019M	19mm	1.0	1.04mm <sup>2</sup>	1.51	79.8mm <sup>2</sup>	1.2
832T	32mm	3.2	2.16mm <sup>2</sup>	3.13	188.8mm <sup>2</sup>	2.84

各種のラスに対応したステーブルの種類

#### ③モルタルの厚さが適切であること

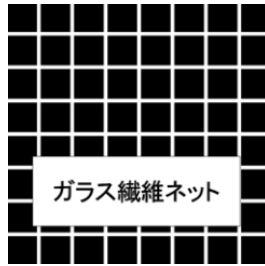
⇒建設省告示第 1359 号、<https://www.mlit.go.jp/notice/noticedata/pdf/201703/00006450.pdf>

⇒(一社)日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS15 左官工事

## D.耐久性分野

### ④ひび割れしにくい材質または対策が施されていること

⇒上記①の 779 号、46～47P



### ⑤防水紙が改質アスファルトフェルトであること

⇒上記①の 779 号、35～36P



改質アスファルトフェルトと 8kg/巻品との比較

⇒（一社）アスファルトルーフィング工業会、ARK 14" 改質アスファルトフェルト規格

<https://aspdiv.jwma.or.jp/jutaku/jutaku-02.html>

## 2) 通気層の材料

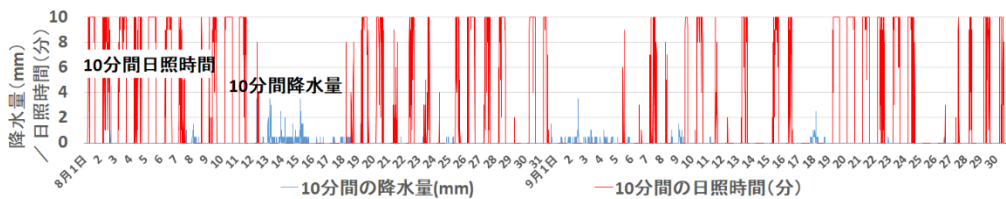
### ①縦胴縁または通気金具であること

⇒本報告、2.4 中層建築物を想定した外壁通気構法の仕様に関する実験

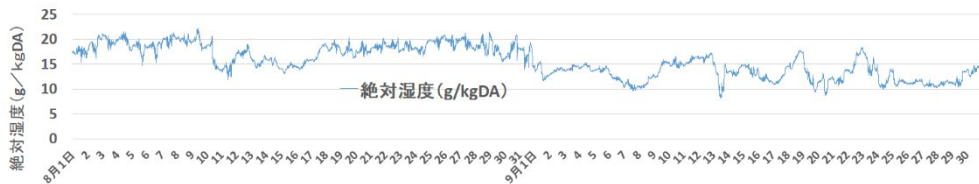
#### 東側外壁面



各種仕様による結露の状況



実験期間内の 10 分間降雨量および 10 分間日照時間

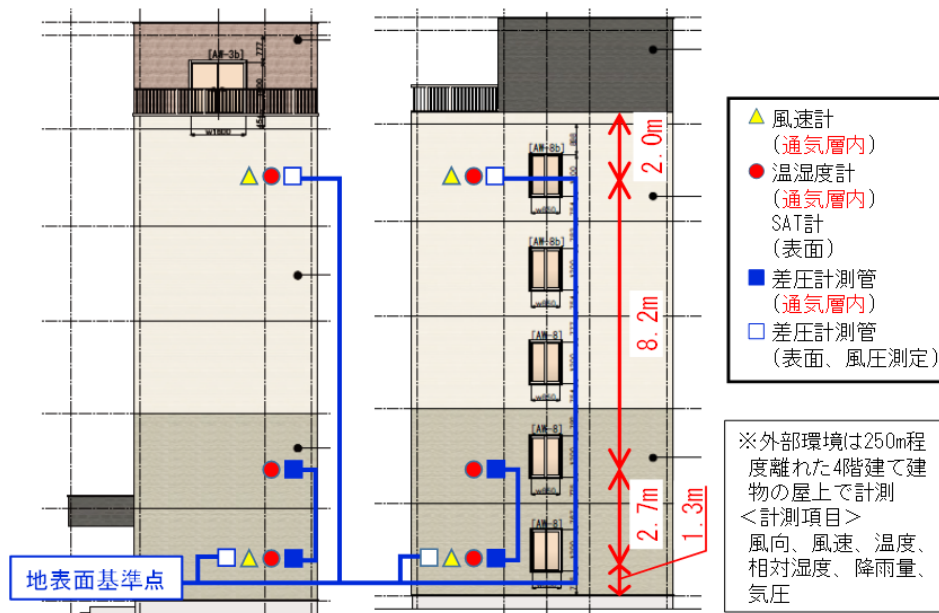


実験期間内における屋外の絶対湿度



## D.耐久性分野

### 2.5 6階建て木造建築物による外壁通気層内部の風速および温湿度環境に関する実大暴露実験



②透湿防水シートの屋外側に接する通気胴縁は、建設時の降雨および浸入雨水により防水性を低下させる防腐・防蟻処理を施していないこと

③土台水切りが防腐・防蟻処理された土台に接触し、腐食が生じないこと

⇒国総研資料第975号、第VI章 腐朽危険度予測手法、3.3.2 水切りの腐食事例、13～15P

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/buildingdepartmentwebsite/chap6honbun.pdf>



防腐・防蟻処理材と接触して腐食した土台水切り

### 3) 透湿防水シート

①JIS A6111 透湿防水シートと同等以上の品質が確保されていることが証明されていること

⇒JIS、JIS マーク認証取得者検索 (表示条件指定)

<https://www.jisc.go.jp/app/mark/general/GnrCertificationRecipientConditionList?show>

瑕疵担保履行法、設計施工基準

(外壁の防水)

第9条

外壁は、防水紙又は雨水の浸透を防止する仕上材等を用い、構造方法に応じた防水措置を施すものとする。

2 防水紙の品質及び張り方は、次の各号によるものとする。



## D.耐久学分野

- (1) 通気構法（外壁内に通気層を設け、壁体内通気を可能とする構造）とした外壁に用いる防水紙は、JIS A 6111（透湿防水シート）に適合する外壁用透湿防水シート又はこれと同等以上の透湿性能及び防水性能を有するものとし、**通気層の躯体側に施すものとする。**

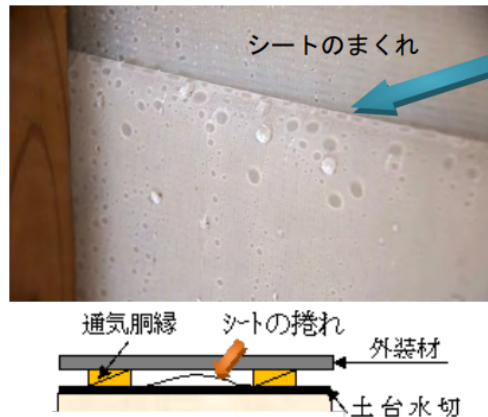
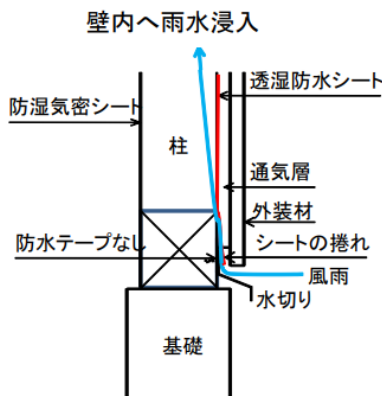
⇒国総研資料第 975 号、第IV章 木造住宅の水分に起因する劣化リスク分析・同解説、19～20P



透湿防水シートの劣化状況

- ②下地材が無い場合は、捲れがほとんど生じないこと

⇒国総研資料第 779 号、20P、<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0779pdf/ks0779.pdf>

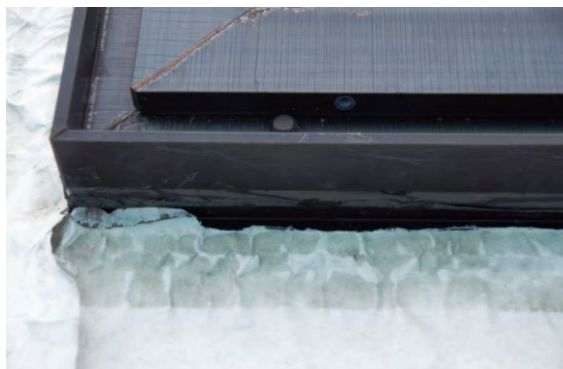


まくれたシートの重ねの隙間から水滴が流入。強風時に土台水切りから上へ水滴が吹き上げる。

透湿防水シートの捲れによる壁内への雨水浸入

- ③貼り付ける防水テープとの相性が良く、経年においてもシワが生じないこと

⇒国総研資料第 779 号、23P、<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0779pdf/ks0779.pdf>



透湿防水シートと防水テープとの相性が悪く経年によりシワが生じた状況

- ④JIS A6111 の耐久性のグレードが高いこと、7.6 耐久性、6～7P

⇒JISA6111、透湿防水シート

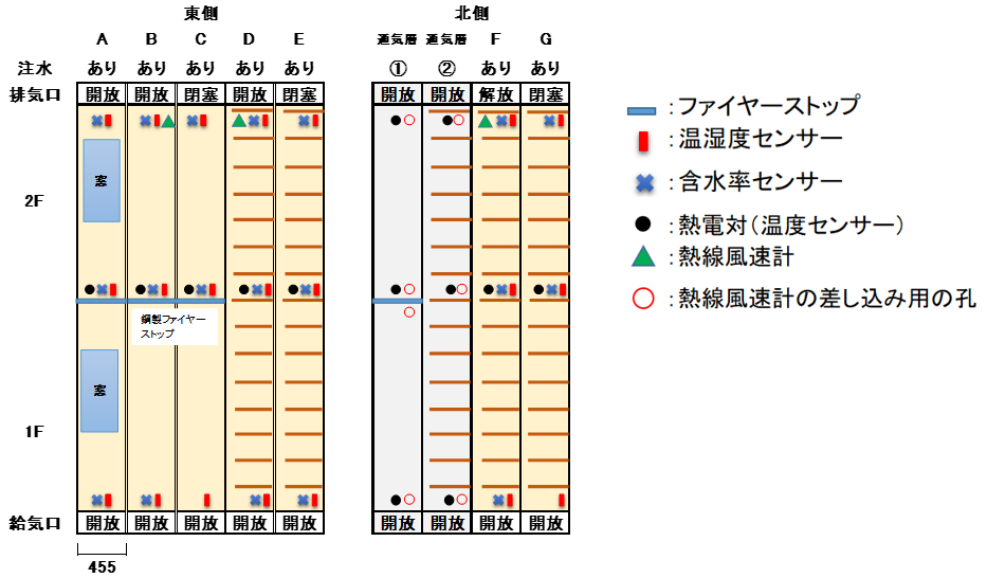
<https://www.jisc.go.jp/app/jis/general/GnrJISNumberNameSearchList?show>

D.耐久性分野

4) 下地材、断熱材、防湿層、内装材など

壁内に雨水が浸入や結露が発生した場合でも、壁内が乾燥しやすい材料で構成されていること  
(冬期、梅雨期、夏期)

⇒本報告、2.4 中層建築物を想定した外壁通気構法の仕様に関する実験



実大木造実験棟の各種の仕様による壁内環境の把握

(2) 勾配屋根

1) 屋根葺き材

耐久性が高く、著しく美観を損なわないこと

⇒国総研資料第 975 号、第三章、木造住宅の長期使用に向けた屋根、外壁、床下のメンテナンスガイドライン、関連報告、各種屋根葺き材による経年変化事例調査

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/buildingdepartmentwebsite/chap3keinenhenkahyo.pdf>

	劣化レベル1 経過観察	劣化レベル2 部分補修、部分交換	劣化レベル3 大規模改修、葺き替え
粘土瓦	平部: 瓦のぬれ30% 軒部: 腐食 袖部: 腐食の穴 壁際部: 半壊の穴 棟部: 瓦のぬれ 谷部: 瓦のぬれ 下葺き: 劣化30% 小屋裏: 腐食 繋結部: 瓦のぬれ	平部: 瓦のぬれ30% 軒部: 瓦のぬれ 袖部: 腐食の穴 壁際部: 半壊の穴 棟部: 瓦のぬれ 谷部: 瓦のぬれ 下葺き: 劣化30% 小屋裏: 腐食 繋結部: 瓦のぬれ	平部: 瓦のぬれ30% 軒部: 腐食 袖部: 腐食の穴 壁際部: 半壊の穴 棟部: 瓦のぬれ 谷部: 瓦のぬれ 下葺き: 劣化30% 小屋裏: 腐食 繋結部: 瓦のぬれ

木造住宅屋根の経年劣化段階評価表

## D.耐久性分野

### 2) 屋根葺き材の留め付け用接合具

耐久性の高い亜鉛めっきまたはステンレス鋼によること

⇒瓦屋根標準設計・施工ガイドライン、<https://kenbokyo.jp/book/item.html?bid=84>

屋根瓦を落とさない・飛ばさないための7つのQ&A

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/yanegawara/>



熊本地震による屋根の被害、2016年4月30日、引用：Google Earth Pro

### 3) 下葺き材

①上部に空間が無い場合は、改質アスファルトルーフィングであること

⇒国総研資料第975号、第II章、131～132P、

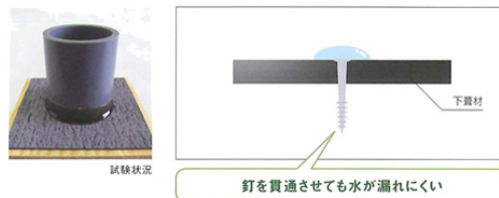
<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/buildingdepartmentwebsite/chap2zairyosentakutool.pdf>

(一社)アスファルトルーフィング工業会、ARK 04<sup>s</sup> 改質アスファルトルーフィング下葺き材

<https://aspdiv.jwma.or.jp/jutaku/jutaku-01.html>

#### 1. 釘穴シーリング性 | 水が漏れにくい

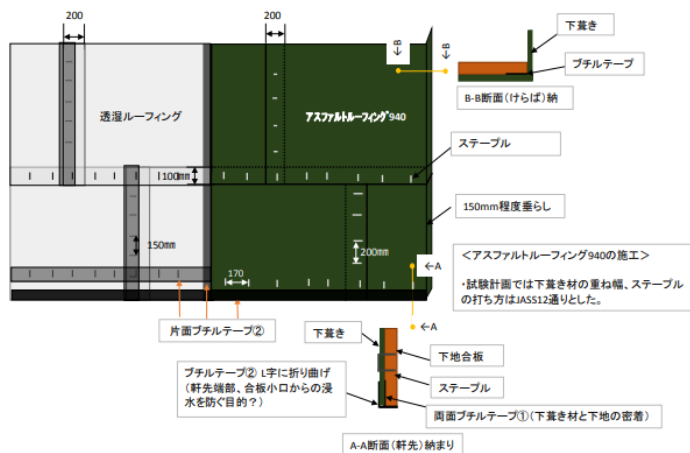
下葺き材に釘を貫通させて水圧をかけた場合、「ARK 04<sup>s</sup>」では、試験体10のうち8以上漏水しない性能を求めています。



②上部に空間が有る場合は、改質アスファルトルーフィングまたは透湿ルーフィングであること

⇒国総研資料第975号、第V章、木造住宅外皮の雨水浸入リスク評価方法、関連報告、

188～199P、<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/buildingdepartmentwebsite/chap5report.pdf>



屋根下葺き材の雨水浸入リスクおよび野地合板の乾燥性状に関する実大曝露試験

## D.耐久性分野

⇒ (一社) 日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説、JASS 12 屋根工事 第3版

⇒ JIS A6111、透湿ルーフィング

<https://www.jisc.go.jp/app/jis/general/GnrJISNumberNameSearchList?show>

### 4) 下地材

構造用合板を使用する場合は、特類であること

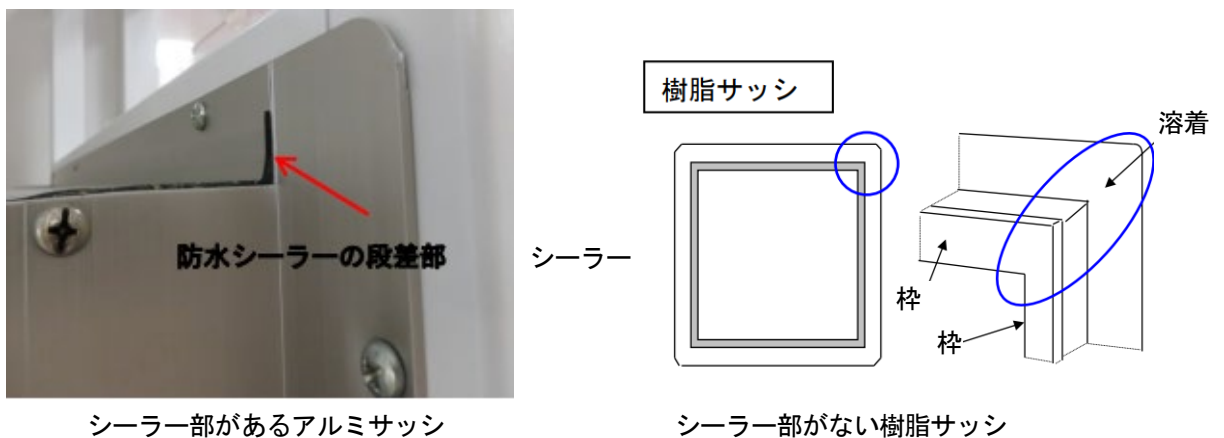
⇒ 合板の日本農林規格、[https://www.maff.go.jp/j/jas/jas\\_kikaku/pdf/kikaku\\_53.pdf](https://www.maff.go.jp/j/jas/jas_kikaku/pdf/kikaku_53.pdf)

### (3) 開口部

#### 1) サッシ

アルミサッシは、熱伝導率が樹脂サッシと比較して著しく高いので結露しやすく、縦枠と横枠の間にシーラーがあるため凹凸となり、水みちとなりやすいので、樹脂サッシの採用が望ましい。

⇒ 本報告、2.1 開口部の各種防水納まりに対する動風圧撒水試験



#### 2) 面合わせ材

防水テープの貼り付け面に段差が生じないように、接着性の高い面合わせ材を用いていること

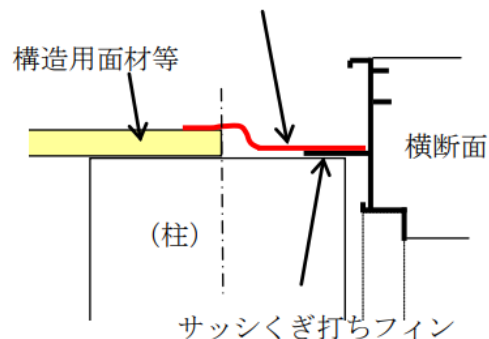
⇒ 国総研資料第779号、No.19 面合せ材の取り付け、54～56P

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoku/tnn/tnn0779pdf/ks0779.pdf>

### × 面合せ材がない場合

両面防水テープ

(テープ接着面に段差が生じる)



#### 3) 先張り防水シート

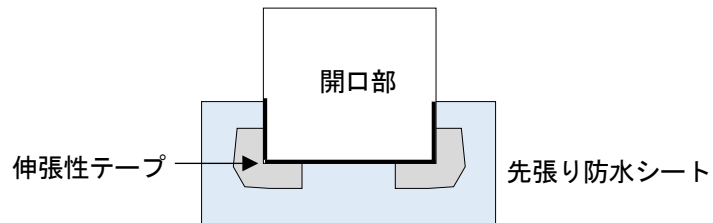
① (一社) 日本防水材料協会 JWMA「先張り防水シート及び 鞍掛けシート」JWMA-A01:2021に適合していること

⇒ [https://aspdiv.jwma.or.jp/tec/pdf/kikaku\\_JWMA-A01-202100.pdf](https://aspdiv.jwma.or.jp/tec/pdf/kikaku_JWMA-A01-202100.pdf)

## D.耐久学分野

②段差による水みちの発生を防ぐため、厚さが薄く十分な防水性を有していること

⇒本報告、2.1 開口部の各種防水納まりに対する動風圧撒水試験



### 4) 防水テープ

①JIS A6112 住宅用両面粘着防水テープと同等以上の性能を有すること

⇒JIS マーク認証取得者一覧

<https://www.jisc.go.jp/app/mark/general/GnrCertificationRecipientConditionList?toGnrCertificationRecipientList>

②透湿防水シートとの相性が良く、シワが生じないこと

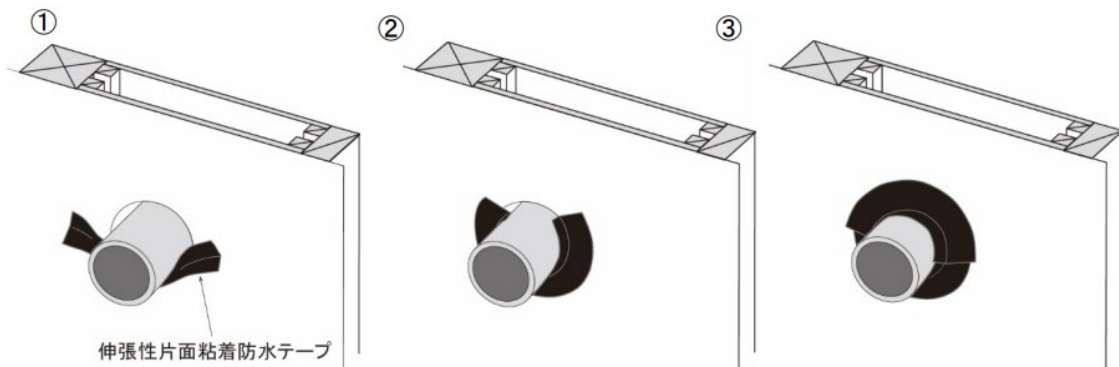
⇒国総研資料第 975 号、第VI章、20～21P

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/buildingdepartmentwebsite/chap4honbun.pdf>

③貫通部やコーナー部などは、伸張性防水テープまたは専用部品であること

⇒国総研資料第 975 号、第XI章、45～47P

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/buildingdepartmentwebsite/chap11honbun.pdf>



NPO法人住宅外装テクニカルセンター、住宅外装防水研究会  
窯業系サイディングを使用した外壁の換気口周辺の防水施工マニュアル

[https://www.nyg.gr.jp/gizyutusiryoudata/kanki\\_manual.pdf](https://www.nyg.gr.jp/gizyutusiryoudata/kanki_manual.pdf)



ii.2 仕様

(1) 外壁

1) 給気口および排気口が開放された通気層が設置されていること

⇒本報告、2.4 中層建築物を想定した外壁通気構法の仕様に関する実験

実大木造実験棟による通気層上部の排気口の仕様の例

仕様	方角	通気層の仕様	通気層上部の排気口
仕様B	東側	縦胴縁	開放
仕様C			閉塞
仕様D		横胴縁	開放
仕様E	閉塞		

2) 通気層は縦胴縁または通気金具により、壁内を乾燥させるための十分な厚さを有すること

⇒本報告、上記1) と同じ

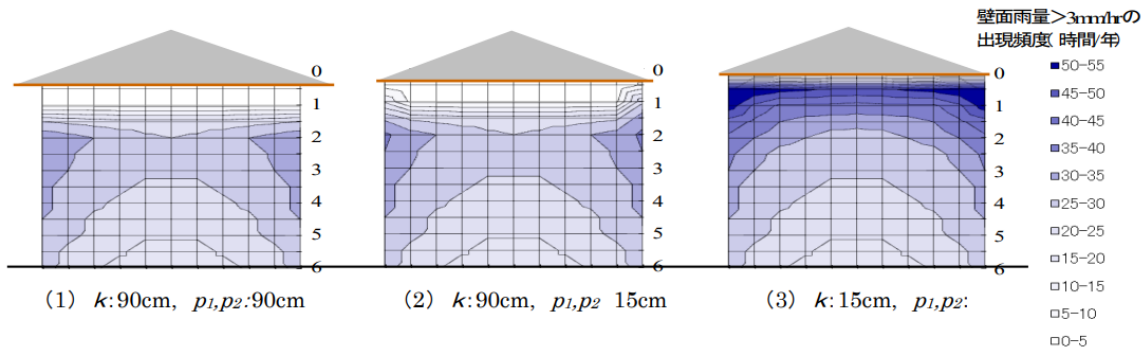
3) 給気口に防虫網を設置する場合は、通気量も十分に確保されていることを確認すること

⇒本報告、上記1) と同じ

4) 屋根、庇などで、外壁面の雨掛かりを少なくする対策が施されていること

⇒国総研資料第 975 号、第V章 雨水浸入リスクの評価方法、6～9P

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/buildingdepartmentwebsite/chap5honbun.pdf>



軒およびけらばの出の寸法による雨掛かり分布

5) 降雨の際の地盤面からの跳ね返りによる影響が無いように土台の高さが確保されていること

⇒「軒先から滴下する雨水の跳ね返りによる壁面の濡れについて」、日本建築学会関東支部研究発表会研究報告、2001年

6) 雨水浸入および結露対策が施されていること

⇒(一社)日本建築学会、木造住宅外皮の防水設計・施工指針および防水設計・施工要領(案)、同 建築工事標準仕様書・同解説 JASS24 断熱工事

7) モルタル外壁の場合は、通気構法であり、耐アルカリネットまたはラスの補強によりひび割れの対策が施されていること

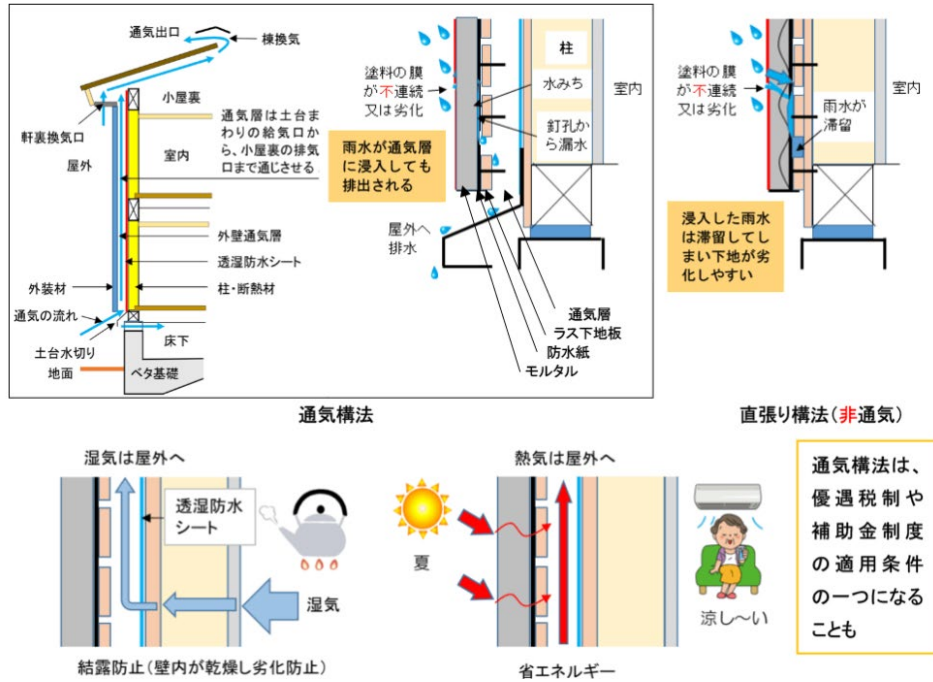
⇒国総研資料第 779 号、<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0779.htm>



## D.耐久性分野

⇒モルタル外壁を地震と劣化から守るための7つのQ&A

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/gaiheki/index.html>



### (2) 勾配屋根

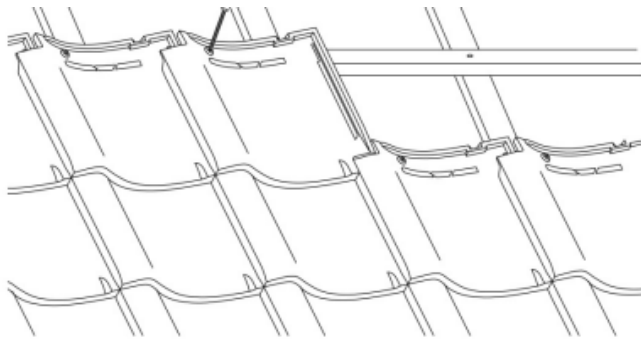
#### 1) 屋根葺き材に適応した屋根勾配であること

⇒(一社)日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説、JASS 12 屋根工事 第3版

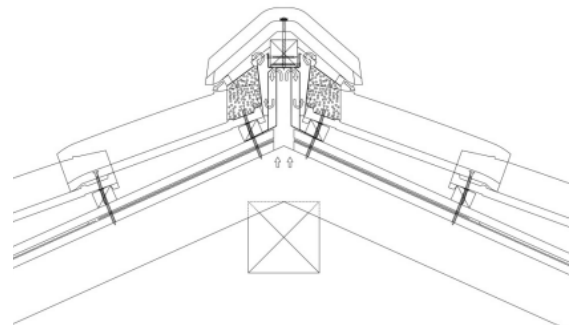
#### 2) 可能な限り、通気層および換気棟を有すること

⇒国総研資料第975号、第X章 通気下地屋根構法の設計施工要領(案)

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/buildingdepartmentwebsite/chap10honbun.pdf>



瓦屋根の通気下地屋根構法



瓦屋根の換気棟

#### 3) 寒冷地では、すが漏りの対策が施されていること

⇒1)と同じ

#### 4) 小屋裏または屋根が適切に断熱および防湿処理が施されていること

⇒建築工事標準仕様書・同解説 JASS24 断熱工事

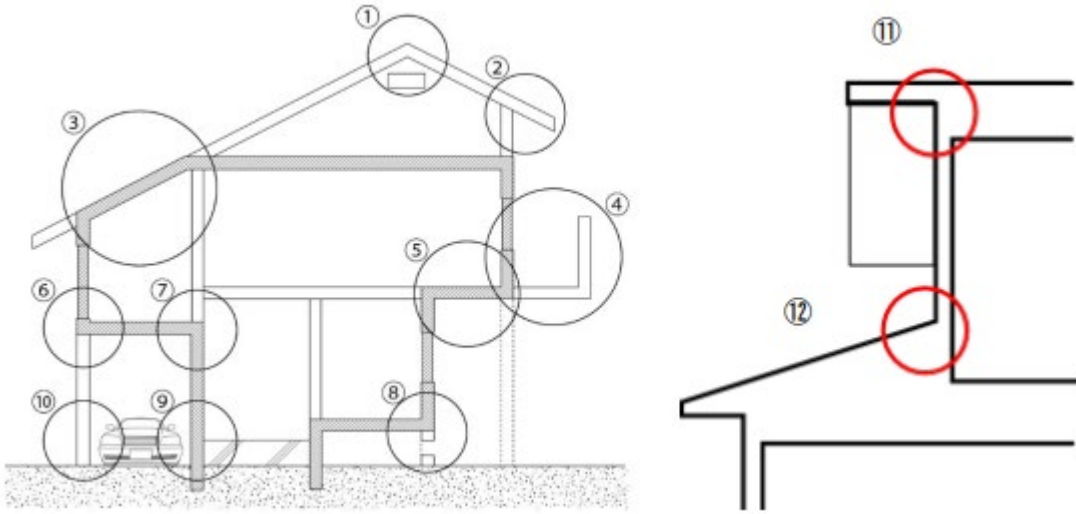
⇒住宅省エネルギー技術講習テキスト、設計・施工編【北海道(1~3地域)版】【第2版(令和3年3月)】、(改正)平成28年省エネルギー基準対応、[https://www.shoene.org/d\\_book/](https://www.shoene.org/d_book/)

## D.耐久性分野

5) 小屋裏の適切な部位に換気口があり、十分な換気量を確保していること

⇒国総研資料第975号、第XIII章 木造住宅外皮の換気・通気計画ガイドライン（案）

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/buildingdepartmentwebsite/chap13honbun.pdf>



換気・通気の納まりを検討すべき主要な部位

(3) ルーフバルコニー、跳ね出しバルコニー

1) パラペットおよび手すり壁には、両側に通気層が確保されていること

⇒（一社）日本建築学会、「木造住宅外皮の防水設計・施工指針および防水設計・施工要領（案）」

2) テラス窓は、防水先施工、サッシ後付けとなること

⇒ 1) と同じ

3) 防水層の高さが十分に確保されていること

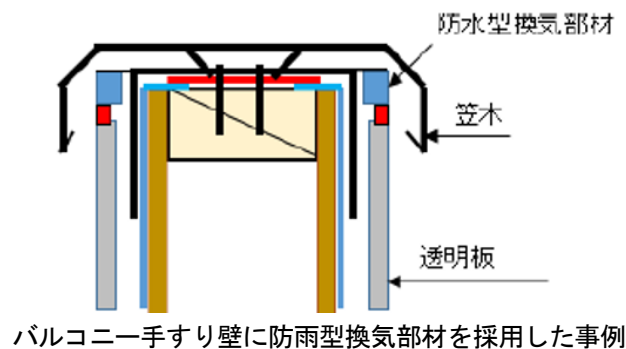
⇒ 1) と同じ

4) オーバーフロー菅が設置されていること

⇒ 1) と同じ

5) 通気層には防雨型換気部材が設置されていること

⇒本報告、2.2 バルコニー手すり壁に対する送風散水試験



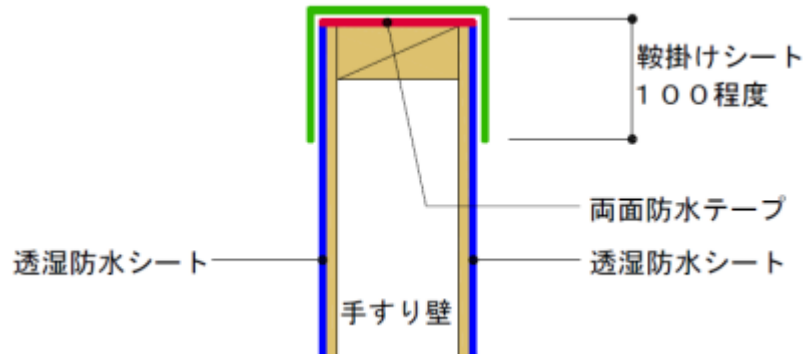
バルコニー手すり壁に防雨型換気部材を採用した事例

## D.耐久性分野

- 6) パラペットおよび手すり壁の上部には幅 100mm 以上の両面防水テープおよび鞍掛防水シートが施されていること

⇒国総研資料第 975 号、第XI章 木造住宅外壁の劣化対策重点部位の推奨納まり図（案）82～84P

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/buildingdepartmentwebsite/chap11honbun.pdf>



### (4) 開口部

- 1) 開口部まわりは、最も雨水が浸入しやすい部位なので、通気により乾燥しやすいように胴縁などをサッシから充分に離して設置する

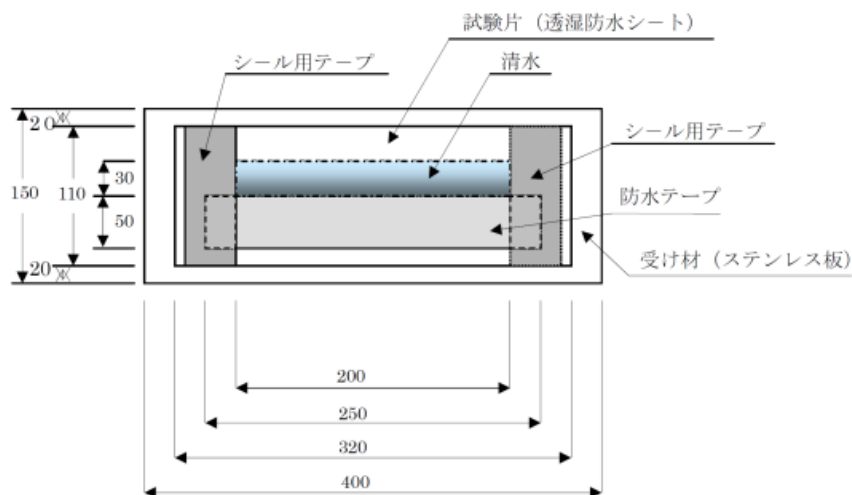
⇒窯業系サイディングと標準施工 第4版、(一社)日本窯業外装材協会

- 2) 下地材、サッシフィン、ビス、シーラー、透湿防水シート、防水テープなどの相互関係により段差や凹凸が多く、水みちとなりやすいので、透湿防水シートと防水テープ丁寧に扱い、十分に圧縮できること

⇒国総研資料第 975 号、第IV章木造住宅の水分に起因する劣化リスク分析・同解説、61～63P

<http://www.nilim.go.jp/lab/hcg/buildingdepartmentwebsite/chap4honbun.pdf>

⇒国総研資料第 975 号、第V章 木造住宅外皮の雨水浸入リスク評価方法 関連報告、147～151P



単位：mm

密着安定性試験の提案例（両面テープ）

### その他の参考資料

- 1) 木造住宅工事仕様書、(一財)住宅金融普及協会
- 2) 枠組壁工法住宅工事仕様書、(一財)住宅金融普及協会