

「中高層木造建築物の外皮の耐久性能に関する検討」

令和2年度 建築基準整備促進事業（調査事項M6）
〔国立研究開発法人建築研究所との共同研究〕

令和3年4月

実施事業者 株式会社アルセツド建築研究所

事業の背景・目的

- 木造による中高層建築物の社会実装が求められている。
 - 中高層の木造建築物に要求される耐震性能、防耐火性能を確保するための基準は整備が進んでいる。
 - 現行の耐久性基準（住宅性能表示制度における劣化対策等級の基準）は、低層の戸建て住宅を想定した基準となっている。
（現行の耐久性基準（外壁の軸組等の基準）：外壁仕上げ材と木造躯体の間に設けた通気層を介して水分を適切に排出することで耐久性を担保）
 - 耐震性能や防耐火性能を勘案し、木造の中高層建築物にも対応した耐久性基準を整備することが必要。



- 中高層木造建築物に要求される耐震性能・防耐火性能に対応して、標準的に適用できる耐久性基準を住宅性能表示制度・評価方法基準に位置付ける。
 - 中高層木造建築物の外壁の耐久性を確保する上で、外気から躯体に至るまでの外壁のレイヤーをどう構成すべきか、耐久性と中高層木造に要求される防耐火性能、耐震性能との両立をどうはかるか、について実験等を通じて検証。

事業の全体計画

（イ）中高層木造建築物の外壁構法に関する実態調査【令和2年度】

- 木造の中高層化に際して耐久性の前提として法的に要求される防耐火性能、耐震性能等を整理。
- 既存の中高層木造建築物（国内・海外）における外壁構法の実態を調査。
- 中高層の木造建築物への適用が可能な通気構造等の外壁の層構成を整理
- 性能検証実験の試験体を計画。

（ロ）耐久性検証の前提となる要求性能の検証実験【令和3年度】

- 木造耐火構造による通気構造等の外壁試験体を作成し、中高層の条件下で要求される防耐火性能、耐震性能（変形追従性）の実験的検証を実施。

（ハ）高風圧高水圧下の外壁構法の耐水性能検証実験【令和4年度】

- 木造耐火構造による通気構造等の外壁試験体について、中高層外壁に作用する高風圧高水圧を想定した条件下において耐水性能の実験的検証を実施。
- 耐震性能、防耐火性能および耐水性能の検証実験結果を踏まえ、中高層木造に適切な耐久性基準を検討・設定。

調査・検討のフロー

【令和2年度】

【1】 木造の中高層化に際して法的に要求される性能の整理

- ・ 中高層木造建築物の外壁に法的に要求される性能について、関係法令・基準等を整理
- ・ 性能を達成するための外皮の構造方法の仕様例等を整理

【2】 中高層木造建築物の外壁構法の実態調査

- ・ 国内・海外の中高層木造建築物の実施工事例等に基づく外壁構法の事例調査
（既往文献調査、設計・施工者への調査等）
- ・ 外壁の層構成、層間部の納まり、通気構法等に関する情報の整理

【3】 外壁の層構成の整理

- ・ 国内・海外事例にみる外壁構法の特徴の整理
レイヤー構成、通気構法、各部仕様等
- ・ 中高層木造建築物に適用可能な、汎用性の高い通気構造等外壁の類型整理

【4】 性能検証実験の試験体の計画

- ・ 試験内容、試験体の検討
（防耐火性能試験、耐震性能試験）

【令和3年度】

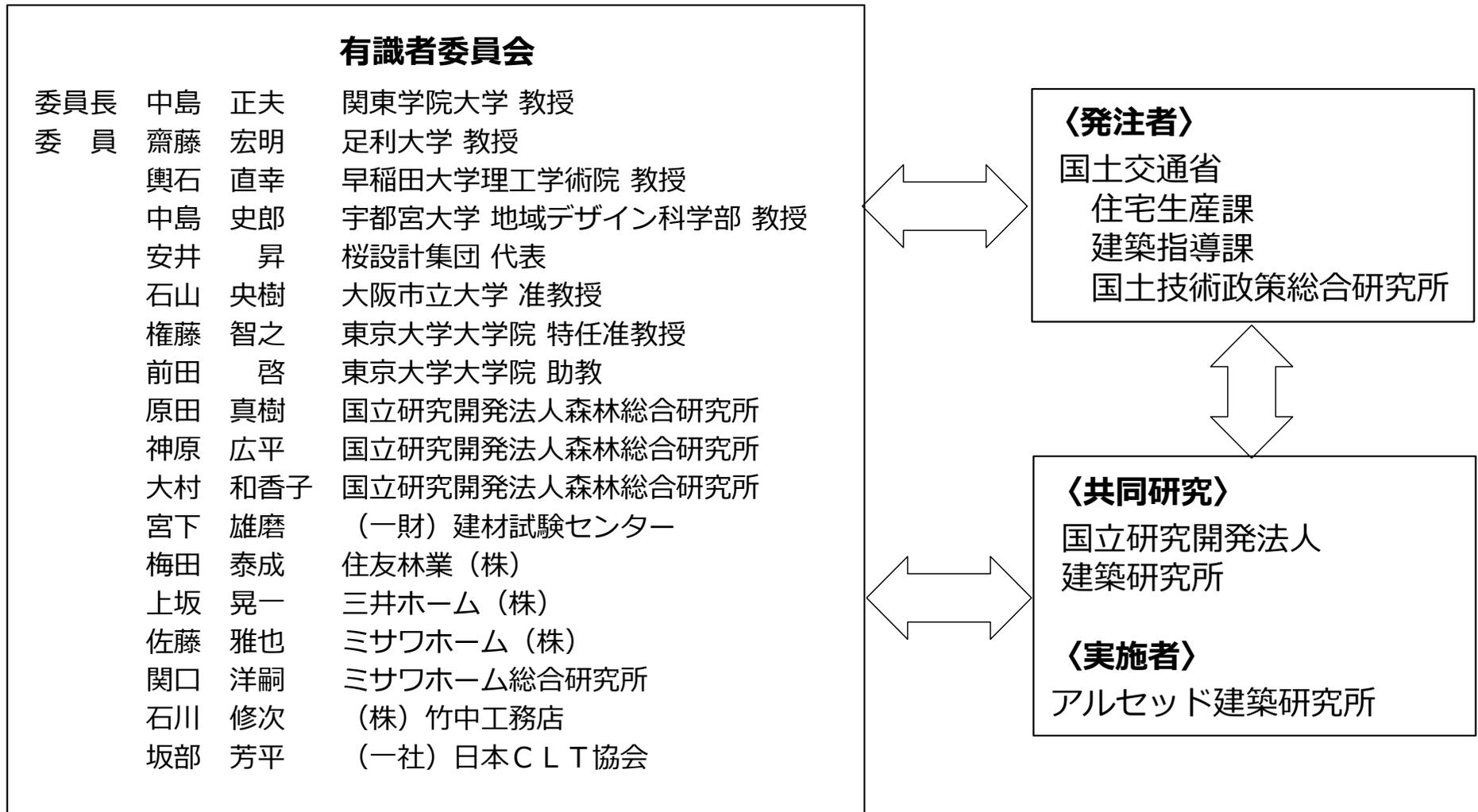
要求性能の検証実験
（耐震性能・防耐火性能）

【令和4年度】

外壁構法の耐水性能検証実験
中高層木造住宅の耐久性基準の設定

検討体制

- 建築物の性能や材料・工法に関する有識者委員会を設置し、検討委員会を開催して得られた意見等を検討に反映（3回実施）。また、ワーキングを設置し作業を推進。



木造建築物の外壁の耐久性能に関する検討留意事項

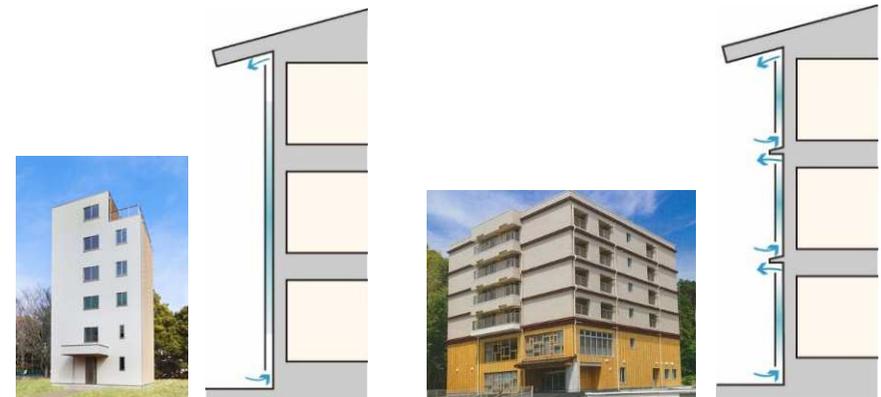
外壁の耐久性能の検討に関する留意事項

〈**雨水浸入への対処**〉 木造建築物の外壁に作用する水分は、屋外から浸入する雨水、室内から流入する水蒸気である。中高層の建築物・住宅の場合、屋外から作用する雨水、風等の影響が大きくなり、雨水浸入リスクが高くなる。壁内に浸入した雨水を排出する機構（通気層）や構造体への水の作用を抑制する機構（防水・止水層）に留意する。

〈**木造耐火構造への対応**〉 中高層化に伴い、要求される防耐火性能は高くなり、外壁を防火被覆により耐火構造にするなどの措置を講じなければならない。耐久性上必要となる通気層や防水・止水層等と防耐火上要求される防火被覆層の関係性に留意する。

〈**外壁方式**〉 木造建築物の外壁は、①外壁と構造体の縁が切れているカーテンウォール、②外壁と構造体を一体に製作する非カーテンウォールがある。①は工場生産される非耐力外壁であり、部材・取付け工法等により所要の性能が決まってくる。本検討では②の非カーテンウォールの外壁を対象に、通気構造等の層構成を踏まえた検討を行う。

〈**外壁の鉛直方向の構成**〉 外壁は①鉛直方向に連続する構成、②はね出し部位（ひさし、バルコニー等）により層間部等で区分される非連続の構成がある。通気層（通気口）の取り方、雨水の浸入や排出の状況等が変わる、この鉛直方向の外壁構成について留意する。



鉛直方向に連続する外壁

鉛直方向に非連続な外壁

法的に要求される性能の整理（概要）

[1]

主な性能項目と建物属性・関係する基準等

- 建築物の外皮に要求される主な性能項目と関係する建物属性と基準・指針等

	関係する建物属性				基準・指針等			備考
	階数、高さ	規模	用途	地域	法令	法令以外 (基準、指針等)	試験方法	
防耐火性	○	○	○	○	◇ 基準法	◇ 木造計画・設計基準	◇ JIS	JIS：建築ファサードの燃えひろがり試験方法
耐震性	○	○	—	○	◇ 基準法	◇ 木造計画・設計基準		
耐久性	—	—	—	—	◇ 基準法 品確法	◇ 木造計画・設計基準		
耐風圧性	○	—	—	○	◇ 基準法	◇ 業界団体 建築工事監理指針	◇ JIS	JIS：耐風圧等級、建具・建築用パネルの試験方法
水密性	○	—	—	—	—	◇ 業界団体 建築工事監理指針	◇ JIS	JIS：水密等級、建具・建築用パネルの試験方法
省工ネ性	—	○	—	○	◇ 建築物省工ネ法			
結露防止性	—	—	—	○	—			
遮音性	—	—	(○)	(○)	—			

法的に要求される性能の整理 (防耐火性-1)

[1]

木造の中高層化に際し、防耐火性に関し要求される主な事項・1

①耐火構造 (法2条7号、令107条)

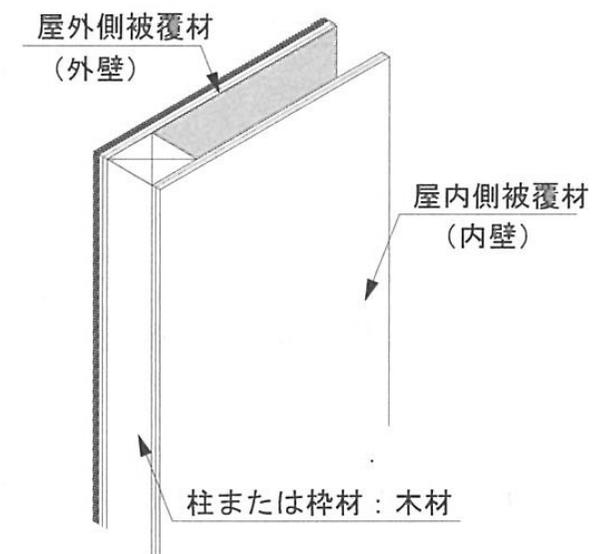
- ・ 耐力壁である外壁の性能
 - 最上階から数えた階数が4以内の階：1時間の耐火性 (非損傷性・遮熱性・遮炎性)
 - 最上階から数えた階数が5以上で14以内の階：2時間の耐火性
- ・ 非耐力壁である外壁の性能
 - 延焼のおそれのある部分か否かにより、1時間または30分の耐火性

②耐火構造の構造方法 (平12建告1399号)

- ・ 木質系の1時間耐火構造の外壁 (耐力壁、非耐力壁) の構造方法
 - 木造躯体の両側に防火被覆を設置 (次のいずれか)
 - (1) GB-F 2枚以上張り (合計厚42mm以上)
 - (2) GB-F 2枚以上張り (合計厚36mm以上)
 - の上にけい酸カルシウム板張り (厚8mm以上)
 - (3) GB-F (厚15mm以上) の上に
 - ALCパネル張り (厚50mm以上)
- ※GB-F：強化せっこうボード

(備考) 大臣認定仕様の適用

耐火構造として国土交通大臣認定を取得した仕様とすることができる。その際には、屋外側、屋内側の両面を認定条件に基づいて防火被覆しなければならない。



法的に要求される性能の整理 (防耐火性-2)

[1]

木造の中高層化に際し、防耐火性に関し要求される主な事項・2

③高さ・階数による主要構造部等の制限 (法21条1項)

- ・ 地上階数4以上または高さ16m超の建築物の主要構造部
火災時倒壊防止構造 (耐火建築物または火災時倒壊防止建築物)

④延べ面積による主要構造部等の制限 (法21条2項)

- ・ 延べ面積3,000㎡超の木造建築物の主要構造部 (床、屋根及び階段を除く)
耐火構造 (防火戸その他の防火設備 (「壁等」) による区画での代替措置あり)

⑤防火地域、準防火地域内の建築物 (壁、柱等) の構造制限 (法61条、令136条の2)

- ・ 防火地域内の建築物
階数3以上または延べ面積100㎡超は耐火建築物または同等性能以上
- ・ 準防火地域内の建築物
階数4以上または延べ面積1500㎡超は耐火建築物または同等性能以上

⑥区画貫通部 (令第112条)

- ・ 防火区画を構成する木造の耐火構造の床、壁の管・風道等による貫通部
非加熱側への遮炎性を確保
壁、床内部への火熱侵入による耐火構造としての性能が損なわれない

法的に要求される性能の整理 (耐震性)

[1]

木造の中高層化に際し、耐震性に関し要求される主な事項

①構造計算法 (令81条)

- ・ 建築物の階数・高さ、軒高、延べ面積を条件として、構造計算ルートを規定
- ・ 建築物の高さが13m超の場合の構造計算ルート
ルート2 (許容応力度計算+層間変形角+偏心率・剛性率)
- ・ 建築物の高さが31m超の場合の構造計算ルート
ルート3 (許容応力度計算+層間変形角+保有水平耐力)
- ・ 木造と他構造等の混構造の建築物の構造計算ルートは、別途告示により規定

②層間変形角 (令82条の2、令109条の2の2)

- ・ 地震力による層間変形角 (各階に生ずる水平方向の変位の各階の高さに対する割合)
1/200以内 (地震力による構造耐力上主要な部分の変形によって建築物に著しい損傷が生ずるおそれがない場合は1/120以内) であることを確かめる。
- ・ 準耐火建築物における層間変形角
1/150以内としなければならない。

法的に要求される性能の整理（耐久性）

[1]

木造の住宅・建築物について、耐久性に関し要求される主な事項

①構造部材等（令37条、令41条、令49条1項・2項）

- ・構造耐力上主要な部分に使用する材料と木材の品質、木造外壁の防水措置、外壁の軸組等の防腐防蟻措置について規定

②劣化対策等級（住宅品確法：評価方法基準3-1（3））

- ・住宅の構造躯体等を構成する部材の劣化軽減対策（低層の木造住宅を対象）
 - 住宅が限界状態に至るまでの期間が3世代（75～90年）以上となるための対策
 - 住宅が限界状態に至るまでの期間が2世代（50～75年）以上となるための対策
- ・外壁の軸組等に関する基準
 - 通気構造等の措置
 - 使用する木材の品質（規格）
 - 薬剤処理
 - 軸組等の寸法（小径）
 - 樹種（耐久性区分）等の基準
- ・それ以外の基準
 - 土台の保存処理や樹種、浴室・脱衣室の防水措置、地盤の防蟻措置、基礎高さ、床下の防湿・換気、小屋裏の換気

法的に要求される性能の整理 (耐風圧性)

[1]

木造の中高層化に際して、耐風圧性に関し要求される主な事項

①屋根ふき材等の構造計算 (令82条の4、平12建告1458)

- ・ 屋根ふき材及び屋外に面する帳壁 (高さ13m超の建築物の帳壁)
構造計算によって風圧に対して構造耐力上安全であることを確かめる。

②JISが定める耐風圧等級とその運用 (参考)

- ・ JIS (JIS A 4706) における耐風圧性の等級と判定基準
等級S-1 (最大圧力800Pa) ~ 等級S-7 (最大圧力3,600Pa)

(運用例)

- ・ 建具に関する等級の適用
アルミ製建具を木下地に取り付ける場合はS-2 (1,200Pa) ~ S-3 (1600Pa)
……公共建築工事標準仕様書 (国交大臣官房官庁営繕部監修)
- ・ 建築用パネル (ALCパネル、押出成形セメント板) に関する等級の適用
……建築工事監理指針、業界団体の標準仕様書

法的に要求される性能の整理 (水密性・気密性)

[1]

JISで定められている水密性・気密性の等級 (法的な要求事項はない)

① JISが定める水密性等級とその運用 (参考)

- ・ JIS (JIS A 4702, 4706) における水密性の等級と判定基準
等級W-1 (圧力差100Pa : 風速9~15m/sに該当)
～ 等級W-5 (圧力差500Pa : 風速は20~35m/sに該当)

(運用例)

- ・ 建具に関する等級の適用
アルミ製建具を木下地に取り付ける場合はW-3 (圧力差250Pa)
……公共建築工事標準仕様書 (国交大臣官房官庁営繕部監修)
高層ビルのアルミ製サッシは等級W-4 (圧力差350Pa) ~等級W-5
…… (一社) 日本サッシ協会

② JISが定める気密性等級とその運用 (参考)

- ・ JIS (JIS A 4702, 4706) における気密性の等級
等級A-1 (室内建具など) ~等級A-4 (断熱・防音サッシ・ドア群など)

(運用例)

- ・ 建具に関する等級の適用
アルミ製建具を木下地に取り付ける場合はA-3 (一般サッシ・ドア群など)
……公共建築工事標準仕様書 (国交大臣官房官庁営繕部監修)

法的に要求される性能の整理 (木造計画・設計基準) [1]

木造計画・設計基準の概要

- 公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律（平成22年）の制定を背景として、国土交通大臣官房官庁営繕部によって定められた、木造の官庁施設の計画及び設計に関する基準
- 建築計画、建築構造の設計、建築部位の設計に関し、防耐火、耐用性、構造、耐久性、断熱性等に関する基準を規定
- 耐久性に関しては、建築物を50～60年を目安として使用する、あるいは50～60年より更に長期に建築物を使用することを目標とする場合の構造躯体等の措置を設定

建築物を50～60年を目安として使用することを目標とする場合の措置（一部）

●外壁の軸組等：外壁の軸組、枠組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

・外壁の軸組等の構法

- (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、軸組等が雨水に接触することを防止し、壁内に浸入した水分を排出させるための有効な措置を講ずる。
- (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、室内側に隙間のできないよう防湿材を設置する。
- (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充填する場合は、軸組等との隙間を現場発泡断熱材で塞ぐ。

・材料

- (ア) 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に規定する心材の耐久性区分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以上の規格に適合する加圧式保存処理を行った木材又は同等の処理を行った木材
- (ウ) JIS K 1571（木材保存剤－性能基準及びその試験方法）に適合する表面処理用薬剤又はこれと同等の薬剤による処理を行った木材

●屋外に位置する構造耐力上主要な部分：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

・外壁仕上げ、笠木又は塗装により木材を保護する。特に、直射日光を受ける横架材の上部には、通気層を有する笠木を設置する。

・材料は、次に定めるものを使用すること。ただし、大断面の集成材を使用する場合は、別途、耐久性の確保に有効な措置を講ずる。

- (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構造用たて継ぎ材のJASに規定する保存処理のうちK3以上の規格に適合する加圧式保存処理を行った木材又は同等の処理を行った木材
- (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以上の規格に適合する加圧式保存処理を行った木材又は同等の処理を行った木材

●小屋裏、屋根

・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(エ)までのいずれかの換気口を設置する。(略)

・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は、屋根に通気層を設け、浸入した水分を速やかに排出させるための有効な措置を講ずる。

中高層木造の外壁構法の実態調査（調査の概要）

[2]

調査対象の建築物

- **階数・高さ**：4階建て相当以上（地上4階建てまたは高さ15m程度以上）
- **構造**：木造または木造とRC造・S造等との混構造（外壁の下地の全部または一部に木材を使っているもの）
- **外壁方式**：非カーテンウォール（通気工法外壁）のもの
- **建物用途**：とくに限定しない
- **立地環境（気象条件等）**：とくに限定しない

調査の実施手順

- 既往文献・補助事業等による情報収集
- 対象候補の木造建築物リスト作成
- 外壁構法等に関する詳細情報の収集・整理（事業者・設計者等への調査、図面提供依頼）
- 現地調査の実施（一部のみ実施）

調査項目

項目	内容	情報取得の方法
①建築物等の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主要用途 ・ 所在地 ・ 防火地域指定 ・ 規模（面積、階数） ・ 構造、木造工法 ・ 防耐火性能要件 ・ 建築主、設計者、施工者名 	調査シートへの記載
②外壁構法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外壁方式（通気工法・カーテンウォール工法の別） ・ 外壁の鉛直方向の連続性（層間部のはね出しの有無等） ・ 外壁のレイヤー構成、各レイヤーの仕様 ・ 外壁通気措置の方法（給排気口の設置位置等） ・ 外壁と開口部の取り合い方法 	調査シートへの記載、図面（矩計図、詳細図）の提供
③外壁の耐久設計、維持管理等への配慮事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外壁の耐久性確保に関して設計で配慮したこと ・ 外壁を長持ちさせる上で維持管理に求めること ・ 外壁に生じた不具合事象の事例等 	調査シートへの記載

中高層木造の外壁構法の実態調査 (国内の調査対象-1) [2]

No.	1	2	3	4	5
建築物名称	下馬の集合住宅	京都木材会館	高知県自治会館	yeni eb(イニエ)南笹口	桐朋学園大学仙川キャンパス
所在地	東京都世田谷区	京都市	高知県高知市	新潟県新潟市	
竣工年	2014	2016	2017	2017	2017
地上階数	5階	4階	6階	5階	4階
高さ	15.5m	13.7m	30.1m	16.8m	19m
用途	店舗・共同住宅	事務所、店舗、共同住宅	事務所	共同住宅	学校
施工者	大和ハウス工業	吉村建設工業	竹中工務店四国支店	大和不動産、シェルター	前田建設
外観					
構造	RC造 (1階) + 木造 (2-5階)	木造 ※一部鉄骨造 (階段・EV等)	RC造・一部鉄骨造 (1-3階) + 木造 (4-6階)	木造	木造 (1-4階) + RC造 (地下1階)
木造工法	軸組工法	軸組工法 (柱、梁木造耐火部材)	軸組工法	軸組工法 (柱、梁木造耐火部材)	軸組工法
外壁の耐火性能	1h耐火	1h耐火	1h耐火	2h耐火 (1F) ,1h耐火 (2~5F)	1h耐火

中高層木造の外壁構法の実態調査 (国内の調査対象-2) [2]

No.	6	7	8	9	10
建築物名称	THE WOOD	高惣木エビル	OYプロジェクト計画	銀座2丁目ビル	第二足立新生苑
所在地	東京都大田区	宮城県仙台市	神奈川県横浜市	東京都中央区	東京都足立区
竣工年	2019	2021	2022	2014	2017
地上階数	6階	7階	11階	5階	5階
高さ	19.5m	27.4m	39.5m	17.5m	18.7m
用途	共同住宅	事務所	事務所	店舗・共同住宅	特別養護老人ホーム
施工者	大藤建設	シェルター	大林組	三井ホーム東京東支店	三井ホーム
外観					
構造	RC造 (地下1階), S造 (1-2階) + 木造 (3-6階)	木造	木造	RC造 (1階) + 木造 (2-5階)	RC造 (1階) + 木造 (2-5階)
木造工法	軸組工法	軸組工法	軸組工法	枠組壁工法	枠組壁工法
外壁の耐火性能	1h耐火	1h耐火 (非損傷性2hは柱, 梁で確保)	2h耐火	1h耐火	1h耐火

中高層木造の外壁構法の実態調査 (国内の調査対象-3) [2]

No.	11	12	13	14	15
建築物名称	SUBACO	エム・グループ本社ビル	Discover 京都 長岡京	ミサワホーム事務所ビル	赤羽の集合住宅
所在地	京都府向日市	長野県長野市	京都府長岡京市	静岡県静岡市	東京都北区
竣工年	2017	2018	2019	2014	2015
地上階数	5階	4階	5階	3階	4階
高さ		15.9m		15.5m	13.4m
用途	店舗	事務所	宿泊施設	事務所	店舗・共同住宅
施工者	リヴ	協和建築、北野建設	リヴ	テクノエフアンドシー	スリーエフ
外観					
構造	RC造 (1階) + 木造 (2-5階)	木造 ※一部鉄骨造 (階段・EV等)	RC造 (1-2階) + 木造 (3-5階) ※一部鉄骨造	木造	木造
木造工法	枠組壁工法	枠組壁工法	枠組壁工法	木質パネル工法	木質パネル工法 (木質複合接着 ¹⁾ 祢)
外壁の耐火性能	1h耐火	1h耐火	1h耐火	1h準耐火	1h耐火

中高層木造の外壁構法の実態調査 (国内の調査対象-4) [2]

No.	16	17
建築物名称	ぷろぼの福祉ビル	はるのガーデン
所在地	奈良県奈良市	高知県高知市
竣工年	2016	2018
地上階数	5階	6階
高さ	19.97m	19.9m
用途	福祉施設 (障害者施設)	高齢者福祉施設 (サービス付高齢者向け住宅)
施工者	大倭殖産	ミタ二建設工業
外観		
構造	RC造 (1階) + 木造 (2-5階) ※一部鉄骨造	RC造 (1-2階) + 木造 (3-6階)
木造工法	CLTパネル工法 (床: 軸組工法)	CLTパネル工法, 軸組工法
外壁の耐火性能	1h耐火	1h耐火

国内調査事例の工法概要

工法	構造	3階	4階	5階	6階	7階	11階	計
軸組工法 (8事例)	木造		2 ②⑤	1 ④ 2h耐火 (1F)		1 ⑦	1 ⑧ 2h耐火	5
	混構造			1 ① RC1+W4	2 ③ RC/S3+W3 ⑥ S2+W4			3
枠組壁工法 (5事例)	木造		1 ⑫					1
	混構造			4 ⑨⑩⑪ RC1+W4 ⑬ RC2+W4				4
木質パネル工法 (2事例)	木造	1 ⑭	1 ⑮					2
	混構造	準耐 1h						0
CLTパネル工法 (2事例)	木造							0
	混構造			1 ⑯ RC1+W4	1 ⑰ RC2+W4			2
合計	木造	1	4	1	0	1	1	8
	混構造	0	0	6	3	0	0	9

国内で実施工された中高層木造建築物約40事例の外壁構法を予備調査し、そのうち通気工法外壁の17事例を詳細調査した。

中高層木造の外壁構法の実態調査 (海外の調査対象-1) [2]

No.	1	2	3	4	5
建築物名称	Limnologen (リムノローゲン)	Portvakten Söder (ポートバックテン セーデル)	Strandparken (ストランドパーケン)	Åsbovägen (オースボベーゲン)	Treet (トリート)
所在地	Växjö, Sweden	Växjö, Sweden	Sundbyberg, Sweden	Fristad, Sweden	Bergen, Norway
竣工年	2008	2009	2013	2015	2015
地上階数	7階、8階 (4棟)	8階	8階	6階	15階
高さ					52.8
用途	共同住宅	共同住宅	共同住宅	共同住宅	共同住宅
施工者	木造 : Martinsons Byggsystem	NCC Construction	木造 : Martinsons Byggsystem	Fristad Bygg	木造 : Moelven Limtre AB ,Kodumaja AS
外観					
構造	RC (1階) + W (2-8階)	RC (1階) + W (2-8階)	W	RC (1階) + W (2-6階)	RC (1階) + W (2-15階) 床はコンクリート造
木造工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法	軸組工法 + 枠組壁工法

中高層木造の外壁構法の実態調査 (海外の調査対象-2) [2]

No.	6	7	8	9	10
建築物名称	Mjøstårnet (ミョーストルネット)	Wood City (ウッドシティ)	HoHo Wien (ホーホー・ウィーン)	Senioren-wohnhaus Hallein Holz8 (ホルツ8)	
所在地	Brumunddal, Norway	Helsinki, Finland	Wien, Austria	Hallein, Austria	Bad Aibling, Austria
竣工年	2019	2021 (全体)	2020	2013	2012
地上階数	18階	8階	24階	5階	8階
高さ	85.4		84.0		
用途	複合施設	複合施設 (共同住宅2棟・事務所1棟・ホテル1棟)	複合施設	高齢者福祉施設	共同住宅・事務所
施工者	木造 : Moelven Limtre	木造 : SRV	木造 : Handler Bau GmbH	木構造 : Kaufmann Bausysteme	木造 : Huber&Sohn
外観					
構造	RC (1階) + W (2-18階)	住宅棟 : RC(1階) + W(2-8階) 事務所棟 : RC(1階) + W(2-8階)	RC + W	RC (1階) + W (2-5階)	RC (1階) + W (2-8階)
木造工法	軸組工法	LVLパネル工法	CLTパネル工法 + 軸組工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法

中高層木造の外壁構法の実態調査 (海外の調査対象-3) [2]

No.	11	12	13	14	15
建築物名称	Hummelkaserne (ハンメルカサーナ)	Suurstoffi 22 (ズールシュトッフィ22)	Murray Grove (マレイ・グローブ)	Dalston Works (ダルストン・ワークス)	Brock Commons (ブロック・コモンズ)
所在地	Graz, Austria	Risch Rotkreuz, Switzerland	London, England	London, England	Vancouver, Canada
竣工年	2016	2018	2009	2017	2017
地上階数	6階	10階	9階	10階	18階
高さ		36	30.3	33.8	54.0
用途	高齢者福祉施設	事務所	共同住宅	複合施設	共同住宅
施工者	Kaufmann Bausysteme	木造 : Erne AG Holzbau	木造 : KLH	木構造 : B&K Structures	木工事 : Seagate Structures
外観					
構造	W	RC (1階) + W (2-10階)	RC (1階) + W (2-9階)	RC (1階) + W (2-10階)	RC (1階) + W (2-18階) 屋根はS造
木造工法	CLTパネル工法	パネル工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法	軸組工法

中高層木造の外壁構法の実態調査 (海外の調査対象-4) [2]

No.	16	17
建築物名称	Origine (オリジン)	Carbon12 (カーボン12)
所在地	Quebec City, Canada	Portland, OR, USA
竣工年	2017	2018
地上階数	13階	8階
高さ	40.9	25.9
用途	共同住宅	共同住宅・店舗
施工者	木工事：Les Condructions FGP	Kaiser+Path
外観		
構造	RC (1階) + W (2-13階)	RC (1階) + W (2-8階)
木造工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法

海外調査事例の工法概要

	構造	5-6階	8-9階	10階	13-15階	18階	24階	計
軸組工法 (2事例)	木造							0
	混構造					2		2
CLTパネル工法 (12事例)	木造	1	1					2
	混構造	2	5	1	1		1	10
その他 (3事例)	木造							0
	混構造		1	1	1			3
合計	木造	1	1	0	0	0	0	2
	混構造	2	6	2	2	2	1	15

(備考) その他はLVLパネル工法など

海外各国で実施工された中高層木造建築物約40事例の外壁構法を予備調査し、そのうち詳細な情報が得られた通気工法外壁の17事例を整理した。

中高層木造建築物の外壁構法の特徴 (国内事例-1)

[2]

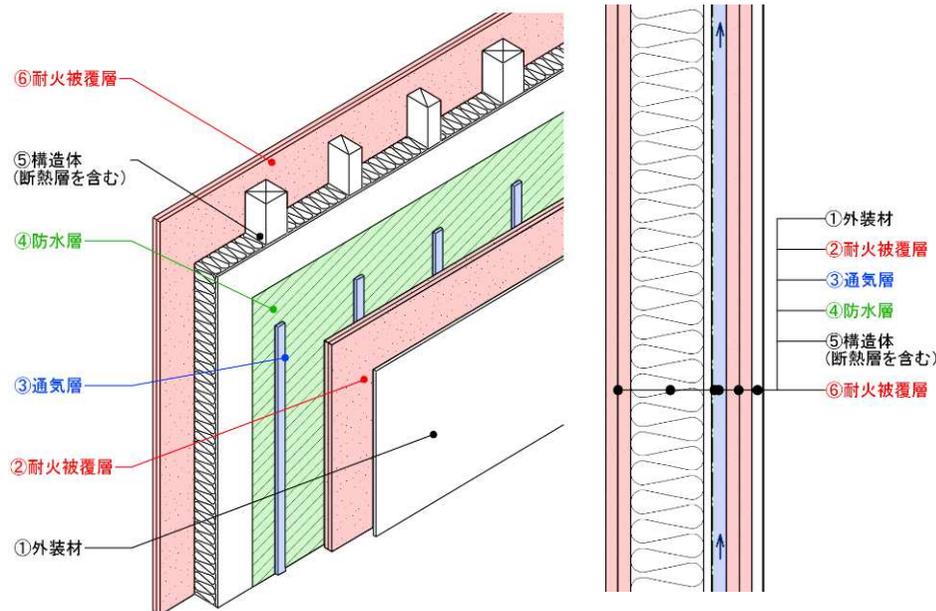
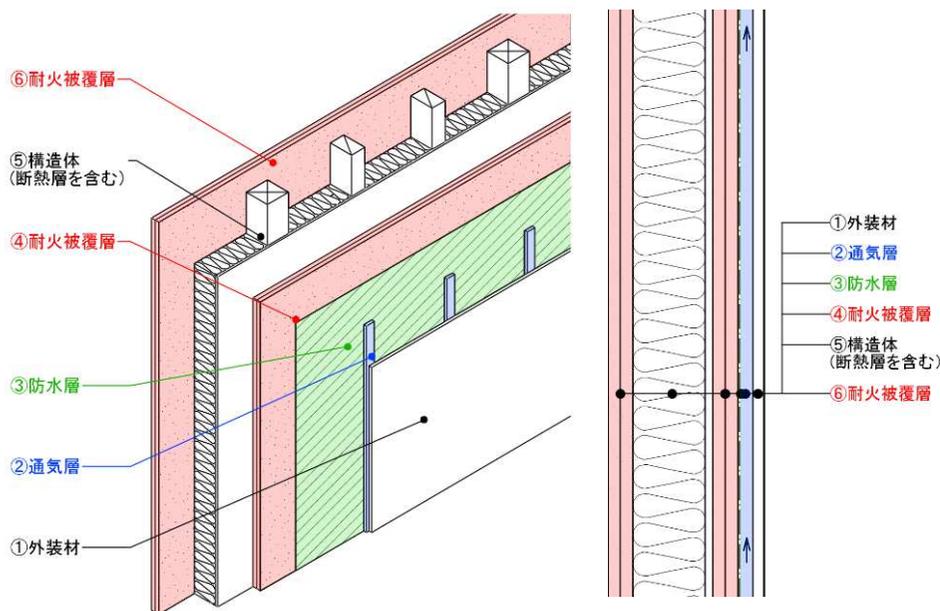
レイヤー構成 (1時間耐火構造外壁の2つの典型タイプ)

タイプA 通気層が耐火被覆層の表側にあるレイヤー構成 (11事例)

タイプB 通気層が耐火被覆層の裏側にあるレイヤー構成 (2事例)

外装材 + 通気層 + 防水層
+ 耐火被覆層 + 構造体 (断熱層含む)
+ 耐火被覆層 (+内装材)

外装材 + 耐火被覆層 + 通気層
+ 防水層 + 構造体 (断熱層含む)
+ 耐火被覆層 (+内装材)



中高層木造建築物の外壁構法の特徴（国内事例-2）

[2]

外装材の種類・仕様等

■ 外装材の種類と
建物階数との関係(備考) *レイヤー構成
のタイプB

	3階	4階	5階	6階	7階	11階	計
窯業系サイディング		1	2/1*	1			5
金属系サイディング						1	1
金属板（ガルバリウム鋼板）			1	2			3
木板		1	2				3
ALCパネル（塗装仕上）					1*		1
磁器質タイル	1						1
窯業系サイディング + 金属系サイディング		1					1
木板 + 金属板（ガルバリウム鋼板）		1					1
セメント系ボード + ALCパネル			1				1
計	1	4	7	3	1	1	17

- 窯業系サイディングは4～6階建に使用され、厚さは16mm程度。（建物高さが13メートルを超える部分に使用する窯業系サイディングは、耐風圧の影響によりメーカーの標準施工基準を適用できない。留め付け方法を強固にする等の対応をしている。）
- 金属系サイディング・金属板（ガルバリウム鋼板）について、補強用下地面材（木板、構造用合板、木毛セメント板）を設置。
- 木板は4～5階建に採用。耐久性の向上に配慮した納まり上の工夫（木板の裏面に窯業系サイディング張り、層間に水切り庇を設置し、各層の下部は金属板を混用。）

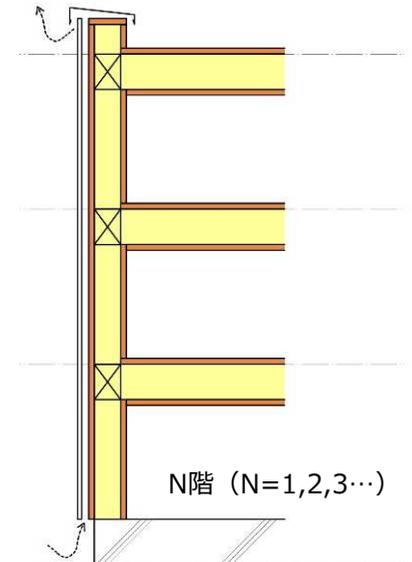
中高層木造建築物の外壁構法の特徴 (国内事例-3)

[2]

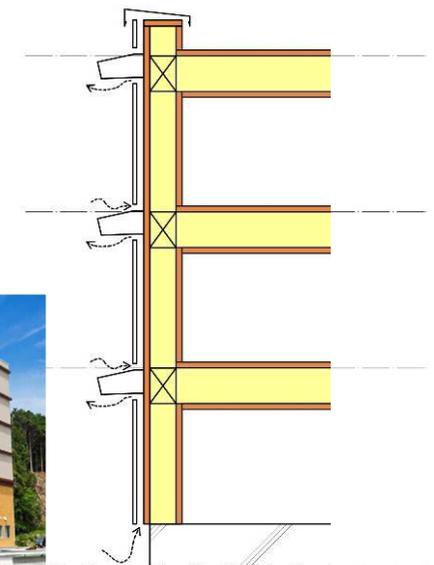
外壁通気の方法

- 外壁に通気措置を施している（通気層と通気口（吸気口・排気口）を設置）のは11事例。
- 外壁通気のしかたは、大きく2種類。
 - 1) **最下階から最上階までを全層で通気**（9事例）
 層間にはね出し部位がなく鉛直方向で外壁面が連続している場合
 →最下層（1階または1,2階がR C造の場合は2,3階）と最上層のみに通気口を有し、最下階から最上階までを全層で通気する機構。
 - 2) **各層で通気**（2事例）
 層間にはね出し部位（庇、バルコニー等）がある場合
 →各層（はね出し部位の相互間の単位）で通気する機構。

事例No.9



事例No.17



中高層木造建築物の外壁構法の特徴 (国内事例-4)

[2]

通気層の厚さ

- 通気層 (胴縁) 厚さと通気口間 (吸気口・排気口間) の階層の数との関係

通気層 (胴縁) 厚さ	通気口間の階層の数					計	備考
	各層	全層で通気					
	1層	3層	4層	7層	10層		
12mm			1*			1	
15mm		1	2			3	
18mm			1			1	
20mm, 21mm			1	1*		2	
23mm			1			1	
36mm (通気部21mm)	1					1	通気金物 t 15+縦胴縁 t 21 (窯業系サイディング張り)
100mm (通気部20mm)					1	1	溝形鋼の横胴縁t100
不明	1					1	
計	2	1	6	1	1	11	

(備考) *レイヤー構成のタイプB

- 通気層の厚さ (胴縁厚さ) は15~21mm程度のものが多い。
- 胴縁は縦胴縁で、木質系のものが多い。

中高層木造建築物の外壁構法の特徴 (国内事例-5)

[2]

通気口の取り方 (全層で通気している場合)

〔吸気口〕

- 純木造では地上階 (1階の基礎) に、混構造 (低層階がRC造等) では木造部分の最下層である2階または3階に取る。

〔排気口〕

- 最上部で、屋外側または小屋裏内のいずれかに通気する機構。
- 屋根・庇の形状により、排気口の取り方に相違がある。

1) 勾配屋根または屋根庇がある場合

- ・ 小屋裏内を介して屋根の棟部から排気。
- ・ 軒裏に排気口を設置。(排気口は軒先から離れた位置とし、雨水浸入を抑制)
- ・ 軒天と取り合う外壁の上端部に排気口を設置。(雨水が浸入し易くなる)

2) 陸屋根 (パラペットあり) の場合

- ・ パラペットの笠木の端部から排気。
- ・ 立ち上がり部に通気経路を取り、陸屋根側に排気。
- ・ 壁部に排気口を設け、ベントキャップを取り付けてカバー。

中高層木造建築物の外壁構法の特徴 (国内事例-6)

[2]

外壁の耐火性能確保の措置

〔耐火構造の仕様〕

- 告示仕様または大臣認定仕様に準拠。

告示仕様	平成12建告第1399号	6事例
大臣認定仕様	日本木造住宅産業協会	4事例
	日本ツーバイフォー建築協会	3事例
	日本CLT協会	1事例
	建材メーカー等個社の仕様	4事例

- レイヤー構成の各タイプの仕様の例 (1時間耐火構造)

1) タイプAの耐火被覆材

強化せっこうボード2枚張り (構造体の屋外側・屋内側)

2) タイプBの耐火被覆材

窯業サイディング (外装材) + ALCパネル (構造体の屋外側)

強化せっこうボード2枚張り (構造体の屋内側)

- 強化せっこうボードは、防火性・耐水性の高い仕様の製品が適宜選定されている。

〔ファイヤーストップ〕

- タイプAの事例は、ファイヤーストップは措置されていない。
- タイプBのうち、1事例はファイヤーストップの措置が報告されている。

中高層木造建築物の外壁構法の特徴 (海外事例-1) [2]

※各国の建築基準に基づくなど、個別性があるため、特徴的とみられる点を整理。

レイヤー構成 (CLTパネル工法の外壁)

外装材 + **通気層** + 防水層 + **断熱層** + 構造体 (CLTパネル)
+ 耐火被覆層 (+内装材)

- 耐火被覆層は構造体の表側になく、裏側のみに設置している事例が多い。
 - ・各国の耐火性能基準で要求されていないことによると想定。
 - ・スプリンクラー設置、燃えしろ設計など、屋内火災への対策を重視と想定。
- 断熱層厚は大きく150~240mm程度。(ヨーロッパや北米の寒冷な気候への対応)

外装材

- 窯業系・金属系サイディング、木板、その他の材料(セメント板、レンガ、漆喰+ボード)を使用。
- 木質材料によるパネル化された外装材の事例が複数ある。

中高層木造建築物の外壁構法の特徴 (海外事例-2)

[2]

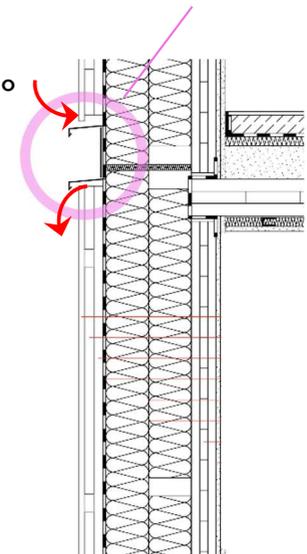
外壁通気の方法

- 外装材裏側には胴縁を設けている事例が殆ど。(通気機能を有していると想定)
- 通気口を各層に設けている事例が複数(7事例程度)。
 - ・ 層間にはね出し部位(バルコニー等)がある建物
 - ・ 層間にはね出しがない建物
 →層間部に金物を設置し、その上部・下部に吸気口・排気口を設置。

水切り+ファイヤー
ストップ機能の金物



事例No.13
(オーストリア)



通気層の厚さ

- 通気層(胴縁)厚さは、単独で25~50mm、横(外)+縦(内)胴縁で49~60mm。
- 胴縁は木製が多い。

中高層木造建築物の外壁構法の類型 (1)

[3]

外壁のレイヤー構成

	構成図	レイヤー構成 (外気側から室内側の順に示す)	耐久性に関する特徴
タイプ A 通気層が耐火被覆層の表側		①外装材 ②通気層 (胴縁) ③防水層 (透湿防水シート等) ④耐火被覆層 (強化せっこうボード2枚張り等) ⑤構造体 (木造躯体、断熱層含む) ⑥耐火被覆層 (強化せっこうボード2枚張り) ⑦内装材 (※図では省略)	構造体 (木造躯体) の表側に耐火被覆層が隙間なく施工されることが一般的なため、雨水浸入や結露などにより構造体に作用した水分が排出されにくく、構造体の乾燥状態を維持しにくい。
タイプ B 通気層が耐火被覆層の裏側		①外装材 (窯業系サイディング等) ②耐火被覆層 (強化せっこうボード2枚張り、ALCパネル等) ③通気層 (胴縁) ④防水層 (透湿防水シート等) ⑤構造体 (木造躯体、断熱層含む) ⑥耐火被覆層 (強化せっこうボード2枚張り) ⑦内装材 (※図では省略)	構造体 (木造躯体) の表側に通気層が隣接しているため、雨水浸入や結露などにより構造体に作用した水分が排出されやすく、構造体の乾燥状態を維持しやすい。
備考	耐火被覆層、外装材の仕様は、告示 (平12年建告第1399号) および大臣認定仕様による。 (耐火被覆層等の代表的な仕様) ・強化せっこうボード2枚張り (合計厚さ42mm以上) ・強化せっこうボード2枚張り+けい酸カルシウム板張り ・強化せっこうボード張り+ALCパネル張り ・窯業系サイディング+ALCパネル張り (タイプB、大臣認定仕様) ・けい酸カルシウム板3枚張り (タイプB、大臣認定仕様)		

中高層木造建築物の外壁構法の類型 (2)

[3]

外壁の鉛直方向の構成

	無開口壁の部分 (一般部)	無開口壁の部分 (はね出し部)	開口壁の部分	要求性能に関する留意点等
タイプ A 通気層が耐火被覆層の表側				<ul style="list-style-type: none"> ○防耐火性 <ul style="list-style-type: none"> ・構造体は耐火被覆層により覆われており、火災の侵入を防止する構造となっている。 ○耐震性 <ul style="list-style-type: none"> ・地震や強風が作用したときに、外壁が脱落しない、著しい損傷が生じないように、変形に追従できる性能を有するものとする。 ○耐久性 <ul style="list-style-type: none"> ・通気層が構造体に直接面していないため、構造体に作用した水分が排出されにくい。
タイプ B 通気層が耐火被覆層の裏側				<ul style="list-style-type: none"> ○防耐火性 <ul style="list-style-type: none"> ・防耐火性を担保するために、火災時に火災が通気層内に侵入するのを防止する措置 (ファイアストップ : F.S) を講じる。 ○耐震性 <ul style="list-style-type: none"> ・地震や強風が作用したときに、外壁が脱落しない、著しい損傷が生じないように、変形に追従できる性能を有するものとする。 ○耐久性 <ul style="list-style-type: none"> ・通気層が構造体に直接面しているため、構造体に作用した水分が排出されやすい。

性能検証実験の試験体の計画 (防耐火性能試験)

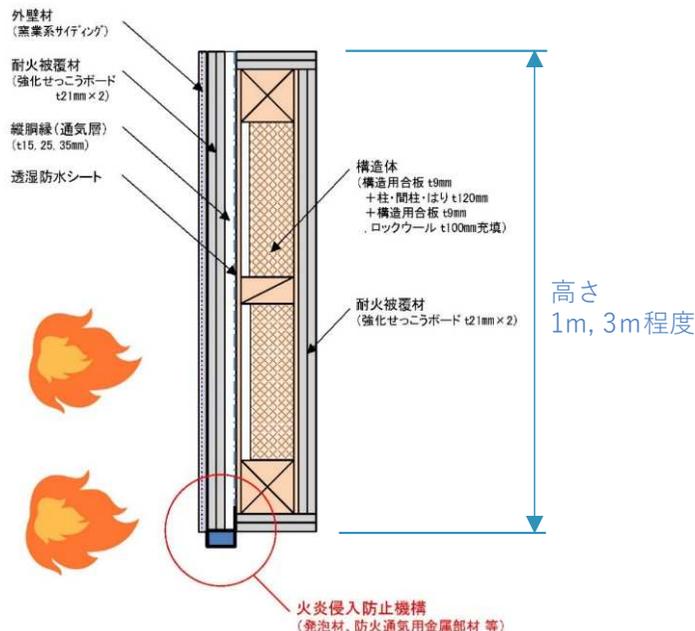
[4]

概要

外壁レイヤー構成のタイプB (通気層が耐火被覆層の裏側) による試験体について、通気口から火炎が侵入するのを防止する構造方法を検討するための要素実験を行う。

試験内容

燃焼炉内に試験体を浮かせて設置し、その側方および下方から加熱し、火炎侵入防止機構の変容の有無と状況、構造体 (木材) の燃焼の有無と状況などを検証し、火災の侵入を有効に防止する構造方法を検討する。



試験体の仕様

告示の耐火構造仕様に準拠した仕様とする。

- 1) 外装材：窯業系サイディング
- 2) 耐火被覆層：強化せっこうボード21mm2枚張り
- 3) 胴縁 (通気層)：15,25mm,35mm(3種類)程度
- 4) 防水層：透湿防水シート
- 5) 構造体：構造用面材+柱・間柱等
- 6) 耐火被覆層：強化せっこうボード21mm2枚張り

試験体下端の吸気口回りに、**通気層内への火炎の侵入を防止する部材**を設置する。



発泡材 (加熱膨張材) の例



金属部材 (イメージ)

試験体の設計 (令和3年度) に係る検討課題

- ・通気層の仕様 (耐久性上有効な通気層の構成、厚み等)
- ・試験体の設定方法、加熱方法
- ・火炎侵入防止機構、部材の設定方法
- ・合理的な試験体仕様の設定

性能検証実験の試験体の計画 (耐震性能試験)

[4]

概要

変形追従性試験を行う。外壁が変形したときに、脱落や損傷を生じることなく構造耐力上安全であることを確認する。

試験内容

試験体の面内方向に変形角を与えた後、試験体に脱落、損傷等がないことを確認する。

1) 損傷について

層間変形角が $1/150\text{rad}$ まで達したときの外装材、防水層、耐火被覆層やその取り合い部（タイプBは火炎侵入防止機構を含む）の傷み具合を検証。

2) 脱落について

層間変形角が $1/30\text{rad}$ まで達したときに外装材等が脱落するか否かを検証。

試験体の仕様

防耐火性能試験の仕様（タイプB）に準ずる仕様を検討。

〔参考〕 JIS A 1414-2 建築用パネルの性能試験方法
(第2部 5.9 変形追従性試験)

- ・ 目的：パネル又はパネルを面内方向に接合又は接続したものを対象とし、パネル本体、パネル取付部、パネル目地部又は仕上材の変形追従性を明らかにする。

