

令和3年度 建築基準整備促進事業（調査事項M6）成果報告

「中高層木造建築物の外被性能の検証」

令和4年5月

実施事業者 株式会社アルセッド建築研究所

〔国立研究開発法人 建築研究所との共同研究〕

事業の背景・目的

- 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。

事業の全体概要

（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年度実施】

- 木造の中高層化に際して法的に要求される防耐火・耐震性能等の基準整理。
- 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（耐震・防耐火）の計画。

（ロ）耐久性検証の前提となる要求性能の検証実験【令和3年度実施】

- 通気層を有する耐火構造外壁の仕様（告示仕様、建材等の仕様）の調査。
- 中高層木造の通気構造外壁の劣化リスクに関するシミュレーション検討。
- 通気構造外壁の通気層の炎侵入防止構造の実験的検証。
- 通気構造外壁の変形追従性能の実験的検証。

（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年度計画】

- 通気構造外壁の通気層の炎侵入防止構造の実験的検証。
- 中高層建築物に作用する高風圧高水圧を想定した条件下における通気構造外壁の耐水性能の実験的検証。
- 検証結果を踏まえた外壁仕様の整理及び耐久性基準の検討・設定。

調査・検討のフロー

【令和2年度】

- ・ 木造の中高層化に際し要求される性能の整理
- ・ 通気構造等外壁の層構成の整理
- ・ 中高層木造の外壁構法の実態調査
- ・ 検証実験（耐震・防耐火）の計画

【令和3年度】

[1] 通気層を有する耐火構造外壁の仕様調査

- ・ 外壁耐火構造の告示仕様・大臣認定仕様
- ・ 通気口回りの部材、外装材・下地材等の仕様

[2] 中高層木造の通気構造外壁の劣化リスクに関するシミュレーション検討

- ・ 雨水浸入に対する一定条件の通気層外壁を構成する木造躯体等の劣化リスクの評価

[3] 通気層の炎侵入防止構造の検証

- ・ 通気構造外壁の炎侵入防止に有効な仕様検討
- ・ 通気層の炎侵入防止構造の実験的検証（60分耐火性能、下層階）

[4] 通気構造外壁の変形追従性能の検証

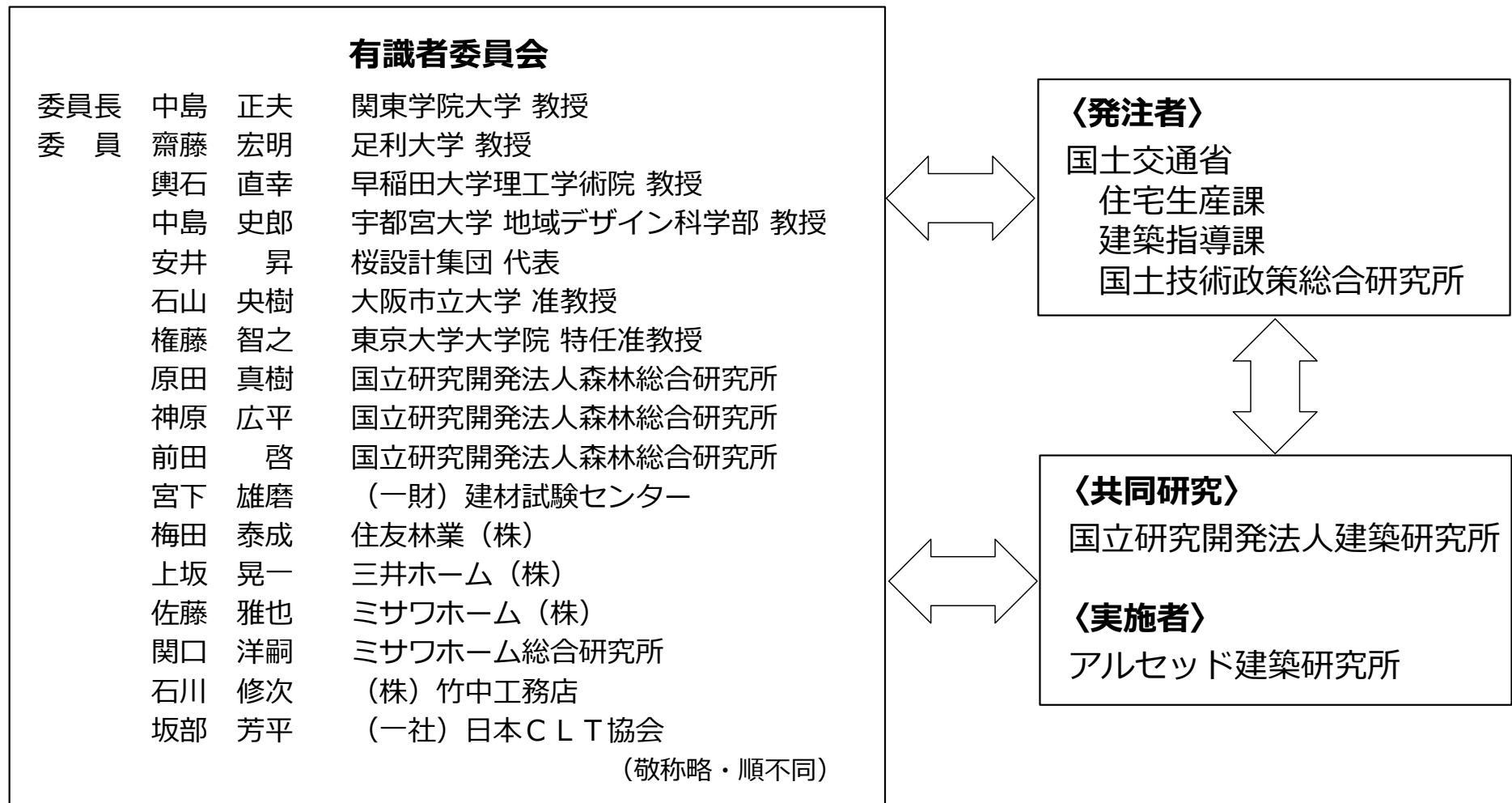
- ・ 通気構造外壁の面内変形時における損傷・脱落の発生状況の実験的検証（変形角1/150・1/30rad, 耐火被覆層の留付け仕様2種類）

【令和4年度】

- ・ 通気層の炎侵入防止構造の検証（条件拡張）
- ・ 通気構造外壁の耐水性能の検証
- ・ 中高層木造の耐久性に資する外壁仕様の整理、耐久性基準の設定検討

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し検証結果等を報告。また、検証の実施にあたっては、委員等有識者とのあいだで内容を協議。



検討の対象とする外壁構成

検討対象：1時間の耐火性能、耐火被覆層を通気層の外側に設置 (タイプB)

		構成図		レイヤー構成 (外気側から室内側の順に示す)
タイプA	耐火被覆層が通気層の内側			<ul style="list-style-type: none"> 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 (強化せつこうボード2枚張等) ⑤構造体 (木造躯体、断熱層含む) ⑥耐火被覆層 (強化せつこうボード2枚張) ⑦内装材 (※図では省略)
タイプB	耐火被覆層が通気層の外側			<ul style="list-style-type: none"> ①外装材 (窯業系サイディング等) ②耐火被覆層 (強化せつこうボード2枚張、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 (強化せつこうボード2枚張) ⑦内装材 (※図では省略)
備考	<p>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)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・告示仕様：強化せつこうボード2枚張 (厚さ42mm以上)、強化せつこうボード2枚張+けい酸カルシウム板張、強化せつこうボード張+ALCパネル張 ・大臣認定仕様：窯業系サイディング+ALCパネル張、けい酸カルシウム板3枚張り 			

通気層を有する耐火構造外壁の仕様調査

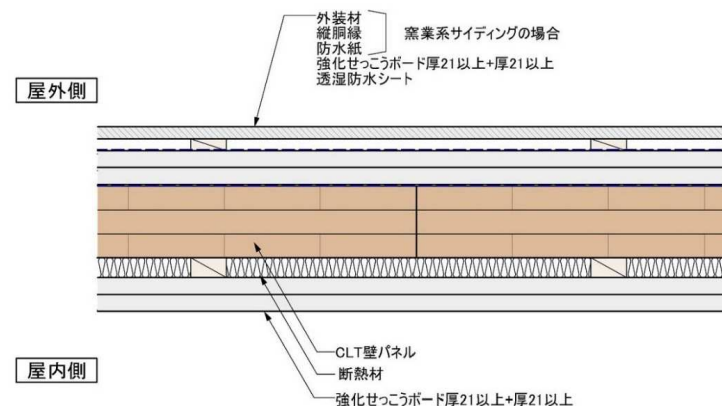
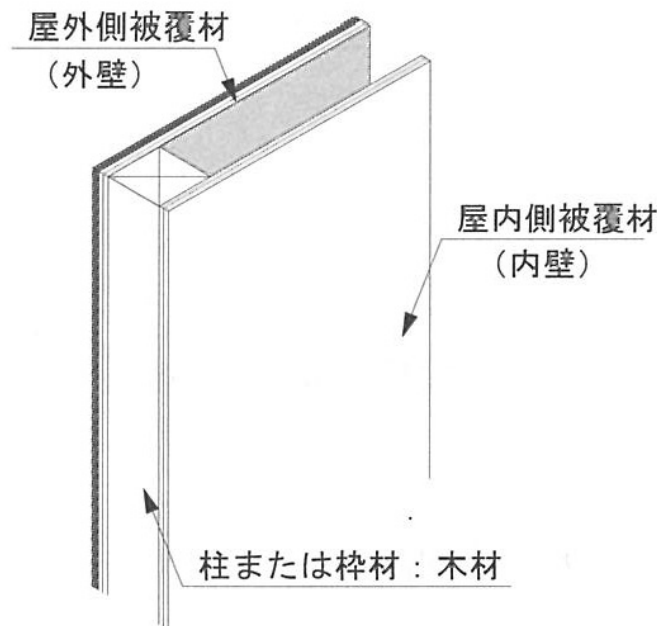
[1]

外壁耐火構造の仕様・1 (告示仕様)

関連告示 耐火構造の構造方法を定める件
 平成12年5月30日建設省告示第1399号
 改正 平成26年国交告第861号 (下表 (1) (2))
 平成28年国交告第538号 (下表 (3))

屋外側 〔右のい ずれか〕	(1) 強化せっこうボード2枚以上張り (合計厚42mm以上)、 その上に金属板、ALCパネル若しくは窯業系サイディング 張り又はモルタル若しくはしっくい塗り
	(2) 強化せっこうボード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)、その上に 金属板、ALCパネル若しくは窯業系サイディング張り又は モルタル若しくはしっくい塗り
	(3) 強化せっこうボード張り (厚15mm以上) の上にALCパ ネル張り (厚50mm以上)
屋内側 〔右のい ずれか〕	(1) 強化せっこうボード2枚以上張り (合計厚42mm以上)
	(2) 強化せっこうボード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) 強化せっこうボード (厚15mm以上) 張りの上にALCパ ネル張り (厚50mm以上)
その他	・間柱及び下地を木材・鉄材

※強化せっこうボードは、ボード用原紙を用いた部分のせっこうの含有率が95%以上、ガラス繊維の含有率が0.4%以上、ひる石の含有率が2.5%以上のものに限る (第1第二号へ (1))



CLTパネルを用いた告示仕様 (1時間耐火) の例

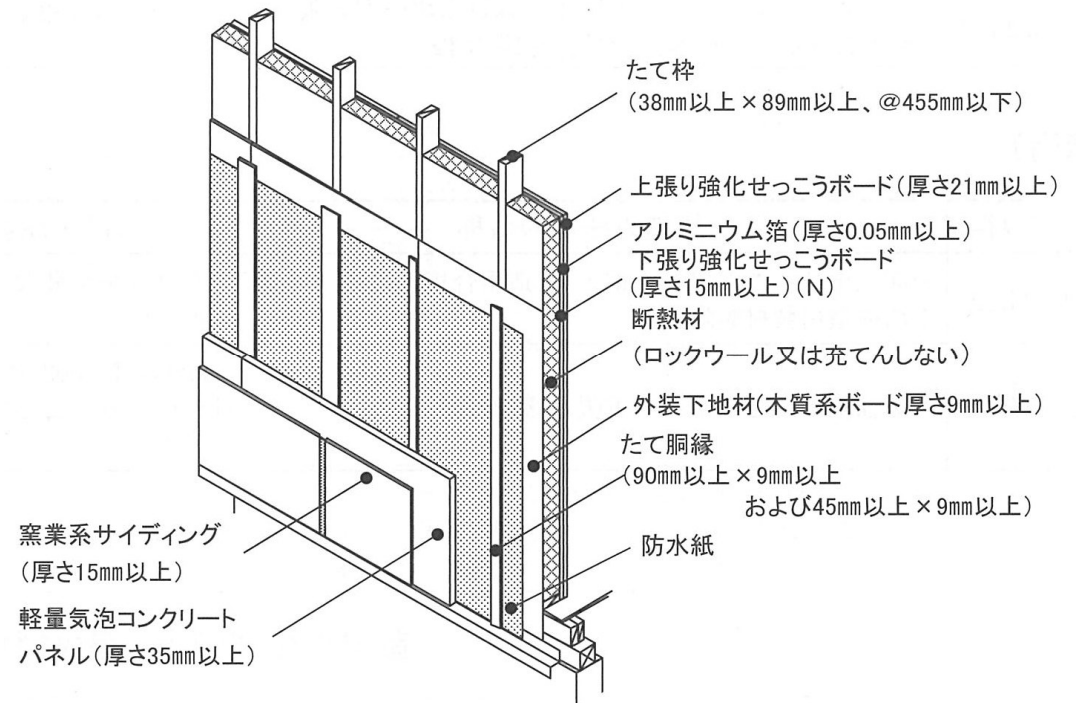
通気層を有する耐火構造外壁の仕様調査

[1]

外壁耐火構造の仕様・2 (大臣認定仕様の例)

認定取得団体 (一社) 日本ツーバイフォー建築協会
 認定番号 FP060BE-0006 (認定取得時期: 平成15年5月)

屋外側	外壁上張材	・窯業系サイディング張り (厚15mm以上) (1時間準耐火構造認定取得材料 (QF060BE-9225) に適合したもの)
	外壁下張材	・軽量気泡コンクリート板 (ALCパネル) 張り (厚35mm以上) (JIS A 5416)
	胴縁・防水紙・外装下地材	・たて胴縁 (9×90mm以上: 外壁上張材・下張材のたて目地部、9×45mm以上: 一般部) ・防水紙 (次のいずれか) ①アスファルトフェルト430 (JIS A 6005) ②透湿防水シート (JIS A 6111) ・外装下地材: 木質系ボード (厚9mm以上)
壁体	壁枠材等	・たて枠・上枠・下枠・頭つなぎ・受け材 (38×89mm以上)
	(断熱材)	※あり (ロックウール90mm以下) 又はなし
屋内側	(内装下地材)	※あり (仕様は外壁下地材に同じ) 又はなし
	内装下張材・上張材	・強化せっこうボード張り (厚15mm以上) の上にアルミニウム(はく張)ガラス繊維クロス張り (厚0.15mm以上)、その上に強化せっこうボード張り (厚21mm以上)



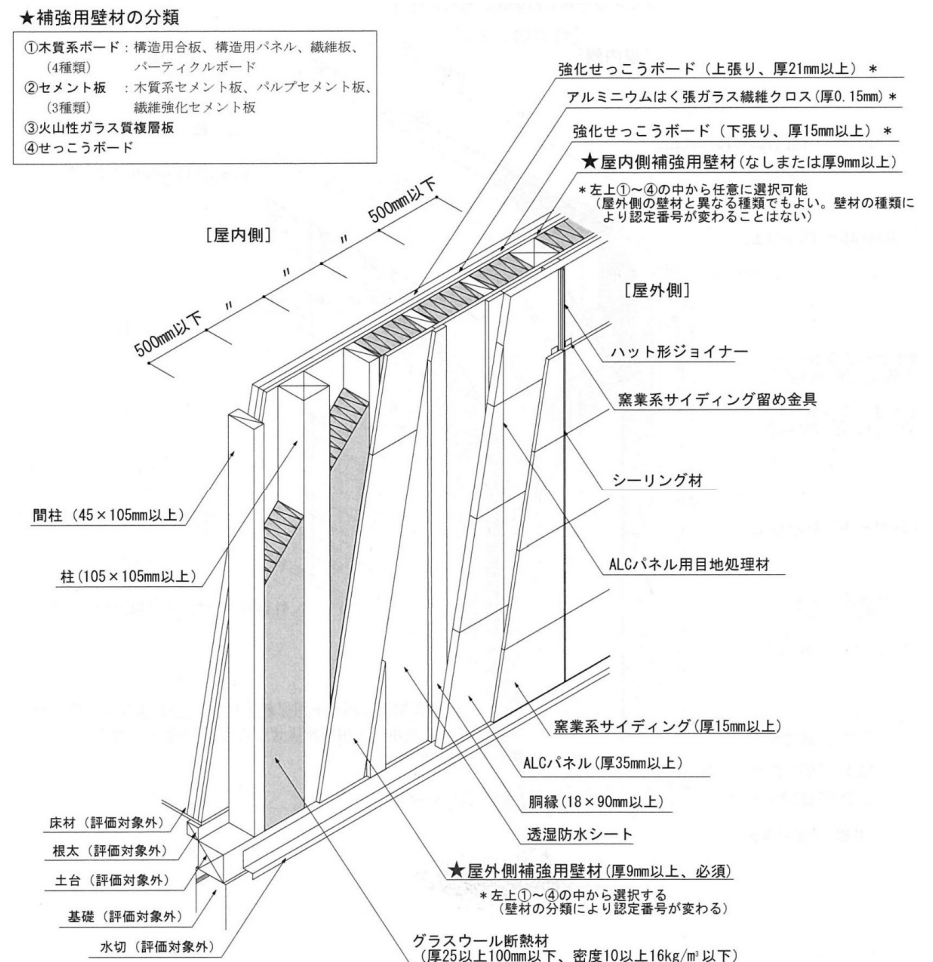
通気層を有する耐火構造外壁の仕様調査

[1]

外壁耐火構造の仕様・3 (大臣認定仕様の例)

認定取得団体 (一社) 日本木造住宅産業協会
 認定番号 FP060BE-0031~0034 (認定取得時期: 平成18年10月)

屋外側	外壁上張材	・窯業系サイディング張り (厚15mm以上) (1時間準耐火構造認定取得材料 (QF060BE-9225) に適合したもの)
	外壁下張材	・ALCパネル張り (厚35mm以上)
	胴縁・防水紙・補強用壁材	・胴縁 (18×90mm以上) ・透湿防水シート (JIS A 6111) ・補強用壁材 (次の①~④のいずれか) ①木質系ボード (厚9mm以上) ②セメント板 (厚9mm以上) ③火山性ガラス質複層板 (厚9mm以上) ④せっこうボード (厚9mm以上)
壁体	柱・間柱・筋かい	・柱 (105×105mm以上) ・間柱 (45×105mm以上) ・筋かい (45×90mm以上)
	断熱材	・グラスウール断熱材 (厚25~100mm)
屋内側	(補強用壁材)	※あり (仕様は屋外側の補強用壁材①~④のいずれか) 又はなし
	内壁下張材・中張材・上張材 [右のいずれか]	・強化せっこうボード張り (厚15mm以上) の上にアルミニウムはく張ガラス繊維クロス張り (厚0.15mm以上)、その上に強化せっこうボード張り (厚21mm以上) ・強化せっこうボード (厚21mm以上) 二重張り



通気層を有する耐火構造外壁の仕様調査

[1]

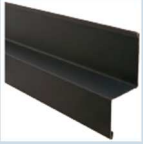
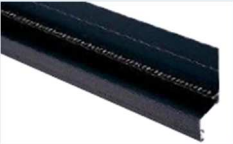


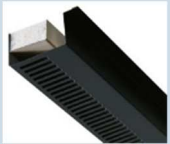
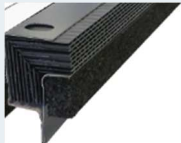
関連部品情報・1 (窯業系サイディング・同留付金具)

部品名	外観例	メーカー	商品名 (品番) (例)	備考
窯業系サイディング		ニチハ (株)	モエンエクセラード (例 : EJB8121EK)	高さ45mまでの建築物 (S・RC造) に対応可能 1時間耐火構造認定品
		ケイミュー (株)	ネオロック (例 : NH5421A)	高さ31mまでの建築物 (鉄骨下地) に対応可能 1時間耐火構造認定品
サイディングスターター		ニチハ (株)	横張り通気金具工法用スターター-A (FA850A)	鋼製
		ケイミュー	スターター (RY7464S)	ステンレス製
サイディング留付金具		ニチハ (株)	通気留付金具SP (JE1870)	鋼製
		ケイミュー	通気留め金具 (B10115)	鋼製

通気層を有する耐火構造外壁の仕様調査

[1]

関連部品情報・2 (水切り金物・通気用部材)

部品名	外観例	メーカー	商品名 (品番) (例)	備考
水切り金物		城東テクノ (株)	防鼠付通気水切り (WKF-N3515-WH)	鋼製 開口面積83cm ² /m
		二チハ (株)	アルミ通気土台水切り (FTD4688)	アルミ製
防虫網・防虫通気材		城東テクノ (株)	防虫網 (例: BSF-1321)	開口面積: 21mm厚用で 56cm ² /m 鋼製
		フクビ化学工業 (株)	防虫通気材ブラック (例: BT21K)	開口面積: 21mm厚用で 149.1cm ² /m 樹脂製
軒裏換気部材		城東テクノ (株)	軒天通気材 (例: FV-G016FD-L27)	60分準耐火構造認定品 (加熱膨張材を措置)
		日本住環境 (株)	Ep45軒ゼロS II (例: V-EP45ZS2-BK)	45分準耐火構造認定品

通気層を有する耐火構造外壁の仕様調査

[1]

関連部品情報・3 (耐火被覆材・加熱膨張材)

部品名	外観例	メーカー	商品名 (品番) (例)	備考
強化せっこうボード		吉野石膏 (株)	タイガーボード・タイプZ	耐火性能を強化したタイプ (屋内側に使用)
		吉野石膏 (株)	タイガーボード・タイプZ-WR	耐火性を強化しつつ、防水性・防カビ性を備えたタイプ 全吸水率5%以下、透湿抵抗 $0.752 \times 10^{-3} \text{a}(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}/\text{ng})$ (屋外側に使用)
加熱膨張材		積水化学工業 (株)	フィブロック	ブチル系、エポキシ系の種類があり、発泡倍率が選べる
		(株) アスクテクニカ	加熱膨張材EXPシート	
		デンカエラストリューション (株)	熱膨張性耐火材ファイヤーシャット	城東テクノ (株) の軒天通気材に採用

中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (概要) [2]

検証の対象・目的

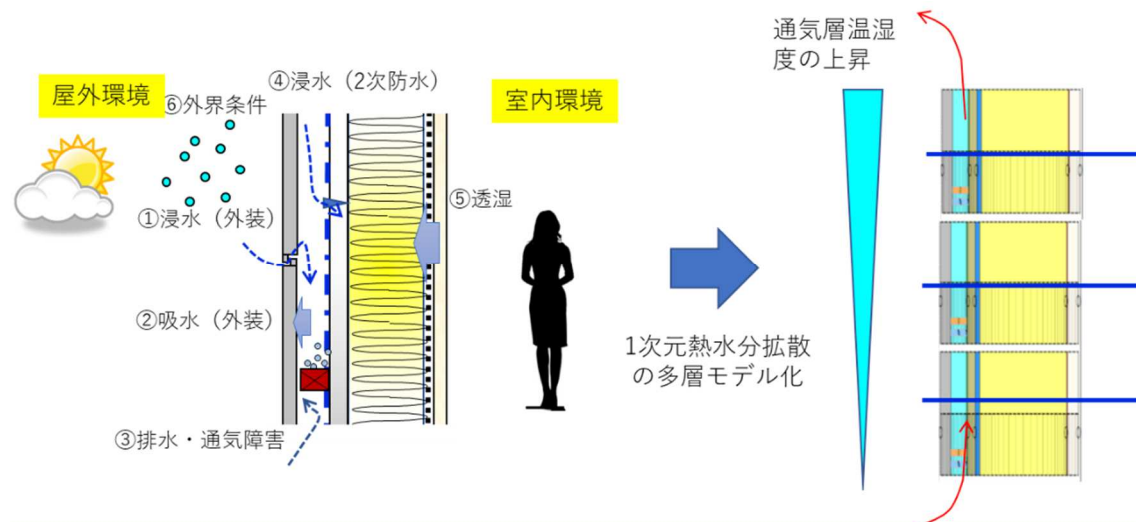
- ・ 告示（平成12年建告第1399号）に例示される耐火構造の外壁（1時間耐火）について中高層の条件における、通気層への雨水浸入を考慮した水分性状の解析を行い、壁体内の劣化リスクを検討する。
 （・ 検討対象とした外壁の仕様を基に、耐震性能・防耐火性能検証の試験体仕様を検討）

検証の体制

- ・ 齊藤宏明委員（足利大学教授）による解析協力の下実施
- ・ 有識者に対し計算条件等に関する意見聴取のヒアリングを実施

計算モデルの概要

- ・ 外気－室内の1次元の計算モデルを積層し、温度及び湿度の上下分布を算出できる多層モデルを開発し解析



中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算条件・1) [2]

計算概要

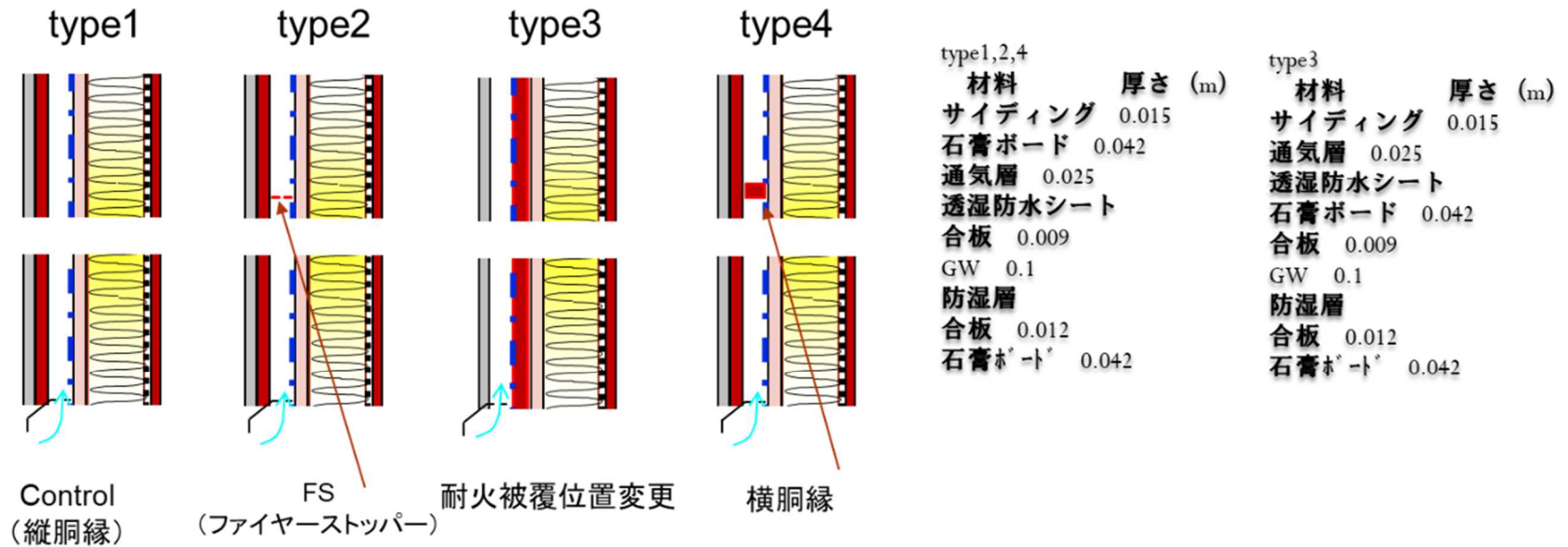
立地・建物関連	立地・気候区分	温暖・多雨地域 (宮崎: 1993年気象データ)
	建物階数・高さ	14階
	外壁が面する方位	東面、北面 (放湿型結露の発生頻度が高いと報告)
	外壁のレイヤー構成	サイディング、強化石膏ボード、 通気層 (25mm) 、透湿防水シート、構造用合板、断熱材GW、防湿層、構造用合板、強化石膏ボード (一部はサイディング、通気層 (25mm)、透湿防水シート、強化石膏ボード、構造用合板 (以下同上) の順)
	通気層の長さ	全層通気
	通気層厚さ	通気障害として流量係数を変更
	通気障害	(縦胴縁[control]、ファイアーストッパ-(FS)、横胴縁の3水準)
環境・現象関連	浸水率	サイディング裏面・合板表面に 壁面雨量の浸水1%
	室内温度	品確法基準の検討条件に準拠
材料物性値※	熱伝導率、湿気伝導率、水分拡散係数、平衡含水率等	ASHARE (米国空気調和衛生工学会) で公開された値を使用

※計算に使用した材料物性値

材料	熱伝導率 W/[m・K]	湿気伝導率 kg/[m・s・Pa]	比熱 J/[K・kg]	密度 kg/m ³
強化石膏ボード	0.22	2.93×10^{-11}	870	787
グラスウール16K	0.045	1.58×10^{-10}	698	16
サイディング	0.963	1.30×10^{-11}	879	1095
合板	0.160	1.11×10^{-12}	1880	613
防湿フィルム	-	2.92×10^{10}	-	-

中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算条件・2) [2]

計算対象壁体の断面構成：通気層を有する1時間耐火構造の外壁

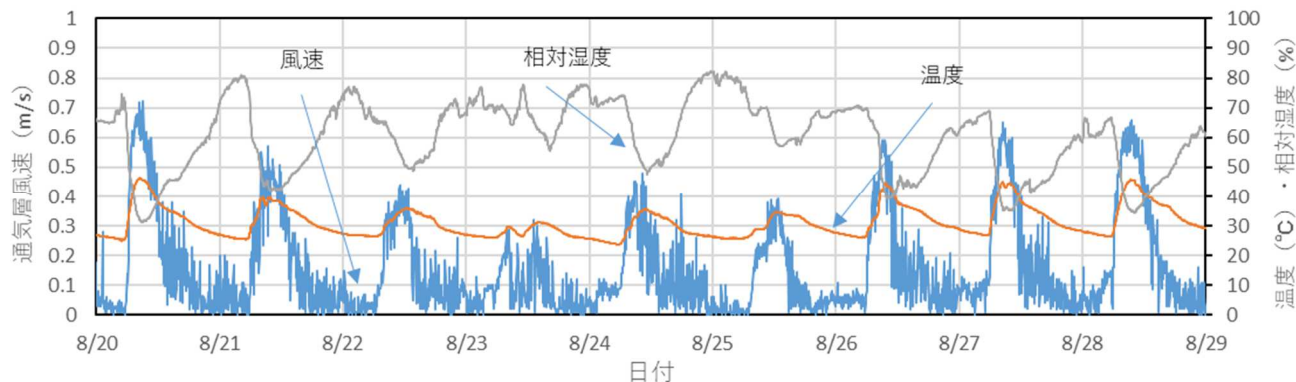


計算ケース

仕様	方位	東		北	流量係数 (1層分の値)
	風向影響	無視	考慮	考慮	
type1 : control (縦胴縁)		○	○	○	0.173
type2 : FS (ファイヤーストッパー)		○	○	—	0.049
type3 : 耐火被覆位置変更		○	○	—	0.017
type4 : 横胴縁		○	○	—	0.001

中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算条件・3) [2]

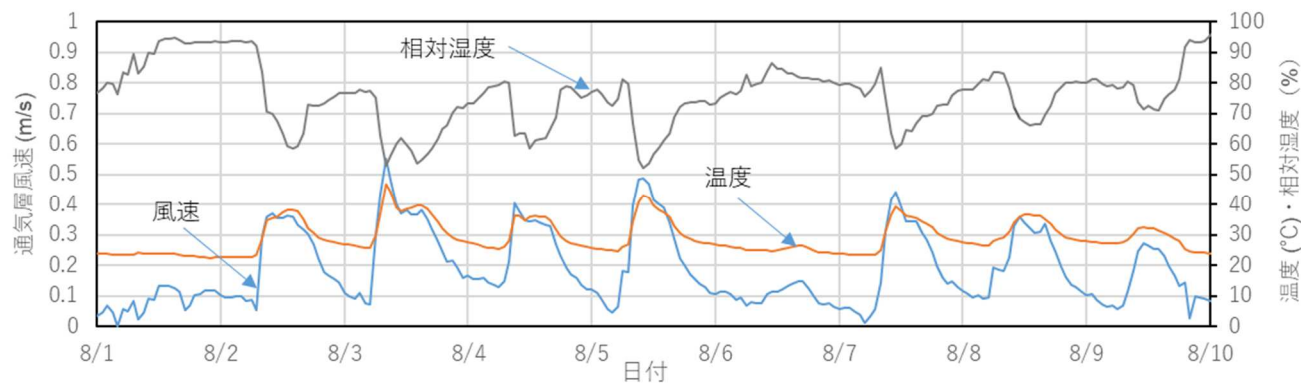
計算モデルの検証 (通気層風速及び温湿度の実験棟計測値との比較)



実験棟の測定結果 (東面)



実験棟(左:東面、右:北面)



計算結果 (東面)

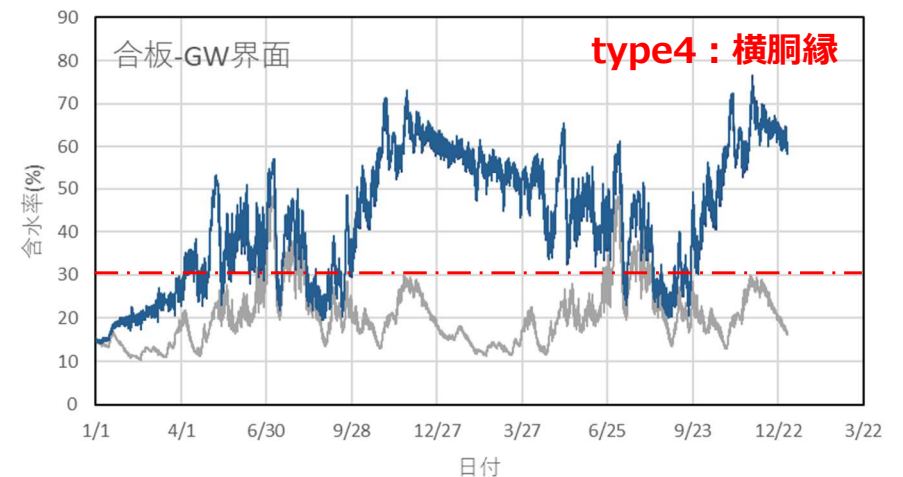
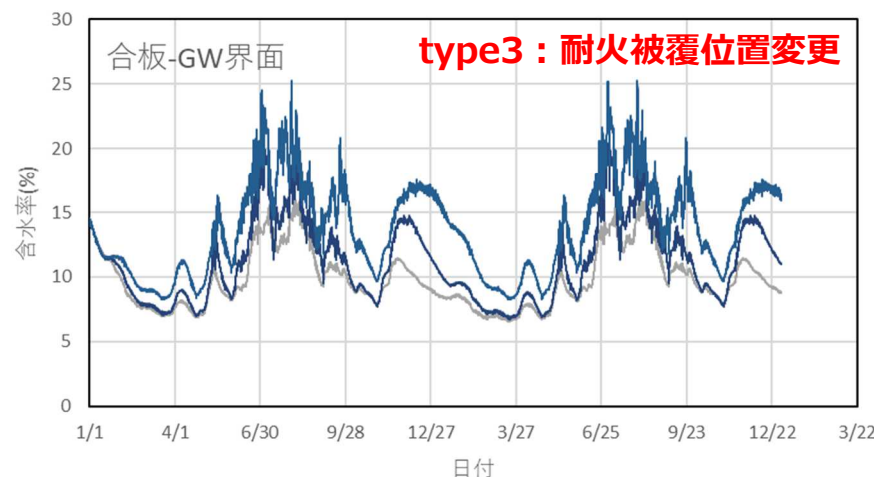
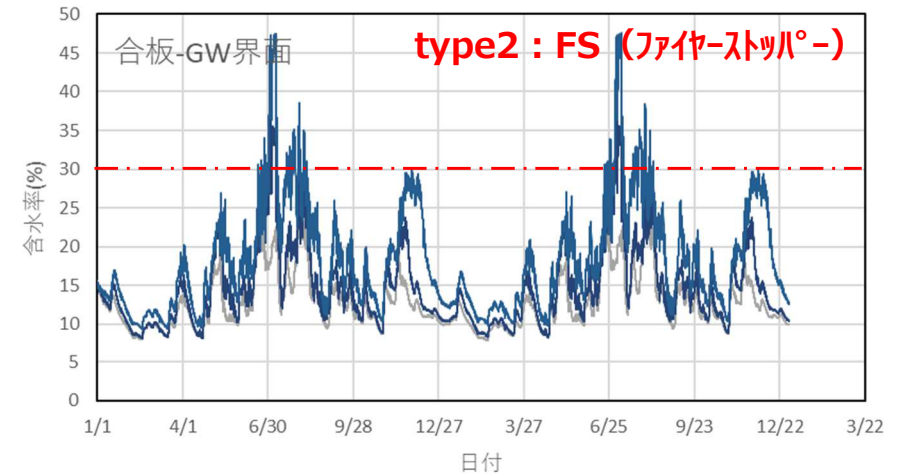
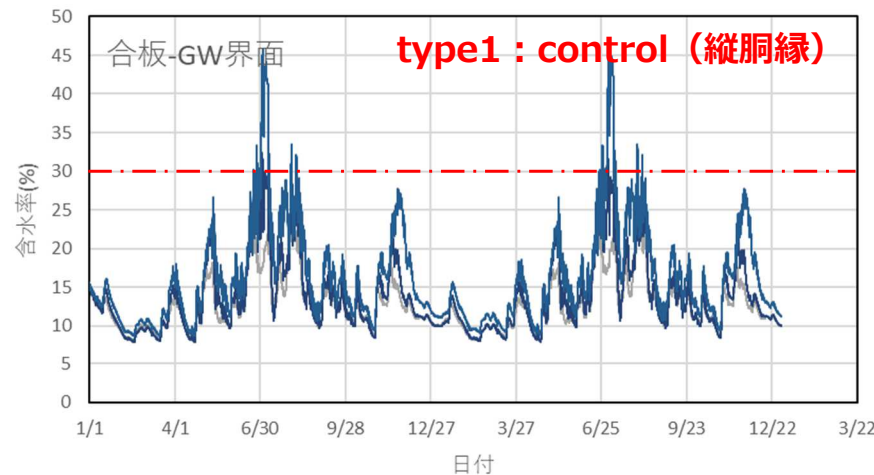
通気層風速・温湿度のおおよその傾向は再現できている

- ・通気層風速：通気層内の温度上昇時（晴天日とみられる期間）はおおよそ0.5~0.7m/s
- ・通気層温度：おおよそ25~45℃の範囲で変化
- ・相対湿度：実測値が50~80%、計算値が50~90%

中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算結果・1) [2]

● 構造用合板 (表側) の含水率 (東面・風向無視)

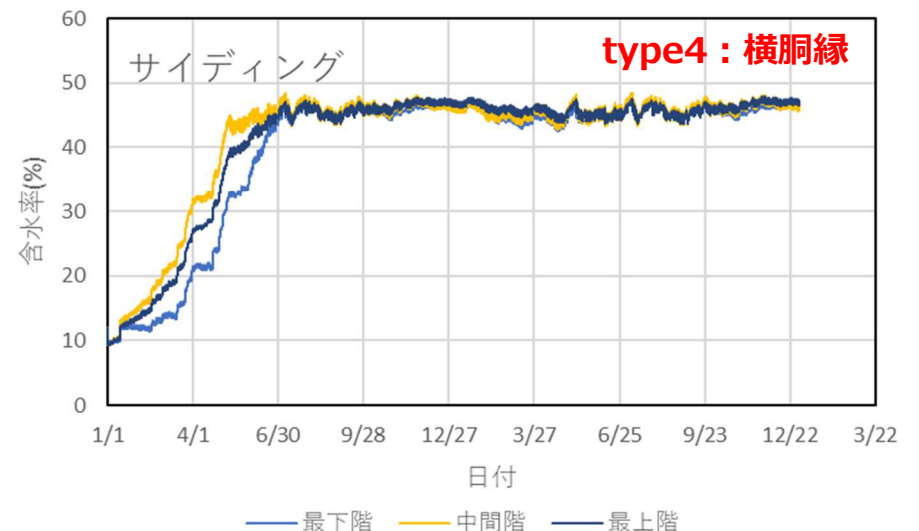
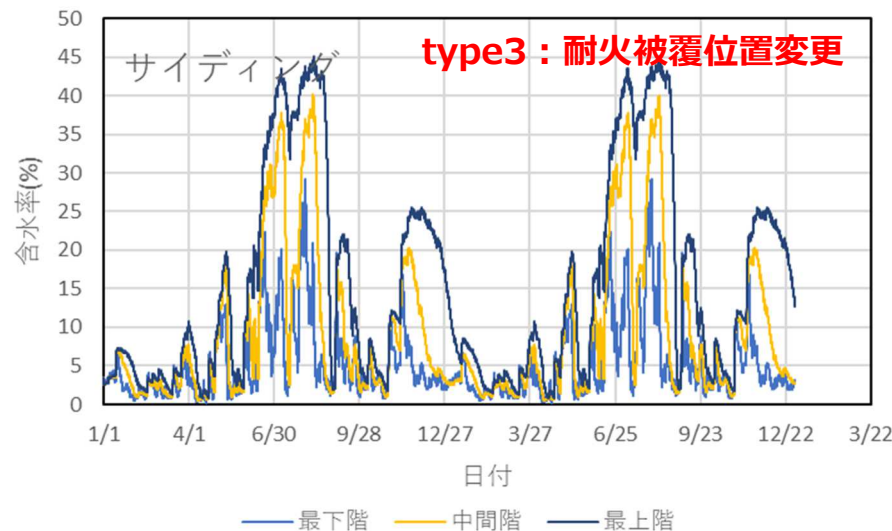
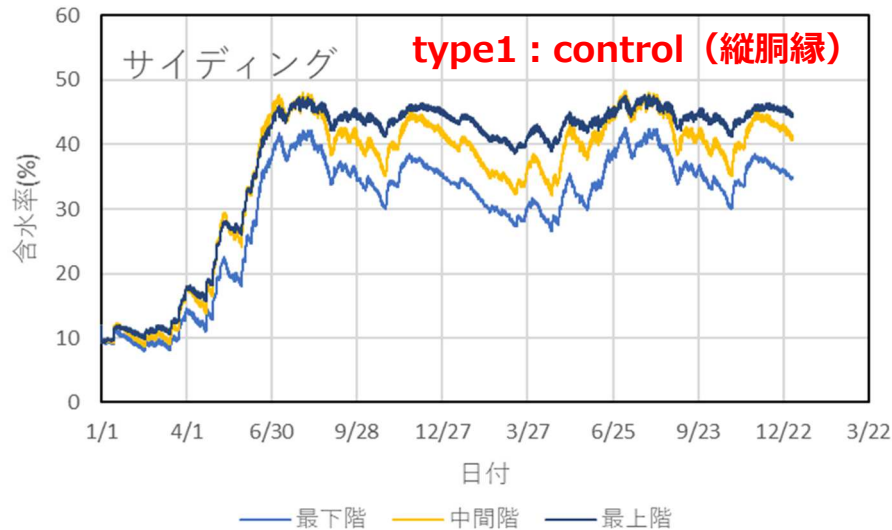
- ・ type1~3では降水量の多い梅雨時にピーク
- ・ 上層階ほど含水率は高い (浸入水の蒸発により水蒸気厚が上昇)
- ・ type4では放湿型結露により断熱材に水分が蓄積
→秋期から冬期に合板側に移動し蓄積 (腐朽リスク高い)



中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算結果・2) [2]

●サイディングの含水率 (東面・風向無視)

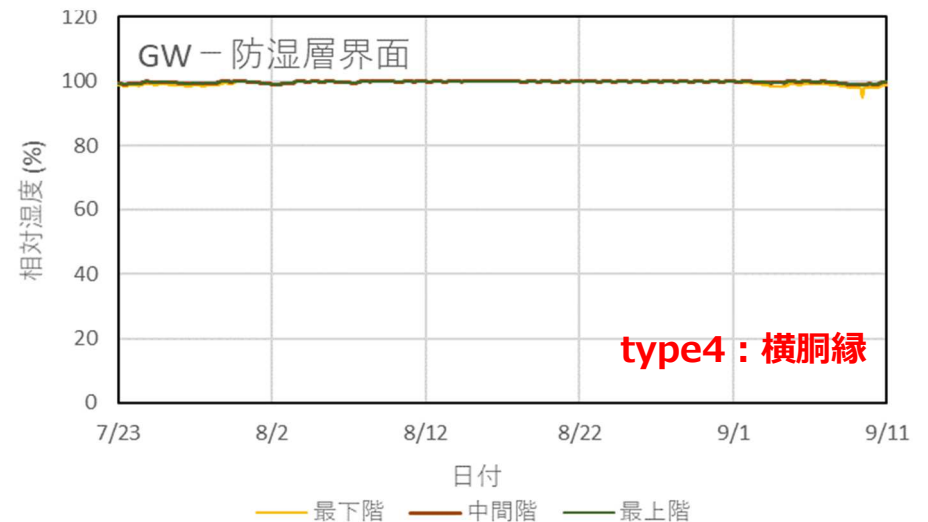
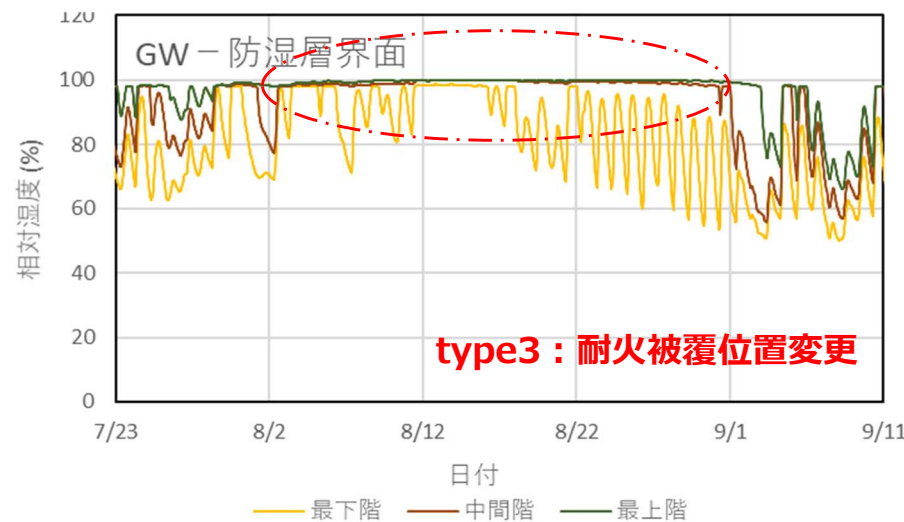
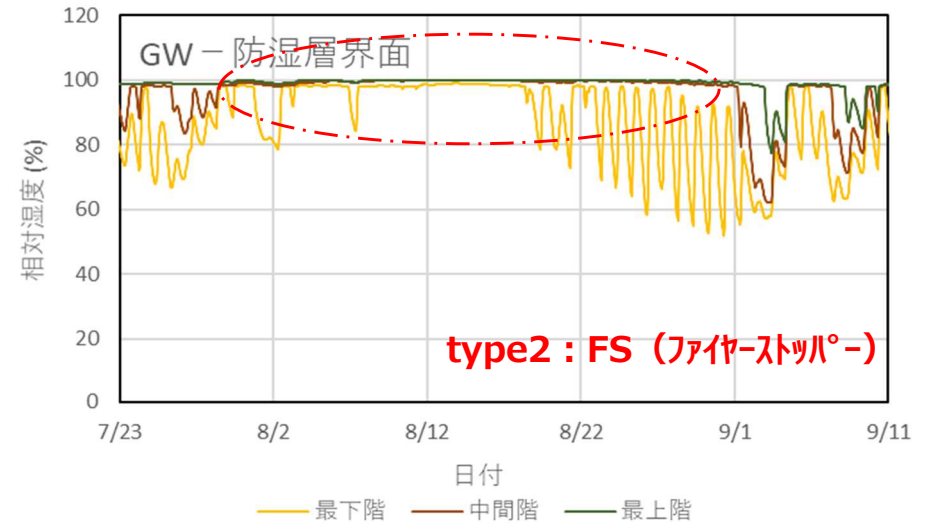
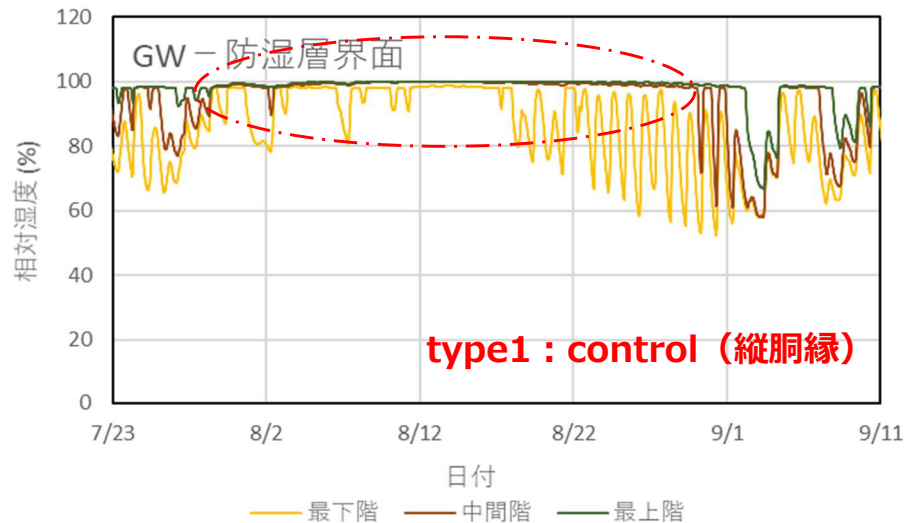
- ・構造用合板と同様の傾向 (サイディングでは生物劣化は生じない)
- ・冬期に氷点下となる場合は凍害のリスクがある (高含水率が継続するtype 4 は外装材の耐久性確保の観点からは望ましくない)



中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算結果・3) [2]

●断熱層(GW) – 防湿層界面の相対湿度 (東面・風向無視)

・放湿型結露が降水量の多い梅雨期の後に顕著に発生 (最上階では梅雨明けから8月下旬まで継続)



中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (まとめ) [2]

中高層の条件 (厳しめの条件設定) における、通気層への雨水浸入を考慮した水分性状の解析により、壁体内の劣化リスクについて、以下のような傾向が確認された。

〔胴縁の仕様について〕

- ・ 縦胴縁仕様について、type1(Control)、type2(ファヤ-ストッパ°-設置)、type3(耐火被覆位置変更)の3タイプとも、合板の含水率の上昇は限定的であり、腐朽リスクは低い。
- ・ type3では、石膏ボードの透湿性が高く裏面の合板が一時的に湿潤しても乾きやすいことが、リスクが低い結果となって現れている。3つのタイプによる差は小さい。
- ・ 横胴縁仕様のtype4においては、高層階での水分蓄積が顕著で、低層の建物と比べて、合板の腐朽リスクが非常に高い。耐久性確保の観点からは金具留めや胴縁を縦横2層として通気経路を確保するなどの配慮が必要。

〔通気層の厚さについて〕

- ・ 通気層厚さ15mmくらいまでは、解析の条件とした25mmと比べて流量係数がそれほど下がらないと考えられ、劣化リスクが高くなることはない想定される。
- ・ 但し、通気層厚さが小さくなると、施工不良により通気層裏面の透湿防水シートのあばれなどが生じた場合に、期待される流量係数が得られずリスクが高まるおそれがある。

通気層の炎侵入防止構造の検証 (目的・対象等)

[3]

検証の対象・目的

- ・ 告示（平成12年建告第1399号）に例示される耐火構造の外壁（1時間耐火）について同告示で要求されている炎侵入防止構造（※）の構造方法の検証を行う

（※）防火被覆の取り合いの部分、目地の部分その他これらに類する部分を、当該取合い等の部分の裏面に当て木を設ける等当該建築物の内部への炎の侵入を有効に防止することができる構造

対象となる外壁仕様と検証内容

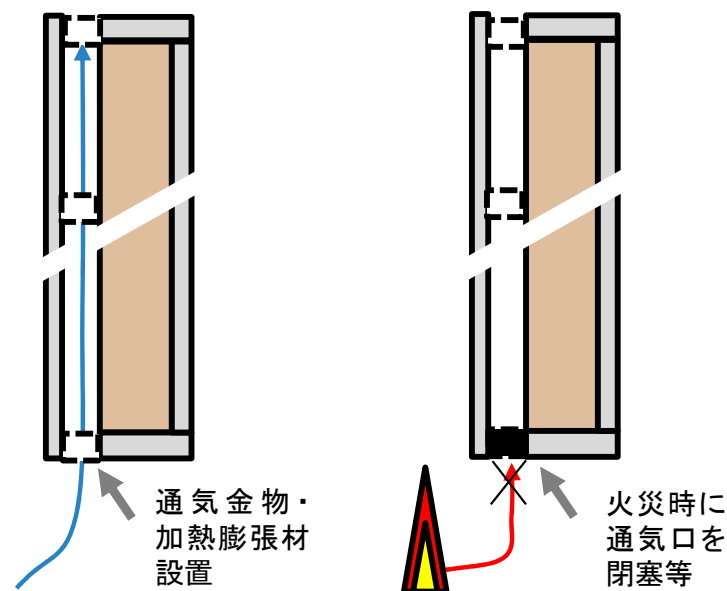
- 耐火被覆層を通気層の外側に設置するレイヤー構成（タイプB）の耐火構造外壁
- ・ 通気層への通気口（給気口・排気口）の部分で耐火被覆層が不連続になる



- ・ 通気口から火災時に火炎が通気層内に侵入し木造躯体を燃焼させるおそれがある



- ・ 通常時の通気を確保しつつ、告示で要求されている火災時の炎侵入防止構造の構造方法（通気金物、加熱膨張材等を措置した仕様）を実験的に検証
- ※今年度は通気層の通気口を外壁の下部に設置したものを対象（上部から下部まで一体の通気層を想定）



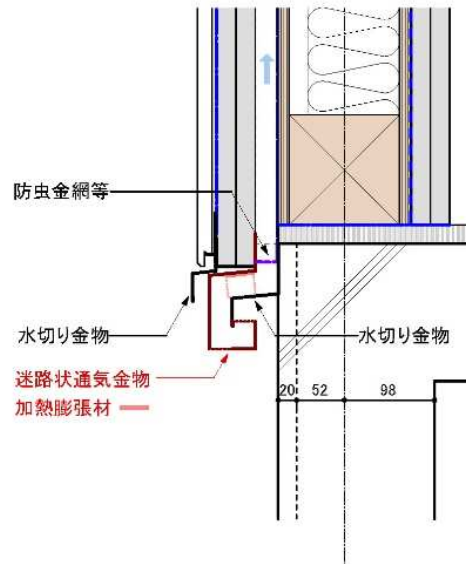
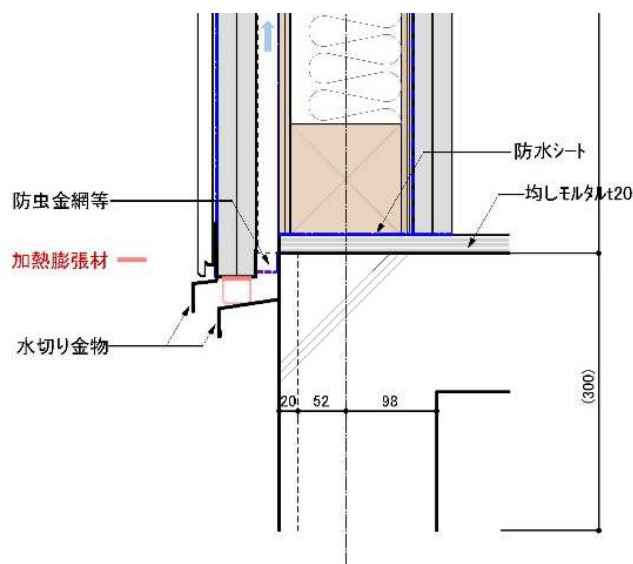
検証の体制

- ・ 国立研究開発法人建築研究所との共同研究の下で実施（建築研究所の研究課題と連携）
- ・ 試験は建築研究所の水平炉を用いて実施

通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体仕様)

[3]

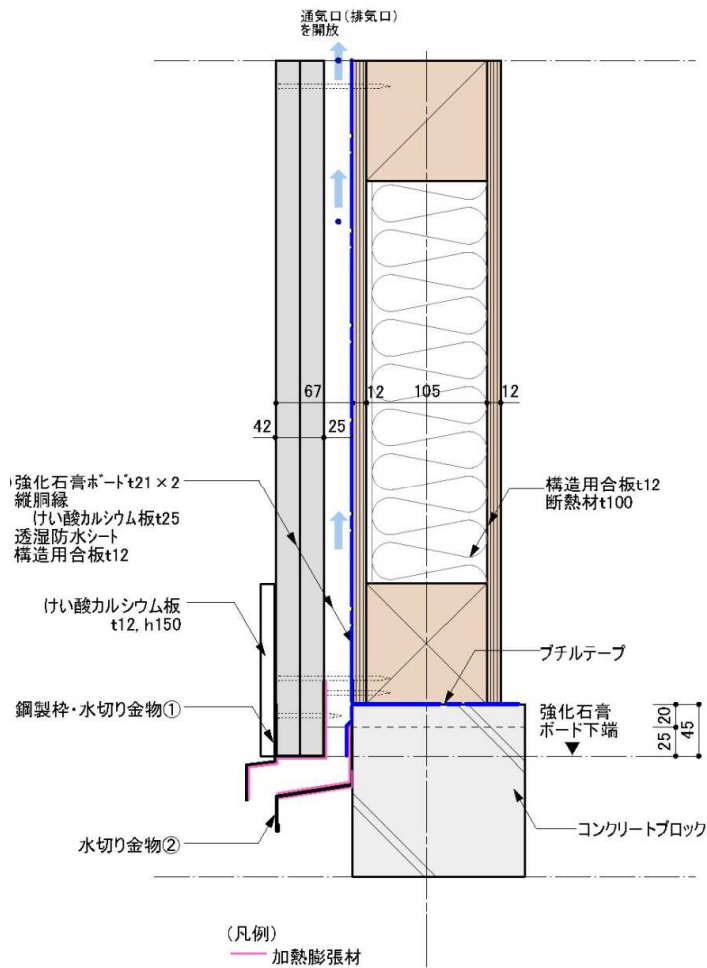
試験体No.	大きさ (巾×高さ)	通気層厚	水切り金物等	加熱膨張材	防虫網	耐火被覆層 端部金物
1	60cm×70cm程度	25mm	標準型 (RC部分に設置)	低発泡 (10倍)	なし	標準
2	60cm×70cm程度	25mm	迷路状：標準型＋ 火炎抑制力バー (RC部分に設置)	高発泡 (30倍)	あり (通気層内)	標準
3	60cm×70cm程度	25mm	標準型 (RC部分に設置)	高発泡 (30倍)	あり (通気層内)	標準
4	60cm×70cm程度	25mm	標準型 (RC部分に設置)	高発泡 (30倍) ※減量	あり (通気層内)	改良 (高さ詰め)



通気口に設ける水切り金物等の納まり例
 (左) 標準型の水切り金物 No.1,3,4
 (右) 迷路状水切り金物
 (標準型＋火炎抑制力バー) No.2

通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験の概況)

[3]



試験体外観(No1)



試験体設置/燃焼状況(No2)



炉内・試験体下部
通気口(No1)



燃焼後・通気口回り(No3)



燃焼後・構造用合板の屋外側表面(No3)

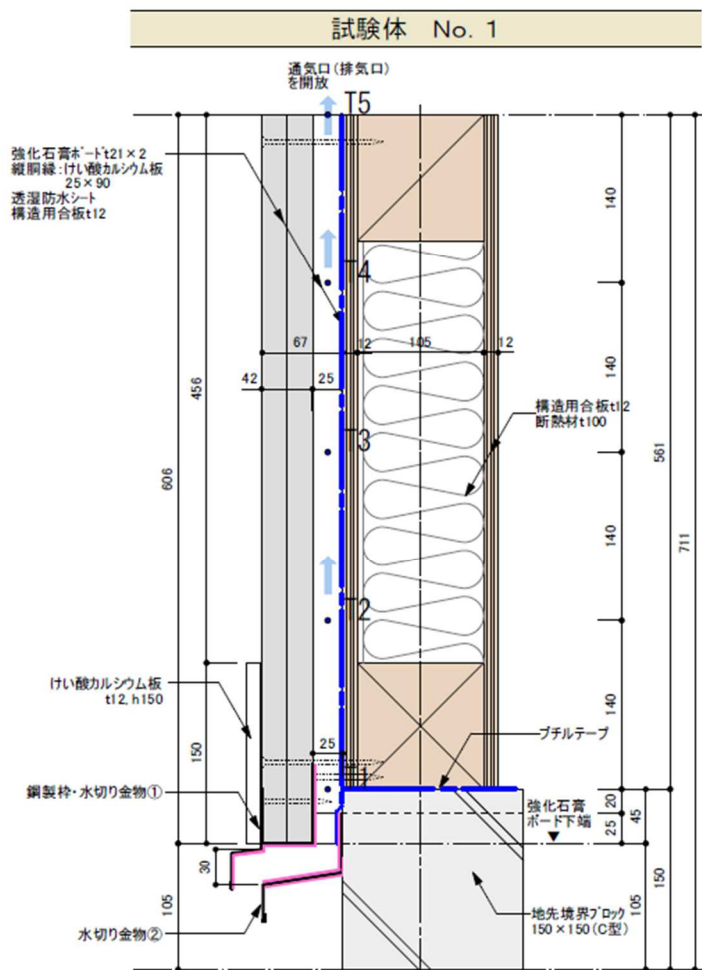
試験体図(No1)

標準型水切り・低発泡・防虫網なし

通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体 No.1)

[3]

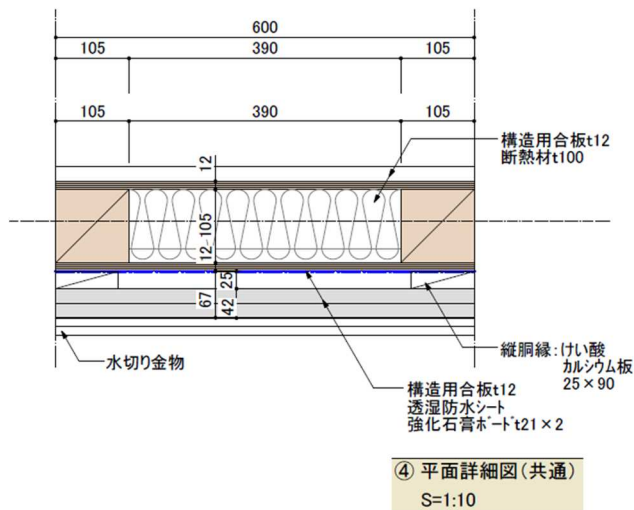
試験体図・金物の状況



① 断面詳細図 (試験体No.1)
S=1:5

(凡例)

- 加熱膨張材
- 積水化学工業フィブロックTBBZ001 (厚さ0.66mm 発泡倍率10倍)
- ※水切り金物②の下面以外は2層貼り



④ 平面詳細図 (共通)
S=1:10



③-1 正面図 (試験体No.1)
S=1:10



標準型水切り金物下側の設置状況



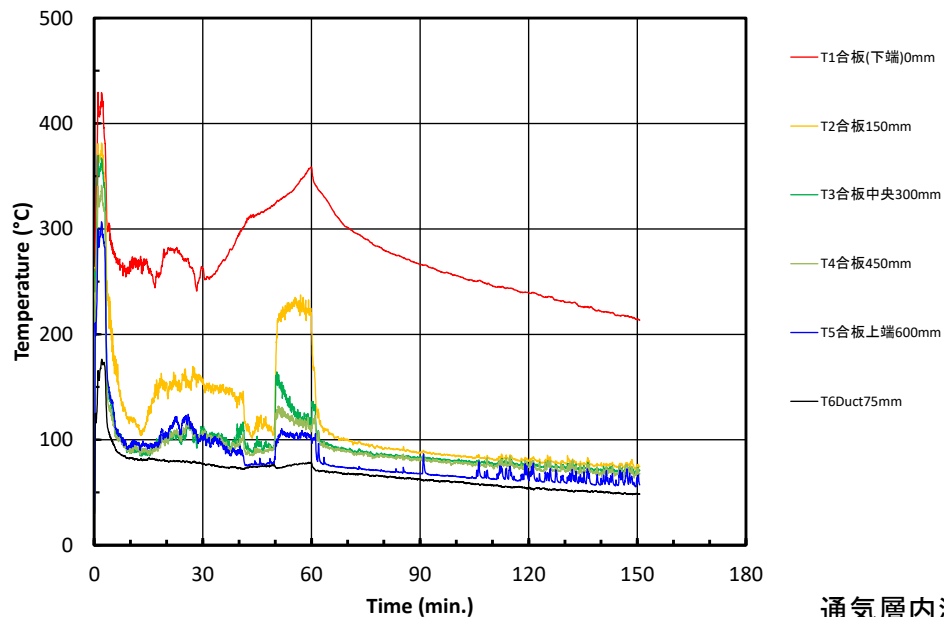
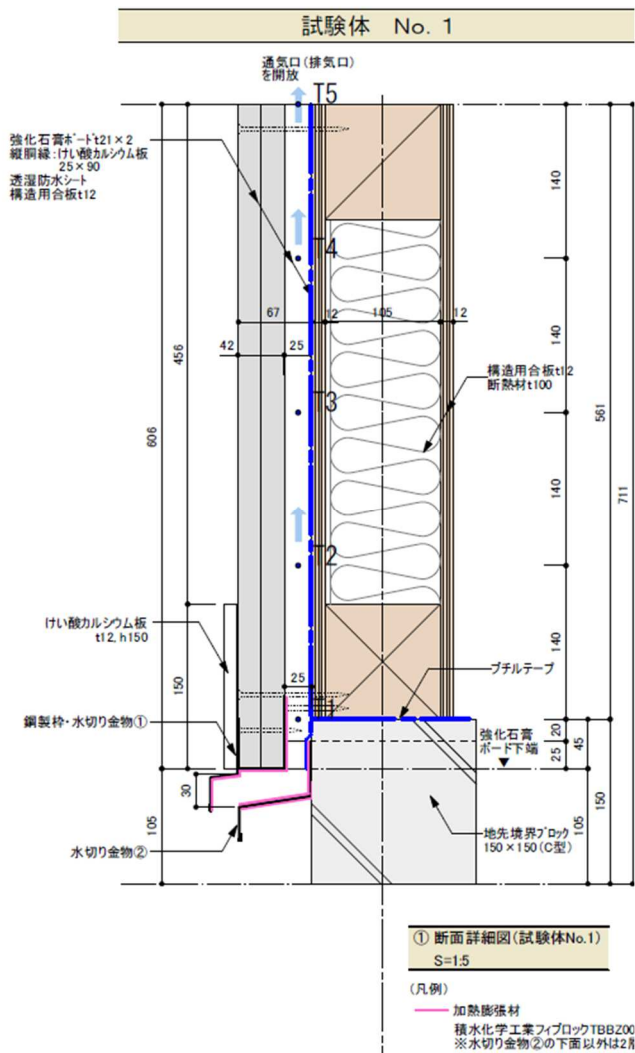
標準型水切り金物の通気層の加熱発泡材

通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体 No.1)

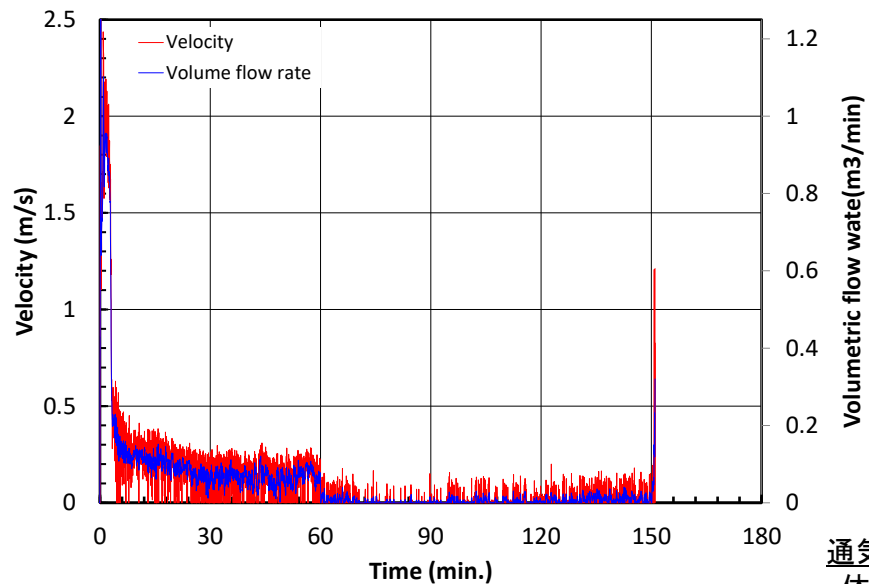
[3]

試験結果

標準型水切り・低発泡・防虫網なし



通気層内温度



通気層内気流速度
・体積流量

通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体 No.1)

[3]

加熱中の様子



加熱開始5分時点



加熱開始35分時点



加熱開始60分時点



加熱膨張材の発泡



合板断面

加熱後の様子



ボード側水切り



透湿防水紙



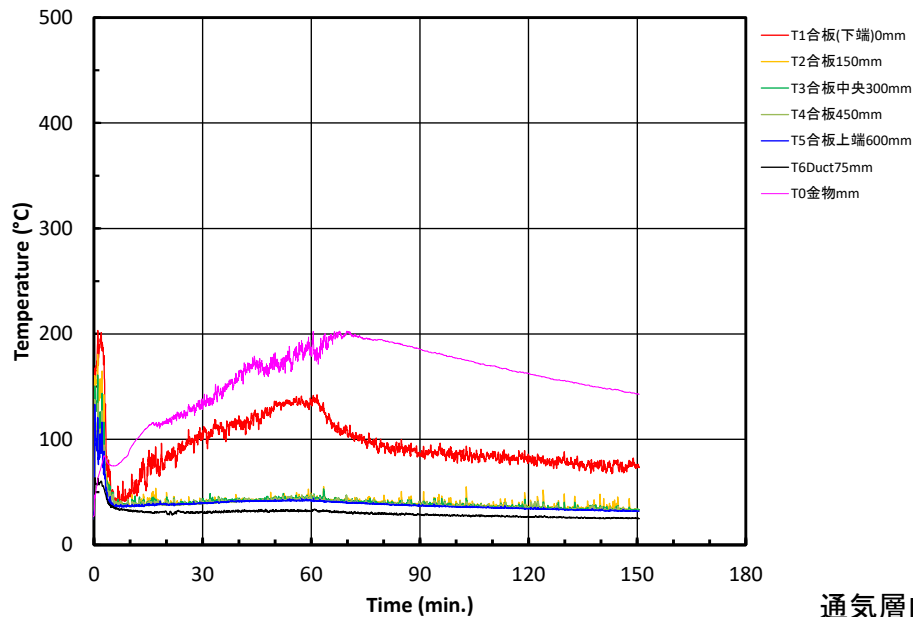
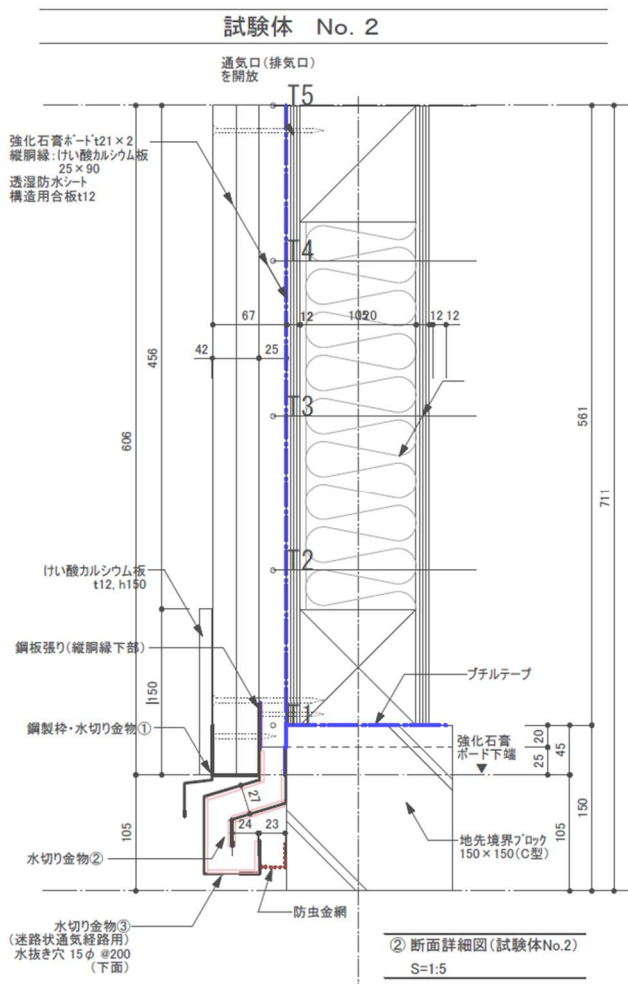
合板

通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体 No.2)

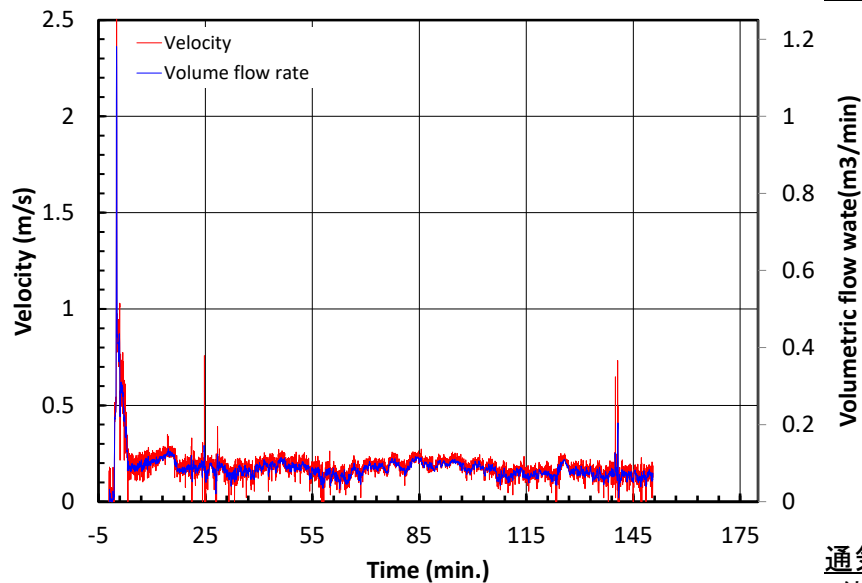
[3]

試験結果

迷路状水切り・高発泡・防虫網あり



通気層内温度



通気層内気流速度
・体積流量

通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体 No.2)

[3]

加熱中の様子



加熱開始2分時点



加熱開始20分時点



加熱開始60分時点



加熱膨張材の発泡



合板断面

加熱後の様子



ボード側水切り



透湿防水紙



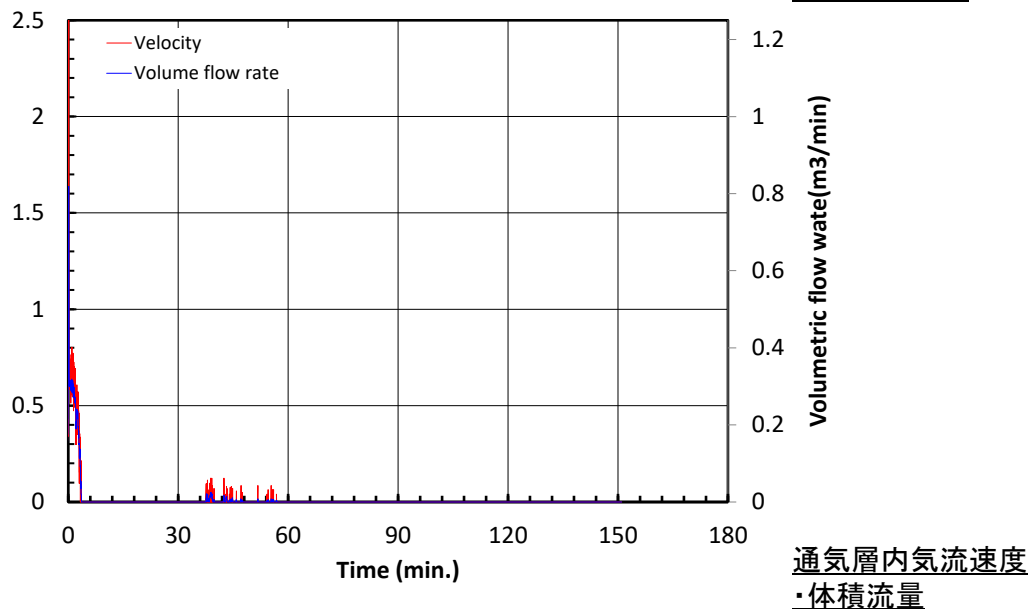
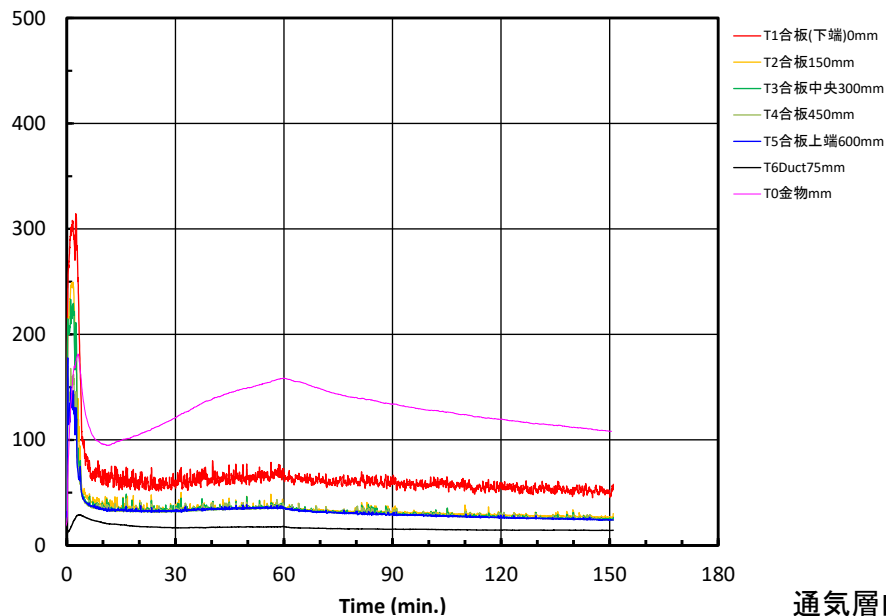
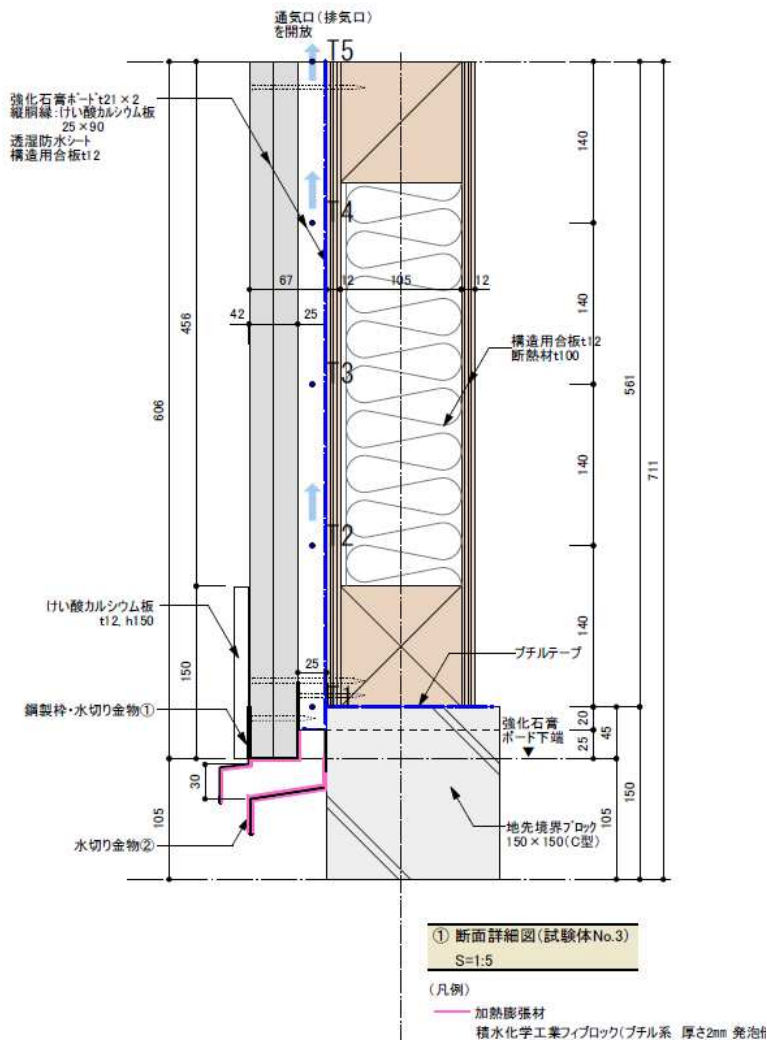
合板

通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体 No.3)

[3]

試験結果

標準型水切り・高発泡・防虫網あり



通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体 No.3)

[3]

加熱中の様子



加熱開始2分時点



加熱開始28分時点



加熱開始60分時点



加熱膨張材の発泡

加熱後の様子



ボード側水切り



透湿防水紙



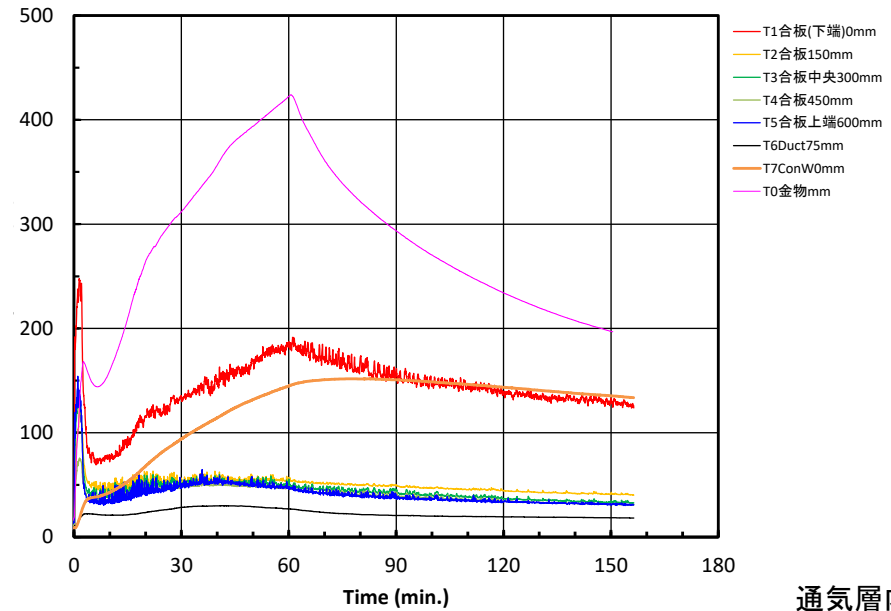
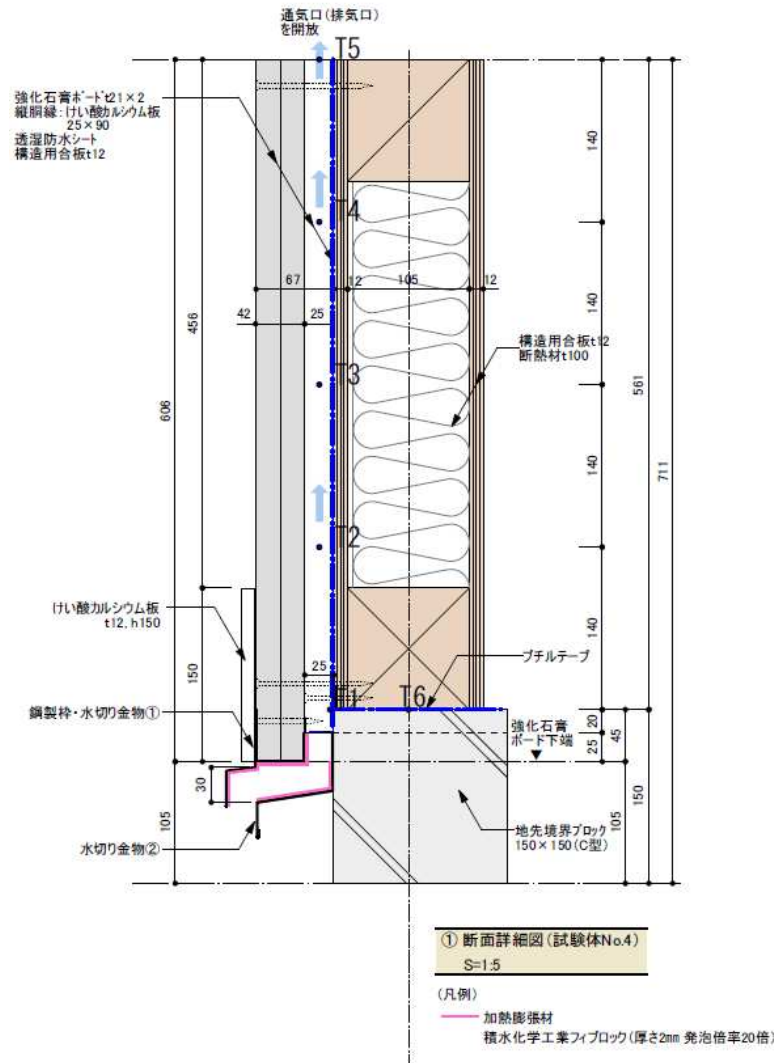
合板

通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体 No.4)

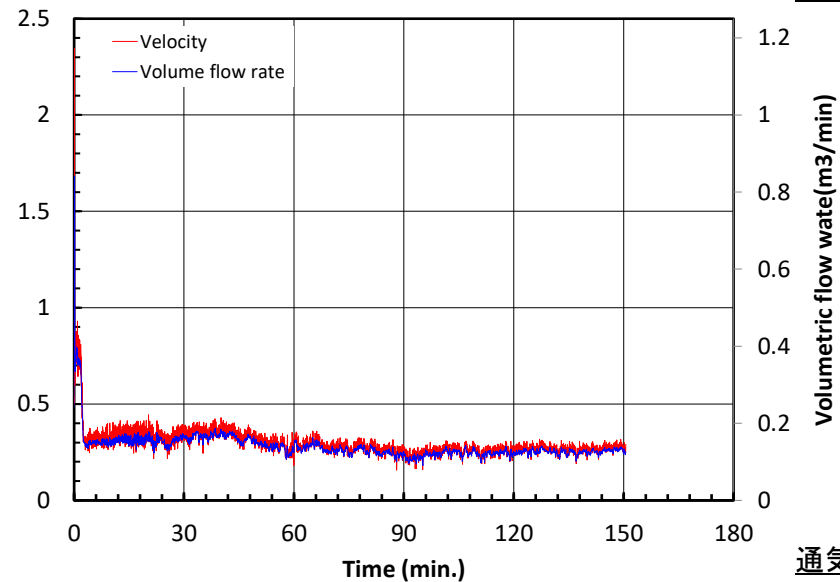
[3]

試験結果

標準型水切り・高発泡(減量)・防虫網あり・端部金物改良



通気層内温度



通気層内気流速度・体積流量

通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体 No.4)

[3]

加熱中の様子



加熱開始2分時点



加熱開始38分時点

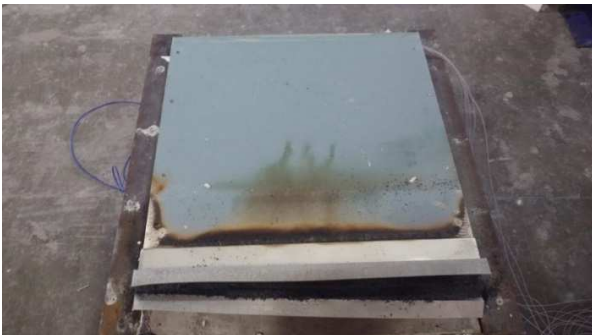


加熱開始60分時点



加熱膨張材の発泡

加熱後の様子



ボード側水切り



透湿防水紙



熱膨張による金物の浮き

通気層の炎侵入防止構造の検証（まとめと課題）

[3]

検証実験のまとめ

- ・ 国土交通省告示（平成12年国土交通省告示第1399号）に例示される1時間耐火構造外壁の構造方法を対象とし、同告示で要求されている炎侵入防止構造の構造方法について実験により性能確認を行った。
- ・ 外壁の下端部を対象とした試験体No.2～4の仕様において、同告示で要求されている炎侵入防止構造の構造方法が確認できた。

検討課題

- ・ 耐火性能を1時間より高めた場合（90分耐火構造、120分耐火構造）における炎侵入防止構造の構造方法
- ・ 外壁の各階（中間階）に設ける通気口の部分における炎侵入防止構造の構造方法

通気構造外壁の変形追従性能の検証 (概要)

[4]

検証の対象・目的

- ・告示（平成12年建告第1399号）に例示される耐火構造の外壁（1時間耐火）の変形追従性能の検証を行う
- ・外壁仕上げ材、下地材を施した通気層を有する外壁試験体（枠組壁工法）を面内方向に変形を与え、試験体各部の損傷および脱落の有無、程度を確認

外壁の仕様と目標性能

耐火被覆層を通気層の外側に設置するレイヤー構成（タイプB）の耐火構造外壁

- ・層間変形角が1/150radまで達したときに外壁構成部材に性能を損なわせる程度の損傷がないこと（補修の必要がない）
- ・層間変形角が1/30radまで達したときに外壁構成部材の脱落がないこと

（注）上記の性能は、建築基準法から中地震時に求められる層間変形角を1/150rad、大地震時に求められる層間変形角を1/30radと仮定することにより設定（建築基準法施行令第109条の2の2、平12建告1457号第6、2項）

試験実施機関

- ・一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター

通気構造外壁の変形追従性能の検証 (試験体仕様)

[4]

試験体仕様

外壁の標準部を想定した試験体による加力実験を、耐火被覆層 (強化せっこうボード2重張) の留付方法2仕様、最大加力2種類 (1/150rad、1/30rad) の4体について実施

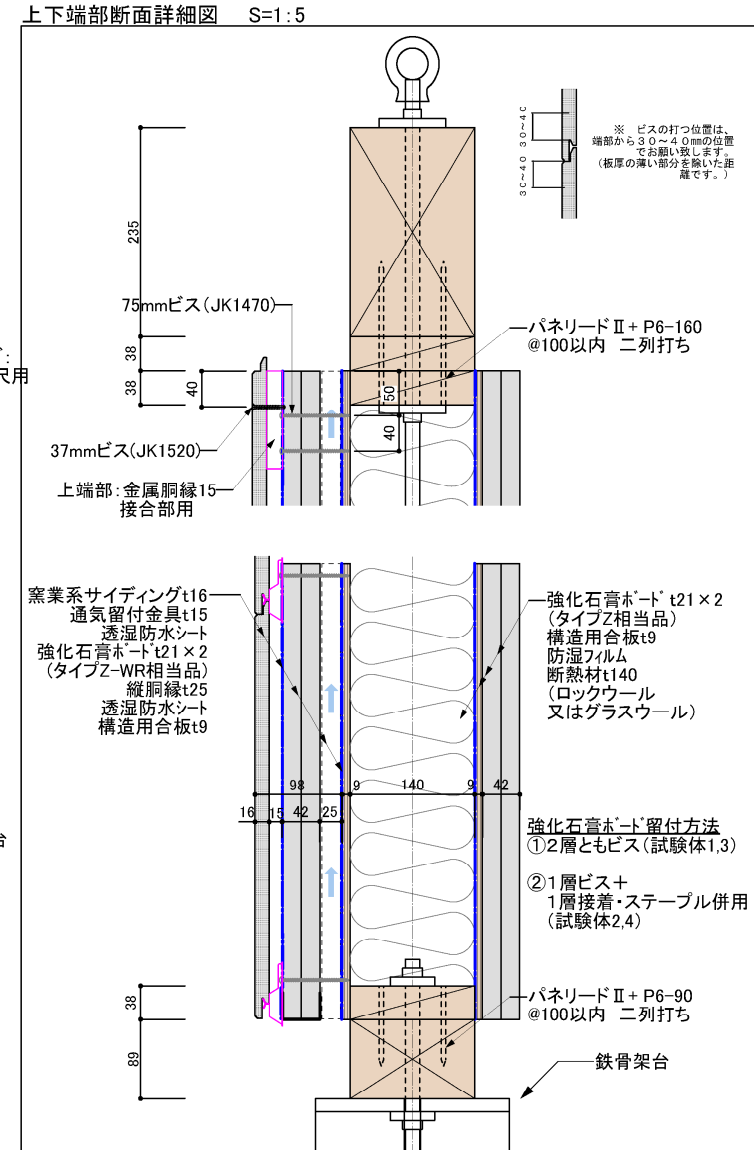
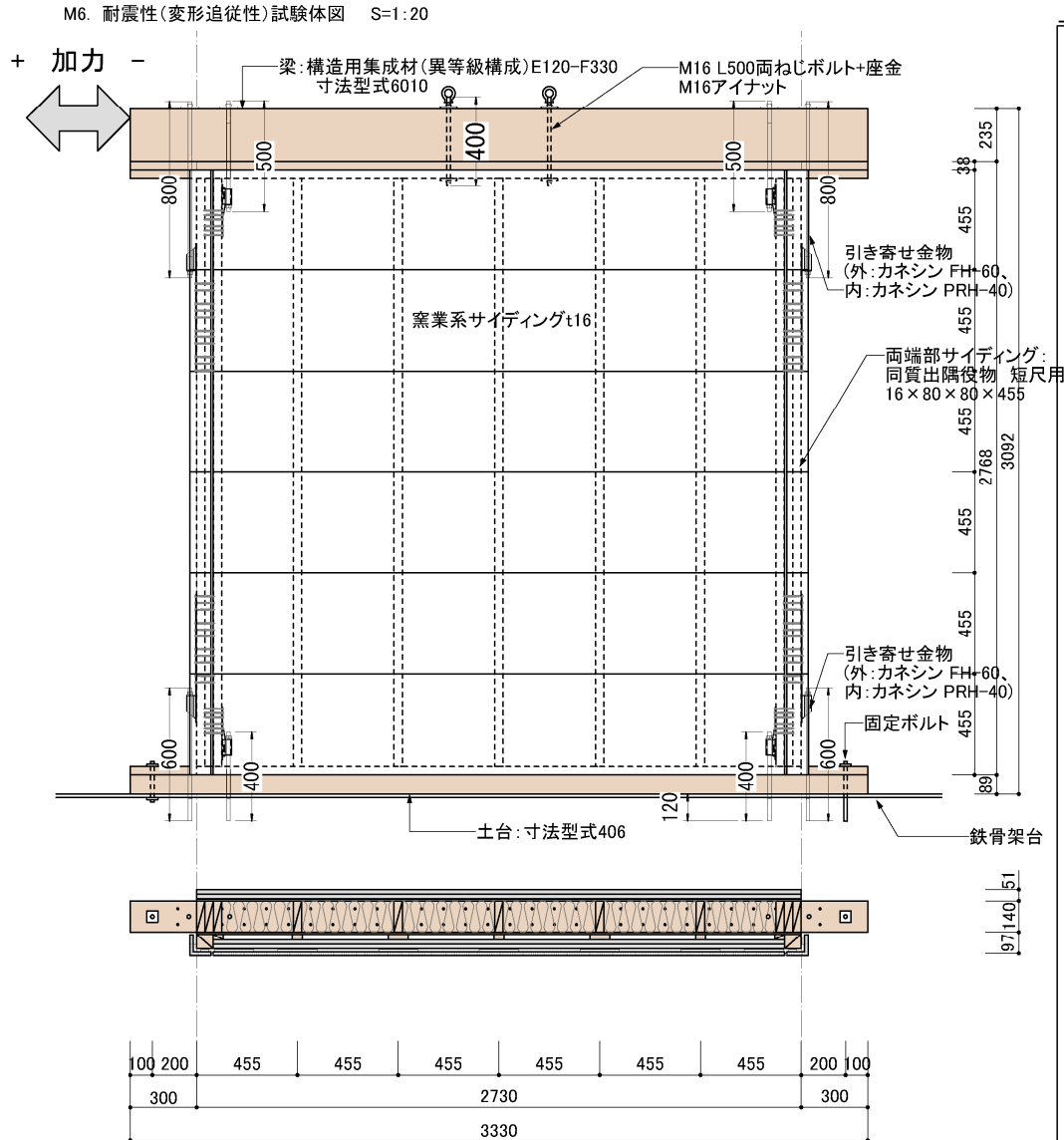
試験体No.	大きさ (壁長さ×壁高さ)	通気層厚	耐火被覆層の留付方法	最大変形角
1	2.73m×2.73m	25mm	仕様1 (2層ともビス止め)	1/150rad
2	2.73m×2.73m	25mm	仕様1 (2層ともビス止め)	1/30rad
3	2.73m×2.73m	25mm	仕様2 (1層ビス止め、1層接着・ステープル止め)	1/150rad
4	2.73m×2.73m	25mm	仕様2 (1層ビス止め、1層接着・ステープル止め)	1/30rad

試験方法

- ・試験方式 : 面内変形試験、無載荷式、柱脚固定式
- ・変形角 (rad) :
 - ①最大変形角1/150rad : 1/450, 1/300, 1/200, 1/150
 - ②最大変形角1/30rad : 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/30
- ・加力方法 : 正負交番繰り返し加力3回ずつ
- ・損傷確認の方法
 - 1) 各変形後における外観の目視による損傷確認
 - 2) 最大変形 (1/150rad、1/30rad) 後に仕上材・下地材を解体し各部位の損傷確認

通気構造外壁の変形追従性能の検証 (試験体図)

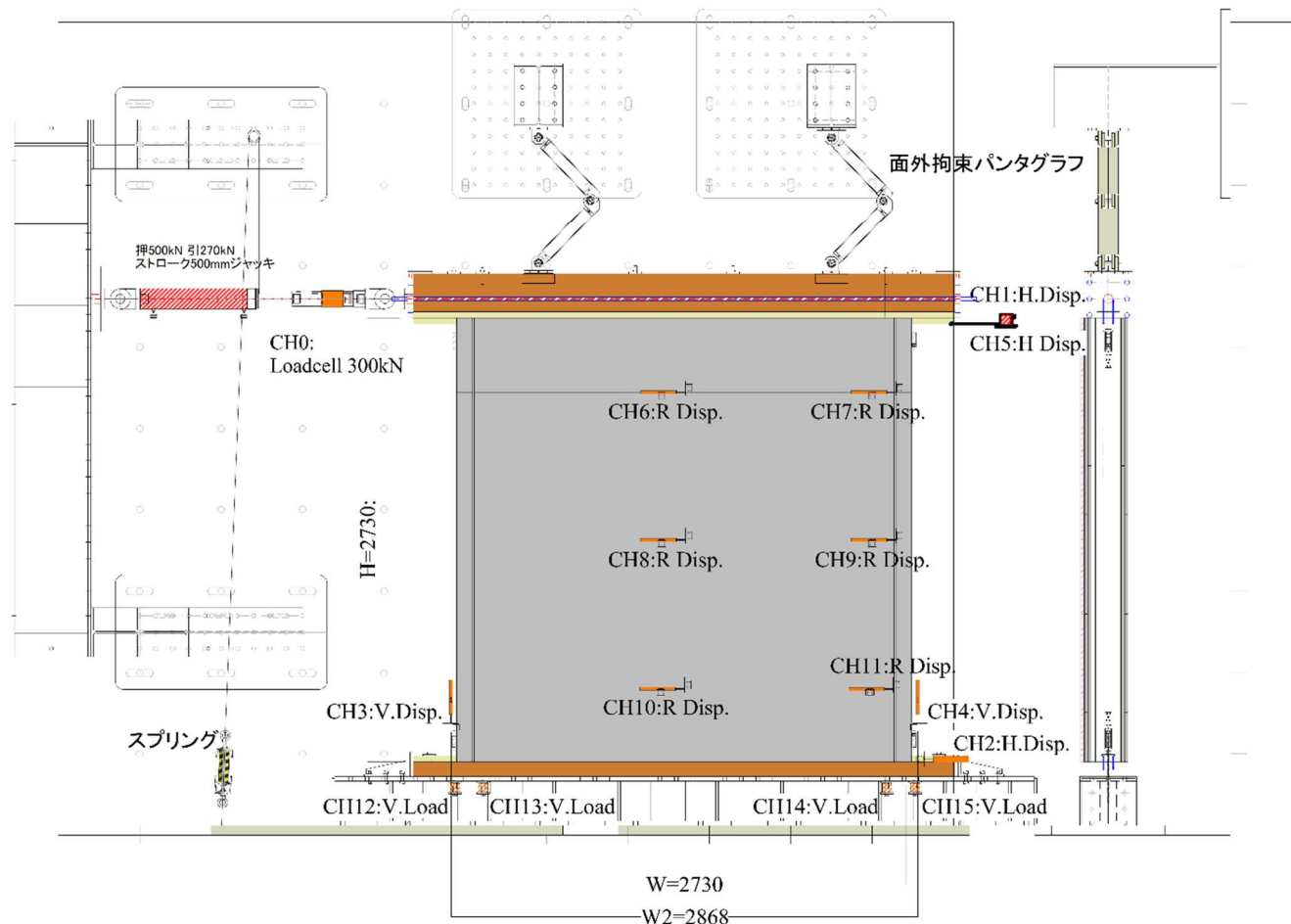
[4]



通気構造外壁の変形追従性能の検証 (試験装置)

[4]

- ・ 反カフレームに取り付けた油圧ジャッキにより試験体加力桁に水平力を加える
- ・ 油圧ジャッキ(押500kN引270kN、ストローク±250mm)と試験体の接続は、加力桁に設置した治具を用い、油圧ジャッキ両側にはクレビスを配置。加力桁上部に面外拘束用パンタグラフを設置
- ・ 水平荷重の測定は、油圧ジャッキ先端の荷重計を使用
- ・ 試験体の土台及び下枠の両側を、基礎フレームにM16ボルト2本で緊結し、土台の水平移動を拘束



通気構造外壁の変形追従性能の検証 (損傷確認方法)

[4]

●屋外側：サイディングの損傷状況の分類

記号	損傷状況
A	目視で確認できる軽微なズレ
B	目視で確認できる目地部の隙間
C	端部サイディングの亀裂、金物のズレ
D	シーリングの亀裂
E	サイディングの浮き上がり、剥落
Z	その他

※上記の損傷状況が認められない場合は「異状なし」

●屋内側：せっこうボードの損傷状況の分類

記号	損傷状況
A	せっこうボード側面の微かな亀裂
B	せっこうボード木ねじ部の微かな膨れ
C	せっこうボード表面の亀裂、欠け
D	せっこうボードの割れ、せっこうボード木ねじのボードめり込み
E	せっこうボードのせん断亀裂、剥落
Z	その他

※上記の損傷状況が認められない場合は「異状なし」

通気構造外壁の変形追従性能の検証 (試験状況)

[4]

(例) 試験体No.1 仕様1 (耐火被覆層 2層ともビス止め) : 最大変形角 $1/150\text{rad}$



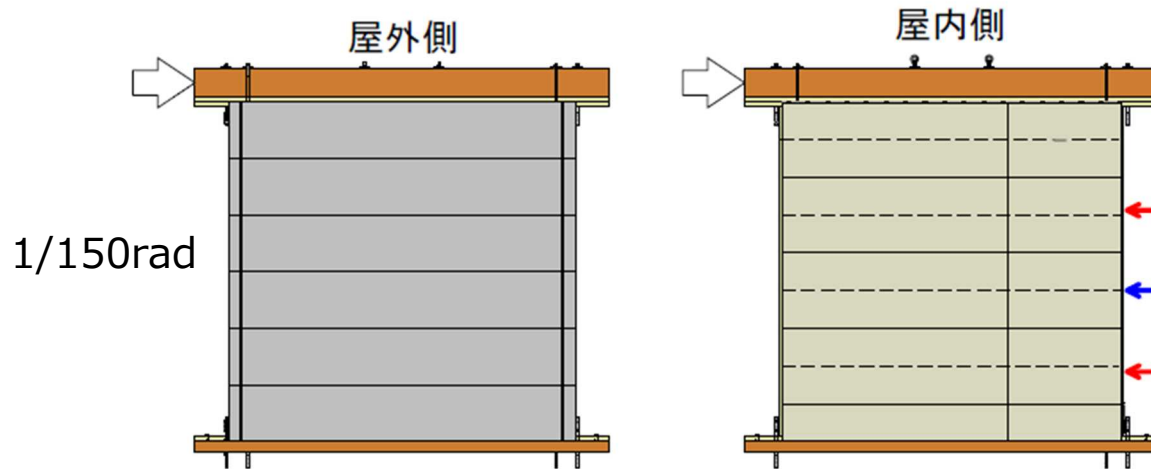
試験前



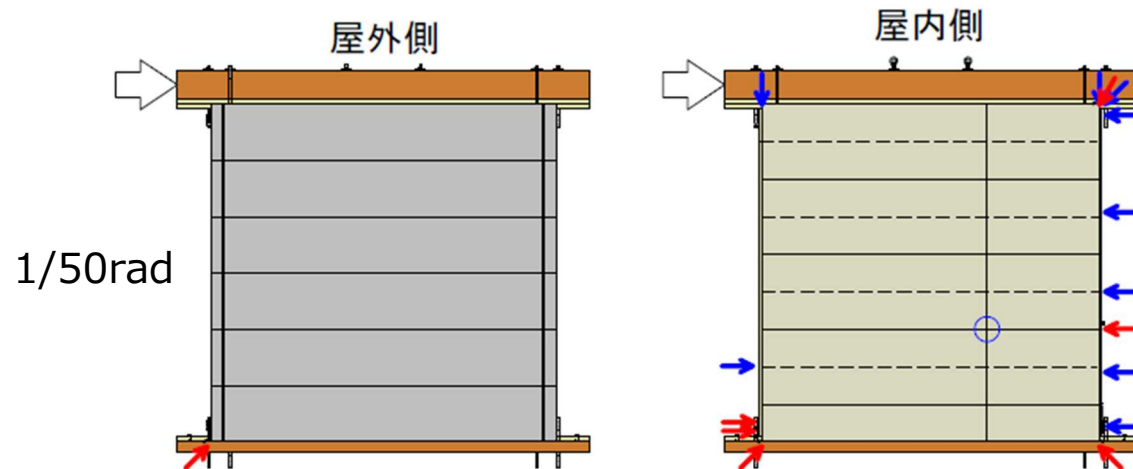
+ $1/150\text{rad}$ 変形時

通気構造外壁の変形追従性能の検証 (試験結果・1-1) [4]

試験体No.2 仕様1 (耐火被覆層 2層ともビス止め) : 最大変形角1/30rad



屋内側(非加力側)せっこうボード
微かな亀裂(右上の赤矢印)



屋内側(非加力側)せっこう
ボード 欠け(右下の赤矢印)

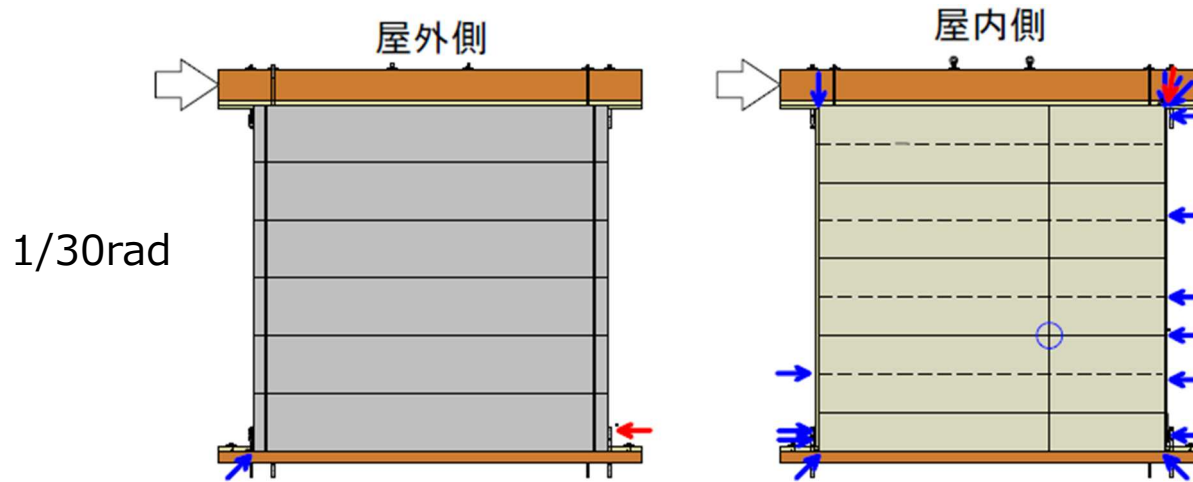


加力側脚部HDたて枠亀裂

(注) 図中 赤矢印: 当該変形角時の損傷等 青矢印: 過去の損傷等

通気構造外壁の変形追従性能の検証 (試験結果・1-2) [4]

試験体No.2 仕様1 (耐火被覆層 2層ともビス止め) : 最大変形角 $1/30\text{rad}$



非加力側脚部HDたて枠亀裂
(屋外側右下の赤矢印)

解体調査



サイディング・目地部シーリング
異常なし



屋外側 強化せつこうボード端部
一部亀裂



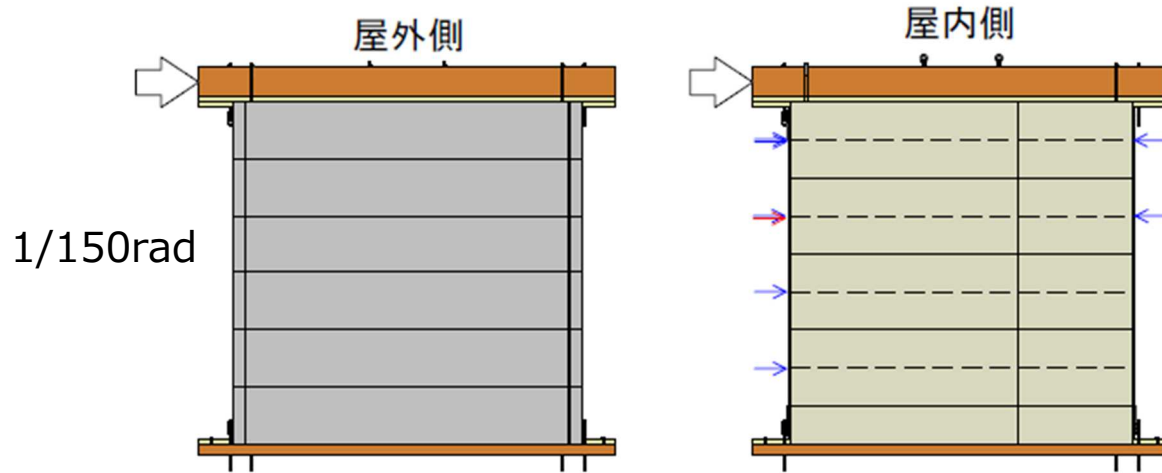
胴縁の状況 損傷なし
透湿防水シート 異常なし



屋外側 構造用合板
加力側脚部状況

通気構造外壁の変形追従性能の検証 (試験結果・2-1) [4]

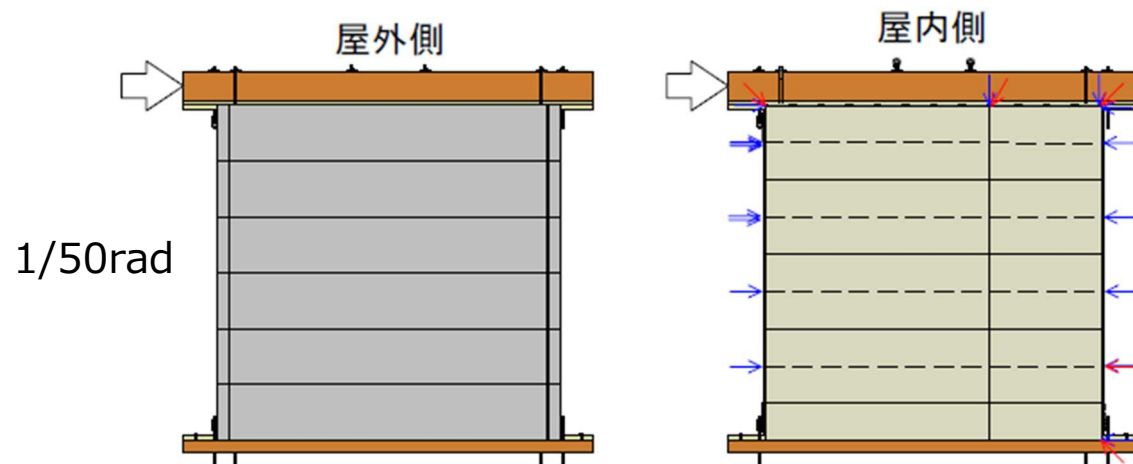
試験体No.4 仕様2 (耐火被覆層 接着ステープル固定) : 最大変形角 $1/30\text{rad}$



$1/150\text{rad}$



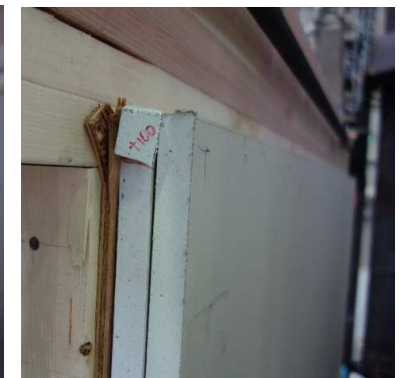
サイディング 異状なし



$1/50\text{rad}$



屋内側(非加力側)せっこう
ボード 欠け(右上斜 赤矢印)

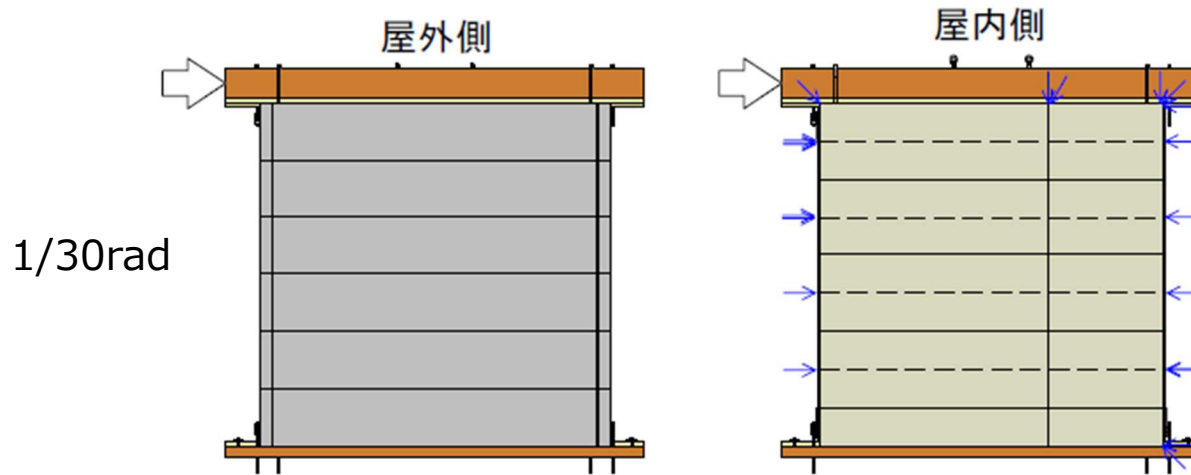


屋内側 構造用合板くぎ接合
部 縁切れ

(注) 図中 赤矢印: 当該変形角時の損傷等 青矢印: 過去の損傷等

通気構造外壁の変形追従性能の検証 (試験結果・2-2) [4]

試験体No.4 仕様2 (耐火被覆層 接着ステープル固定) : 最大変形角1/30rad



屋外側 構造用合板 くぎのパンチングアウト

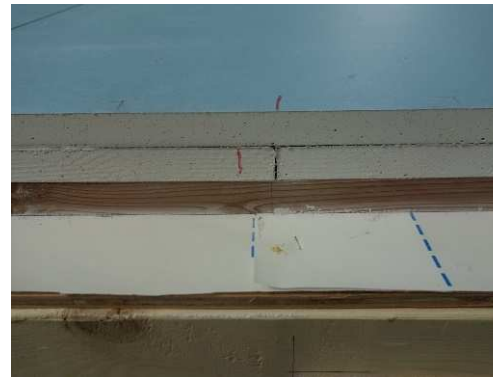
解体調査



サイディング 異状なし



サイディング裏面 透湿防水シート 固定ステープル 異状なし



屋外側 強化せっこうボード 微かな亀裂



屋内側 防湿フィルム 異状なし

通気構造外壁の変形追従性能の検証 (損傷状況まとめ・1) [4]

仕様1 (耐火被覆層 2層ともビス止め)

● 面内変形試験の特定変形角時

(注) 英文字は損傷状況、数値は損傷数 (括弧内は累積数) を示す

変形角	部位	1/450	1/300	1/200	1/150	1/100	1/75	1/50	1/30
最大変形角 1/150rad (試験体No.1)	屋外	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし				
	屋内	A: 1 (1)	A: 1 (2)	A: 1 (3)	A: 0 (3)				
最角変形角 1/30rad (試験体No.2)	屋外	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
	屋内	異常なし	異常なし	A: 1(1)	A: 2 (3)	A: 2 (5)	A: 4 (9) B: 1 (1)	A: 5 (14) B: 0 (1) C: 1 (0)	A: 0 (14) B: 0 (1) C: 0 (1)

● 面内変形試験終了後 (解体時)

部位	1/150rad (試験体No.1)	1/30rad (試験体No.2)
屋外側	窯業系サイディング及び留めつけ金具 : 異常なし 窯業系サイディング目地シーリング部 : 異常なし 1層目防水層 : 異常なし 耐火被覆層1層目・2層目 : 端部に軽微な亀裂のみ 胴縁及び2層目防水層 : 異常なし 下地 (構造用合板) : 異常なし	窯業系サイディング及び留めつけ金具 : 異常なし 窯業系サイディング目地シーリング部 : 異常なし 1層目防水層 : 異常なし 耐火被覆層1層目・2層目 : 端部に軽微な亀裂発生、 緊結木ねじの曲げ 胴縁及び2層目防水層 : 異常なし 下地 (構造用合板) : くぎのパンチアウト、面材縁切れ
屋内側	耐火被覆層1層目・2層目 : 端部に軽微な亀裂 (木ねじ曲がりなし) 防水層 : 異常なし 下地 (構造用合板) : 異常なし 断熱材 : 異常なし	耐火被覆層1層目・2層目 : 端部に軽微な亀裂発生、 一部欠けあり 防水層 : 異常なし 下地 (構造用合板) : くぎのパンチアウト、面材縁切れ 断熱材 : 異常なし
枠組材	大きな損傷なし	脚部ホールダウン金物部たて枠材の破壊

通気構造外壁の変形追従性能の検証 (損傷状況まとめ・2) [4]

仕様2 (耐火被覆層 接着ステープル固定)

● 面内変形試験の特定変形角時

(注) 英文字は損傷状況、数値は損傷数 (括弧内は累積数) を示す

変形角	部位	1/450	1/300	1/200	1/150	1/100	1/75	1/50	1/30
最大変形角 1/150rad (試験体No.1)	屋外	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし				
	屋内	A: 1 (1)	A: 2 (3)	A: 2 (5) C: 1 (1)	A: 2 (7) C: 0 (1)				
最角変形角 1/30rad (試験体No.2)	屋外	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	Z: 1 (1)	Z: 0 (1)
	屋内	異常なし	A: 3 (3)	A: 4 (7)	A: 1 (8)	A: 5 (13)	A: 4 (17)	A: 4 (21) C: 1 (1) Z: 1 (1)	A: 0 (21) C: 0 (1) Z: 0 (1)

● 面内変形試験終了後 (解体時)

部位	1/150rad (試験体No.1)	1/30rad (試験体No.2)
屋外側	窯業系サイディング及び留めつけ金具 : 異常なし 窯業系サイディング目地シーリング部 : 異常なし 1層目防水層 : 異常なし 耐火被覆層1層目・2層目 : 2層目端部に軽微な亀裂 (1層目異常なし) 胴縁及び2層目防水層 : 異常なし 下地 (構造用合板) : 異常なし	窯業系サイディング及び留めつけ金具 : 異常なし 窯業系サイディング目地シーリング部 : 異常なし 1層目防水層 : 異常なし 耐火被覆層1層目・2層目 : 2層目端部に軽微な亀裂 (1層目異常なし) 胴縁及び2層目防水層 : 異常なし 下地 (構造用合板) : くぎのパンチアウト、面材縁切れ
屋内側	耐火被覆層1層目・2層目 : 2層目端部に軽微な亀裂 (1層目異常なし) 防水層 : 異常なし 下地 (構造用合板) : 異常なし 断熱材 : 異常なし	耐火被覆層1層目・2層目 : 端部に軽微な亀裂発生、一部欠けあり 防水層 : 異常なし 下地 (構造用合板) : くぎのパンチアウト、面材縁切れ 断熱材 : 異常なし
枠組材	大きな損傷なし	脚部ホールダウン金物部たて枠材のめり込み変形

令和4年度予定の検証の概要・1

[5]

通気層の炎侵入防止構造の実験的検証 (令和3年度検討の条件を拡張)

① 120分 (または90分) 耐火構造の外壁における炎侵入防止構造の構造方法の検討

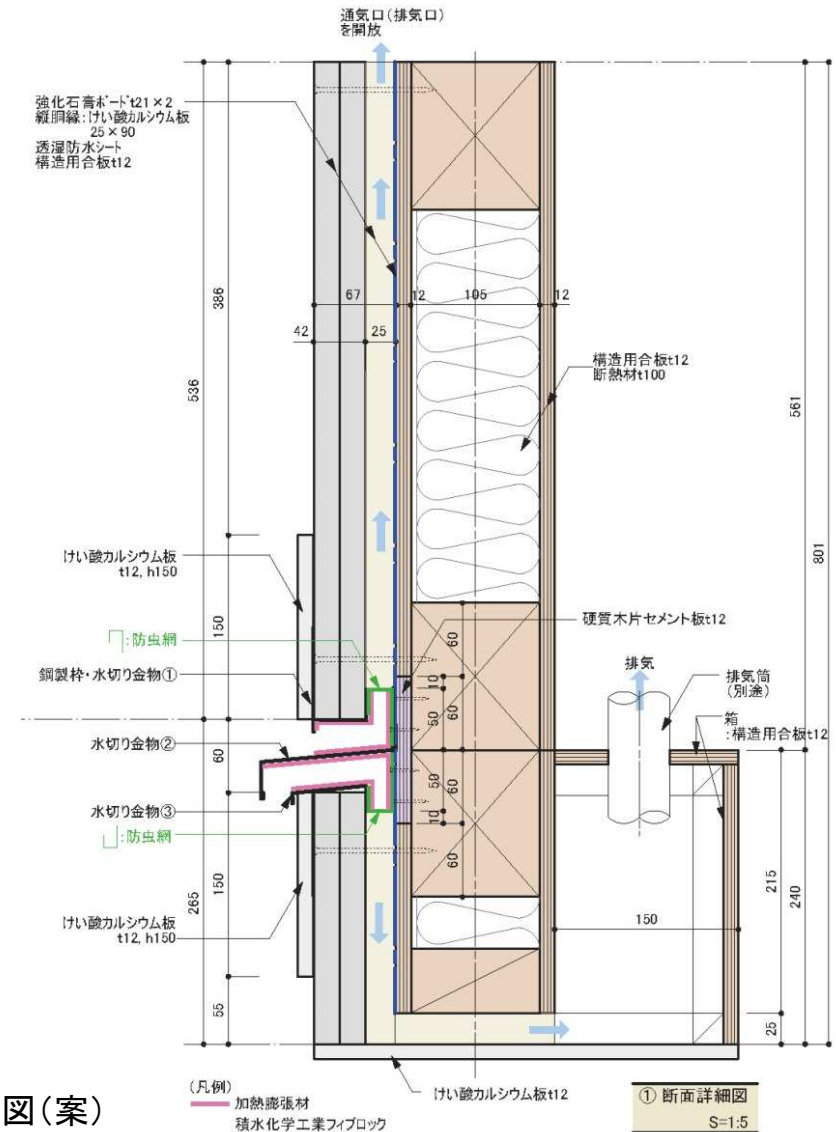
→ 5階以上の中高層木造に要求される性能への対応

- 耐火被覆層の仕様の代替検討 (けい酸カルシウム板 など) を想定

② 中間階に設ける通気口の部分における炎侵入防止構造の構造方法の検討

→ 多様な外壁通気構造の構造方法への対応

- 通気口 (下層階からの排気口・上層階への給気口) 回りの通気金物・加熱膨張材等の仕様の検討を想定



中間階試験体図(案)

令和4年度予定の検証の概要・2

[5]

通気構造外壁の耐水性能の検証

- ・ 中高層建築物に作用する高風圧高水圧を想定した試験条件下において、通気構造外壁の耐水性能を実験的に検証
 - 試験体仕様：火炎侵入防止性能、変形追従性能について検討した耐火構造の通気構造外壁の試験体
 - 試験概要： 大型送風散水試験装置（送風機）を用い、外壁試験体に風および散水を行う方法による耐水性能検証の実験
 - 試験の種類（以下の2種類を想定）
 - ① 大規模の試験体（約2.5m×2.5m）に中高層階の外壁面に生じる程度の風速（最大風速33 m/s）を作用させる
 - ② 中規模の試験体（約1.4m×1.4m）に台風を想定した程度の風速（最大風速66 m/s）を作用させる

大型送風散水試験装置の例
写真提供：(一財)建材試験センター
中央試験所

