

令和3年度 木材製品の消費拡大対策のうち

C L T 建築実証支援事業のうち

C L T 等木質建築部材技術開発・普及事業

C L T を用いた中大規模木造建築物の 防耐火設計手引き（案）の作成事業

報告書

令和5年2月

公益財団法人 日本住宅・木材技術センター

一般社団法人 日本C L T協会

目 次

第Ⅰ部 CLT を用いた中大規模木造建築物の防耐火設計手引き(案)

第1章 事業概要

1.1 事業の目的.....	8
1.2 実施概要	8
1.3 実施体制	8

第2章 CLT を用いた建築物の特徴と留意点 防火

2.1 CLT を用いた建築物の防火上の特徴	10
2.2 CLT を用いた建築物の防火上の留意点	11
(1)接着剤の種類による CLT の炭化速度の違い	11
(2)部材を構成する CLT パネルの接合部の非損傷性の確保	12
(3)CLT パネルにより構成する部材により防火区画を構成する際の遮熱性・遮炎性の確保	12
(4)CLT パネルに防火被覆(燃えしろを含む)を用いた構造.....	12
(5)CLT を用いた建築物の内装制限	13
(6)1 時間超の準耐火構造を用いた建築物.....	13

第3章 防耐火設計の概要

3.1 建築物に要求される防火性能.....	14
3.1.1 用途	14
3.1.2 規模	17
3.1.3 地域区分	18
3.1.4 用途・規模・地域区分による建築物の例示仕様	19
3.2 建築物の防耐火性能	20
3.2.1 耐火建築物、準耐火建築物、その他建築物等	20
3.2.2 主要構造部の防・耐火性能.....	23
3.2.3 防火区画等	23

第4章 燃えしろ設計(45 分間・60 分間準耐火構造)

4.1 燃えしろ設計の概念(45 分間・60 分間準耐火構造).....	26
4.2 火災時における主要構造部の耐力、残存厚さ.....	27
4.2.1 火災時の炭化速度と残存断面.....	27
(1)壁、床、屋根	29
(2)柱、梁	30
4.2.2 要求性能と火災外力(要求耐火時間、加熱面)の設定	31
(1)屋内火災(防火区画に面する部材(床、壁、屋根)、区画内の部材)	33

(2)屋外火災(外壁独立壁、突出壁、屋根の軒裏)	35
4.2.3 主要構造部の遮熱、遮炎性能.....	36
4.2.4 壁、床、屋根(耐力部材)の火災時の耐火性能	39
(1)残存断面の曲げ強度	39
(2)残存断面の圧縮強度	44
4.2.5 接合部の耐火性能	46
(1)壁間の接合部	46
(2)床間の接合部	47
(3)床と壁の接合部	47
(4)垂れ壁	48
(5)梁との接合部	48
(6)金物の保護方法	48
(7)防火上有効に被覆する方法	49
4.2.6 燃えしろ設計した壁・床・屋根の表面仕上げ	50
(1)断熱材	50
(2)仕上げ材	50

第5章 防火被覆設計

5.1 耐火構造	51
(1)間仕切壁(耐力壁(鉛直力を支持する壁)・非耐力壁(鉛直力を支持しない壁)ともに同じ)	52
(2)外壁(耐力壁(鉛直力を支持する壁)・非耐力壁(鉛直力を支持しない壁)ともに同じ)	52
(3)床	53
(4)屋根	53
(5)階段	54
5.2 準耐火構造(45,60分)	55
(1)間仕切壁	55
①耐力壁(鉛直力を支持する壁)	57
②非耐力壁(鉛直力を支持しない壁)	57
(2)外壁	58
①耐力壁(鉛直力を支持する壁)	58
②非耐力壁(鉛直力を支持しない壁)	60
(3)床	61
(4)屋根	63
(5)階段	64
(6)軒裏	64
5.3 防火構造	65
(1)外壁(耐力壁(鉛直力を支持する壁)・非耐力壁(鉛直力を支持しない壁)ともに同じ)	65
(2)軒裏	66

5.4 耐火構造の貫通部・開口部の防火措置	67
(1)配管配線等貫通部	67
(2)サッシ、扉等開口部	70
第6章 火災時倒壊防止構造、避難時倒壊防止構造	
6.1 主要構造部を避難時倒壊防止構造・火災時倒壊防止構造とした建築物	71
6.1.1 避難時倒壊防止構造とした建築物の概要	71
6.1.2 火災時倒壊防止構造とした建築物の概要	77
6.2 従来の燃えしろ設計と避難時・火災時倒壊防止構造の燃えしろ設計	81
6.3 火災時・避難時倒壊防止構造とした主要構造部に対する要求性能	
(75分間準耐火構造、火災時・避難時倒壊防止性能検証法)	83
6.3.1 長時間の火災加熱を受ける木質材料の炭化速度と残存断面	83
(1)壁、床、屋根	87
(2)柱、梁	88
6.3.2 燃えしろ設計における火災外力(要求耐火時間、加熱面)の設定	90
(1)屋内火災(火災区画又は防火区画に面する部材(床、壁、屋根)、区画内の部材)	93
(2)屋外火災(外壁独立壁、突出壁、屋根の軒裏)	95
6.3.3 火災時・避難時倒壊防止構造とした主要構造部の遮熱、遮炎性能	97
6.3.4 壁、床、屋根(耐力部材)の火災時の耐火性能	101
(1)残存断面の曲げ強度	101
(2)残存断面の圧縮強度	103
6.3.5 接合部の耐火性能	105
(1)壁間の接合部	105
(2)床間の接合部	105
(3)床と壁の接合部	105
(4)垂れ壁	105
(5)梁との接合部	105
(6)金物の保護方法	105
(7)防火上有効に被覆する方法	105
6.3.6 貫通部・開口部の防火措置	107
(1)配管配線等貫通部	107
(2)サッシ、扉等開口部	108
6.3.7 燃えしろ設計した壁・床・屋根の表面仕上げ	109
(1)断熱材	109
(2)仕上げ材	109
6.4 防火被覆設計	110
6.4.1 75分準耐火構造	110
(1)間仕切壁	110

①耐力壁(鉛直力を支持する壁)	110
②非耐力壁(鉛直力を支持しない壁)	111
(2)外壁.....	112
①耐力壁(鉛直力を支持する壁)	112
②非耐力壁(鉛直力を支持しない壁)	113
(3)床	114
(4)軒裏.....	115
6.4.2 90 分準耐火構造	116
(1)外壁.....	116
(2)軒裏.....	116

第 7 章 防火地域又は準防火地域内の建築物の部分及び防火設備の構造方法を定める件(令元国交告第 194 号(最終改正 令和 2 年 4 月 1 日)の解説)

令元国交告第 194 号第一.....	117
令元国交告第 194 号第二第 1 項第一号.....	117
a)防火地域及び準防火地域の別並びに建築物の規模に応じて政令(令第 136 条の 2)で定める技術的基準 に適合するもの	119
b)国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたもの	122

第 II 部 防耐火試験による性能検証

第 1 章 1 時間・2 時間耐火構造の開口部等の防火的な措置に関する加熱実験

1.1 はじめに.....	124
1.2 各部の防火的な措置の考え方	125
1.3 加熱実験.....	127
1.3.1 実験計画.....	127
1.3.2 実験結果.....	149
1.3.3 考察	201
1.4 防火的な措置の提案.....	206
1.5 今後の課題と展望	208

第 2 章 試験実施機関による加熱試験の報告書

2.1 開口部壁 1 体目試験報告書(発行:(公財)日本住宅・木材技術センター)	210
2.2 開口部壁 2 体目試験報告書(発行:(公財)日本住宅・木材技術センター)	237
2.3 開口部壁 3 体目試験報告書(発行:(公財)日本住宅・木材技術センター)	263

第Ⅰ部 CLTを用いた中大規模木造建築物の 防耐火設計手引き(案)

第1章 事業概要

1.1 事業の目的

令和元年度に施行された改正建築基準法により、従来の準耐火建築物（45分、60分準耐火）の性能を上回る高性能の準耐火建築物（75分、90分準耐火）の建築が可能となった。このため従来、耐火建築物でなければ建築することができなかつた中層建築物を CLT の現し仕上げで建築することも可能となった。

令和3年度においては、CLT 建築物による高性能準耐火建築物を設計するための防耐火規制に関する改正告示の追加箇所の解説について検討を加え、CLT を用いた 75 分準耐火構造の壁・床の貫通部等の防耐火試験により、防耐火設計上の弱点となる納まり詳細の検討を行った。

令和4年度においては、防火地域・準防火地域内における CLT を用いた建築物の防耐火設計方法等の検討を進め、また防耐火試験では、CLT を用いた高性能の耐火建築物・準耐火建築物において防耐火設計上の弱点となりうる「開口部」納まりの詳細を検討・検証を行い、これらをもとに防耐火設計手引き案について取りまとめを行う。

1.2 実施概要

本事業では、学識経験者、設計実務者等により構成される検討委員会を設置し、下記の①～②について実施した。

- ①検討委員会において、改正防耐火規定に基づく内容の整理や CLT 建築物への適用の考え方・留意点などを検討した。
- ②CLT を用いた開口部等の防耐火試験による性能検証を実施した。

1.3 実施体制

下記の体制で実施した。

CLT を用いた中大規模木造建築物の防耐火設計手引き

検討委員会 名簿

(順不同、敬称略)

委員長	成瀬 友宏	(国研)建築研究所 防火研究グループ長
委員	安井 昇	桜設計集団一級建築士事務所 代表／ 早稲田大学理工学研究所招聘研究員
	鈴木 淳一	(国研)建築研究所 防火研究グループ 主任研究員
	野秋 政希	(国研)建築研究所 防火研究グループ 主任研究員
	樋本 圭佑	国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築研究部 防火基準研究室 主任研究官
	宮林 正幸	(有)ティー・イー・コンサルティング 取締役所長
	山田 誠	(一社)建築性能基準推進協会
	向井 昭義	(公財)日本住宅・木材技術センター常勤理事兼試験研究所長
協力委員	日向 潔美	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室 課長補佐
	原口 統	国土交通省住宅局参事官(建築企画担当)付 企画専門官(7月まで)
	石井 宏典	国土交通省住宅局参事官(建築企画担当)付 企画専門官(7月から)
	高梨 潤	国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室 課長補佐
コンサルタント	加來 千絵	桜設計集団一級建築士事務所
	オプザーバー 平野 陽子	株式会社ドットコープレーション 代表取締役
事務局		(公財)日本住宅・木材技術センター (一社)日本CLT協会

CLT を用いた中大規模木造建築物の防耐火設計手引き

検討委員会 WG 名簿 (案)

(順不同、敬称略)

主査	安井 昇	桜設計集団一級建築士事務所 代表／早稲田大学理工学研究所招聘研究員
委員	鈴木 淳一	(国研)建築研究所 防火研究グループ 主任研究員
	野秋 政希	(国研)建築研究所 防火研究グループ 主任研究員
	樋本 圭佑	国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築研究部 防火基準研究室 主任研究官
	宮林 正幸	(有)ティー・イー・コンサルティング 取締役所長
	山田 誠	(一社)建築性能基準推進協会
	佐藤 章	(公財)日本住宅・木材技術センター 防耐火試験室長
アドバイザー	成瀬 友宏	(国研)建築研究所 防火研究グループ長
コンサルタント	加來 千絵	桜設計集団一級建築士事務所
事務局		(公財)日本住宅・木材技術センター (一社)日本CLT協会

第2章 CLTを用いた建築物の特徴と留意点 防火

CLTを用いた建築物に適用される建築基準法(以下、「法」と記す。)の防火・避難規定は、通常の木造の建築物と同様であり、CLTを用いた建築物の用途、規模(延べ面積・階数・高さ)、及び、建築する防火地域等の地域(以下、「地域区分」と記す。)に応じてそれぞれ基準が異なる。そのため、設計の早い段階で、どういった要求がかかるかを整理する必要がある。

CLTは、製材や集成材と同様に木材を用いて構成される。そのため、多くの点で共通した特徴を持つものの、CLT特有の特徴や、設計で留意すべき点について以下に概要を示す。

その他の設計上の留意点については、文献¹⁾等を参照のこと。

2.1 CLTを用いた建築物の防火上の特徴

木材は、火災時の加熱を受けると、燃焼して耐力を有する断面は欠損するものの表面に炭化層を形成して、内部の温度が上昇しにくくなり炭化が進むには時間がかかる。たとえば、一例としてスギの集成材柱では、加熱後の残存断面から求めた平均炭化速度は毎分0.74mm、断面内部の温度が260℃になる平均速度は毎分0.77mmであったこと²⁾から、表面から30mmの深さの温度が260℃に上昇するには約39分かかることになる。このような特徴を生かして、柱や梁の構造支持部材に必要な断面に、あらかじめ炭化する層を想定した寸法を設けておけば、法により要求される時間において損傷しないようにすること(構造耐力上支障のある変形、溶融、破壊その他の損傷を生じないこと(非損傷性))ができる。この考え方が、従来、製材や集成材等の柱と梁について告示³⁾で例示されてきた燃えしろ設計であり、平成28年3月31日の告示改正によりCLTパネルを用いた耐力壁、屋根、床にもこの燃えしろ設計が可能となった。

建築物の主要構造部には部位により、たとえば柱や梁等の耐力部材には非損傷性、壁、床及び軒裏には、遮熱性(非加熱面の温度が一定以上に上昇しないこと)、外壁及び屋根には遮炎性(非加熱面に火炎を出す亀裂等の損傷を生じないこと)が、要求時間とともに法で定められている。CLTを用いた建築物に用いられるCLTパネルは、寸法安定性や遮音等、防火以外の要求から、非耐力壁や屋根には90mm、耐力壁では150mm、床には210mmといった厚さのものが使用される。そのため、防火上も、非損傷性や遮熱性・遮炎性が十分期待できる。

平成28年3月31日の告示改正により、CLTを用いた耐力壁、屋根、床に燃えしろ寸法が、非耐力壁にCLTパネルの必要厚さが追加されたことから、従来の告示の仕様と合わせて、防耐火性能が要求される建築物のすべての部位が、CLTパネルにより構成できるようになった。また、CLTは木材のラミナを密に接着しているために隙間がほとんどなく、接合部等にすき間がなければ、CLT内部が延焼経路となることはないことから、延焼防止のためにファイアーストップ(壁や天井内の中空部を通じて火炎が拡大しないようにするために設けるもの)を設ける必要はない。

平成30年に改正された法第21条第1項及び法第61条は、平成26年に改正された法第27条とあわせて、一層の性能規定化が行われ、法第21条では主要構造部を火災時倒壊防止構造とし、その他要求仕様に適合する建築物(以下、「火災時倒壊防止建築物」と記す。)が令元国交告第193号、法第27条では主要構造部を避難時倒壊防止構造とし、その他要求仕様に適合する建築物(以下、「避難時倒壊防止建築物」と記す。)が平27国交告第255号、法第61条では防火地域又は準防火地域における建築物で通常の火災により周囲への延焼を防止する性能を有する建築物(以下、「延焼防止建築物」と記す。)が令元国交告第194号に位置づけられ、1時間を超える準耐火構造の構造方法としてCLTの燃えしろの仕様が例示されている。

また、CLTは管理されたラミナを用いてパネルとして工場で製造されるため、製材等に比べて寸法安定性が期待でき、防火性能を含む高い品質が期待できる。ただし、現場においてパネル同士を接合する部分には、防火上の弱点となる隙間は生じにくいものの、十分管理する必要がある。

燃えしろ設計の考え方や詳細に関しては、第V部第2章を参照されたい。

1) 一般財團法人 日本建築センター、木造建築物の防・耐火設計マニュアル 一大規模木造を中心として、2017

2) 中村賢一、最上滋二、構造用集成材の耐火性能実験、建築研究資料、No.56、1985.12

3) 本章において単に「告示」と記す場合は、平27国交告第253号及び平12建告第1358号を指す。

2.2 CLT を用いた建築物の防火上の留意点

CLT を用いる工法はパネル工法のひとつであるため、パネル工法の持つメリットや留意点があてはまる。以下、主な内容について記載する。なお、詳細に関しては、第V部を参照されたい。

(1) 接着剤の種類による CLT の炭化速度の違い

写真 3.2.-1⁴⁾は、スギラミナ(厚 30mm)を用いた 5 層 5 プライ(パネル厚 150mm)の構成で接着剤にレゾルシノール樹脂、水性高分子イソシアヌレート系樹脂、ウレタン樹脂の 3 種類を用いた CLT パネルを耐火炉に水平に設置して下面から加熱した際の残存断面の消火後の様子を示す。レゾルシノール樹脂接着剤のパネルは、2 層分のラミナが残存しているのに対して、水性高分子イソシアヌレート系樹脂接着剤とウレタン樹脂接着剤のパネルは 1 層と少しのラミナが残存していることが分かる。これは、接着剤の種類によって耐熱性が異なり、炭化層が脱落する仕方が異なる結果、炭化速度に違いが生じる。

図 3.2.-2 に示すように、CLT パネルにより耐力壁や床を構成する場合は、加熱により炭化して残存する部分で必要な荷重を支持する非損傷性が要求される。また、非耐力壁でも同様に CLT パネルによる部材に遮熱性や遮炎性が要求される場合にも、加熱により炭化して残存する部分で遮熱性や遮炎性を確保する必要がある。接着剤の種類により CLT の炭化速度に違いがあるため、それぞれの要求性能に対して、使用される接着剤により、告示においては必要となる燃えしろの厚さが異なる。その詳細に関しては、第V部第 2 章 2.2 節を参照されたい。



(1) レゾルシノール樹脂接着剤 (加熱 120 分間)



(2) 水性高分子イソシアヌレート系樹脂接着剤 (加熱 120 分間)



(3) ウレタン樹脂接着剤 (加熱 110 分間)

写真 3.2.-1 スギラミナ(厚 30mm)を用いた 5 層 5 プライ(パネル厚 150mm)の CLT パネル加熱後の断面

4) 平成 26 年度 建築基準整備促進事業「CLT(直交集成板)の燃えしろ設計法に関する検討」調査報告書、平成 27 年 3 月



図 3.2.-2 非損傷性・遮熱性・遮炎性について

(2) 部材を構成する CLT パネルの接合部の非損傷性の確保

壁と壁、壁と床など部材を構成する CLT パネルの接合部が、加熱により構造耐力上支障のある変形、破壊等の損傷を生じないように接合する必要がある。留め付け金物を用いる場合は、火災による火熱から遮熱性・遮炎性を確保するうえで保護する必要がある。その詳細に関しては、第V部第2章2.2.5項を参照されたい。

(3) CLT パネルにより構成する部材により防火区画を構成する際の遮熱性・遮炎性の確保

CLT パネルは面材であることから、防火区画を構成する部材として期待できる。防火区画には、間仕切壁や床には遮熱性能が要求され、外壁部分には遮炎性能が要求される。区画を形成する部材には準耐火性能が要求されることから、被覆型や燃えしろ型の部材を用いることができる一方で、耐火建築物の場合は、防火区画を構成する部材が主要構造部であるため、防火区画を構成する間仕切り壁や床には耐火構造が要求され、被覆型の部材が必要になる。

CLT パネルを用いた部材を組み合わせて防火区画を構成するうえで、壁や床の部材の接合方法やその目地処理、CLT 部材を給水管や配電管等が貫通する部分や開口部に設ける防火設備との取り合い部分等の防耐火性能上の問題については、必ずしも、CLT パネル特有の問題点ではないものの、使用する工法を CLT パネルに適用して問題ないかについては、留意して計画する必要がある。その詳細に関しては、第V部第2章2.2.2項を参照されたい。

(4) CLT パネルに防火被覆（燃えしろを含む）を用いた構造

CLT パネルには、耐火構造の構造方法を定める件(平12建告第1399号)、主要構造部を木造とすることができる大規模の建築物の主要構造部の構造方法を定める件(令元国交告第195号)、準耐火構造の構造方法を定める件(平12建告第1358号)及び防火構造の構造方法を定める件(平12建告第1359号)の一部改正に基づく、防火被覆が適用可能である。耐火構造等の壁における「間柱及び下地」及び床における「根太及び下地」に木材を使用することとしている構造方法において、間柱や根太を有しない CLT パネルに対しても、当該各規定の防火被覆で被覆した構造が利用可能である(技術的助言「耐火構造の構造方法を定める件等の一部を改正する件の施行について」(国住指第570号(平成28年5月25日))。その詳細に関しては、第V部第3章3.1～3.3節を参照されたい。

平成30年3月22日の耐火構造の構造方法を定める件(平12建告第1399号)の改正により、耐火構造の壁以外の部位の例示仕様が追加されたことから、CLT を用いた建築物でも例示仕様により耐火建築物が実現できるようになった。

また、1時間準耐火基準に適合する準耐火構造(以下、「1時間準耐火構造」と記す。)、準耐火構造に関しては、各構造の告示に適合する防火被覆を設けた部分は「防火上有効に被覆された部分」と解釈できるため、例えば、火災による火熱が両面(あるいは、四面)に加えられる壁の場合、一つの面に必要な防火被覆を設け、他の面は燃えしろ設計(接合部の確認、部材の確認、部材の取り合い部の確認)を行うことが可能になる。その詳細に関しては、第V部第2章2.2.5項を参照されたい。

なお、防火構造の外壁には、燃えしろ設計の適用はできないので、準耐火構造の構造方法とするか、防火構造に

適合する防火被覆を設置する必要がある。

ただし、国土交通大臣の認定を受けた防・耐火構造に関しては、認定の範囲に CLT が含まれていないと使用はできないので、注意を要する。

(5) CLT を用いた建築物の内装制限

CLT を用いた建築物でも、特殊建築物等や火気使用室等に該当する場合は、内装に準不燃材料や難燃材料が要求される。そのため、CLT パネルの内装表面はこれらの要求に従って防火材料により仕上げる必要がある。ただし、内装については室全体ではなく、その一部を防火性能の高い材料を使用することで、内装を CLT 現して用いることも可能となる。その詳細に関しては、第V部第1章 1.2.4 項及び第V部第2章 2.2.7 項を参照されたい。

(6) 1 時間超の準耐火構造を用いた建築物

上述したとおり、平成 30 年に改正された法第 21 条第 1 項及び法第 61 条は、平成 26 年に改正された法第 27 条とあわせて、1 時間超の準耐火構造が要求される建築物が位置づけられた。従来は、建築物の規模・用途・立地の条件に応じて耐火建築物が要求されてきたことに対して、それと同程度の安全性を確保する上で必要になる仕様的な要求を満たして主要構造部を準耐火構造とした準耐火建築物により、建築することが可能となり、CLT の燃えしろ設計による建築物も実現できるようになった。

このように 1 時間超の準耐火構造に対しては、耐火建築物と同程度の安全性を確保する上で、
・従来の 1 時間までの準耐火構造とは異なり、部材に高度な準耐火性能を求める(安全率を見込む)こと
・それぞれの建築物の要求性能に応じて、従来の 3 階建て共同住宅(1 時間準耐火構造)の建築物に比べて、より多くの消火や検索等の常備消防による活動支援のための措置
が求められる。

第3章 防耐火設計の概要

CLT を用いた建築物を設計するうえで、建築基準法(以下、「法」と記す。)により、用途、規模(延べ面積・階数・高さ)、防火地域・準防火地域・法 22 条区域等の地域(以下、「地域区分」と記す。)に応じてそれぞれ異なる内容が要求されるが、その中で最も厳しいものが適用される。例えば、規模と地域区分から準耐火建築物が要求されても、用途から耐火建築物が要求されれば、耐火建築物とする必要がある。また、これ以外の条件も含めて法の要求を満たすため、計画する建築物に対して、建築物全体として耐火建築物が要求されるのか、あるいは、部分的に外壁を防火構造にすることが要求されるのかといった規準については、建築物の基本的な計画に影響することから、設計の早い段階で確認しておく必要がある。

なお、用途、規模、地域区分により法の適用条文は異なるものの、告示等で例示される仕様の建築物の適用条件については、これら用途、規模、地域区分の条件が複合している場合が多い。

3.1 建築物に要求される防火性能

建築基準法により、建築物に求められる主な防火性能は、

- ① 出火を容易にさせない性能(出火防止性能)
- ② 火災の初期に早く火災が拡大し延焼することを抑制する性能(出火室内燃焼拡大抑制性能)
- ③ 安全に避難ができる性能(避難安全性能)
- ④ 火災の範囲を局限化し、倒壊を防止する性能(防・耐火性能)
- ⑤ 市街地火災を抑制する性能(市街地火災抑制性能)
- ⑥ 消防活動を支援する性能(消防活動支援性能)

等であり、用途、規模、地域区分に応じて耐火建築物等建築物全体に関する要求、部位に関する防・耐火性能の要求、あるいは、防火区画、内装制限、避難施設等に関する要求を確認して、これらを満たすよう設計を進める必要がある。

3.1.1 用途

用途に関しては、法第 27 条に規定されており、たとえば、

- ・物販店舗のような不特定多数の利用者、あるいは、ホテルのような就寝を伴う用途の建築物
- ・学校のような特定多数の利用者、あるいは、共同住宅のような特定の利用者の就寝を伴う用途の建築物
- ・可燃物が多量に持ち込まれる倉庫等の用途の建築物

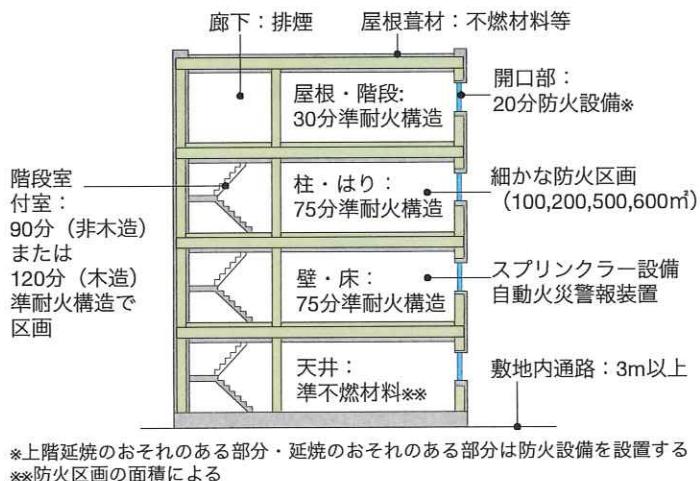
などでは、避難安全や防火対策を考えるうえで、考慮すべき要因が異なる。そのため、法ではこのような建築物を特殊建築物として、法別表第 1 の各項に示す用途により、表 3.1.1-1 及び表 3.3.1.2 に示す通り、規模(階数と面積等)に応じて、避難安全確保の観点や火災が発生した際の影響の大きさの観点から、耐火建築物や準耐火建築物、特殊建築物内の避難者の全てが避難を終了するまでに要する時間(消防による検索等の時間を含む)、倒壊や延焼等を防止する建築物(以下、「避難時倒壊防止建築物」と記す。)などの建築物として、主要構造部や外壁の開口部に防・耐火性能が要求される。

表 3.1.1-1 に示される用途に関しては、避難安全確保の観点から、主要構造部を「避難時倒壊防止構造(建築基準法施行令(以下、「令」と記す。)第 110 条第 1 号)」あるいは「耐火構造や耐火性能検証法により確かめられた構造(以下、「耐火構造等」と記す。)(令第 110 条第 2 号)」のどちらかにすることが要求される。また、外壁の開口部については、「延焼のおそれのある部分」と「延焼するおそれがある外壁の開口部」について、それぞれ要求される防火設備を設ける。なお、「延焼するおそれがある外壁の開口部」については、天井の不燃化やスプリンクラーの設置等の代替措置がある。

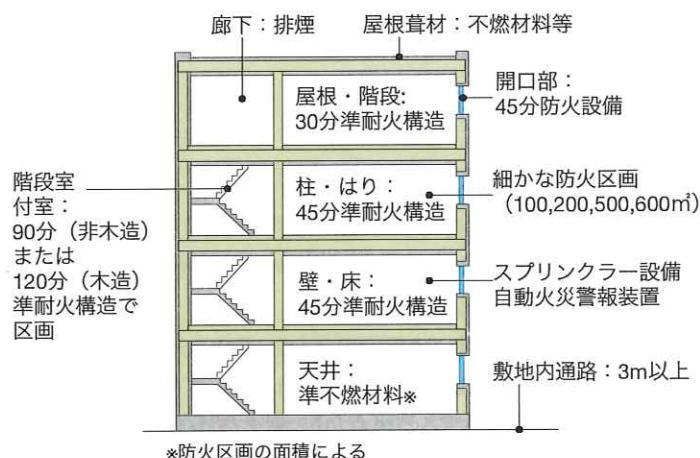
法第 27 条第 1 項に規定する国土交通大臣が定めた構造方法が、H27 国交告第 255 号に例示されている。この告示においては、従来、法第 27 条で位置づけられていた 3 階建て共同住宅や学校等の例示仕様以外に、令和元年の改正において、告示に定める主要構造部の避難時倒壊防止構造や開口部に設ける防火設備等について建築物全体を性能設計する避難時倒壊防止建築物が位置づけられた。図 3.1.1-1 に、防火・準防火地域以外の延べ面積 1000 m²程度の 4

階建て共同住宅の避難時倒壊防止建築物の例を示す。主要構造部の性能を定めるための区画内温度の変数となる外壁開口部の防火設備の仕様により、図 3.1.1-1 では、防火・準防火地域以外の延べ面積 1000 m²程度の 4 階建て共同住宅の 2 つの性能設計例を示す。設計の条件により、主要構造部に要求する性能が変わることが理解できる。

①主要構造部を高度な準耐火構造として設計する場合



②開口部に高度な防火設備を設けて設計する場合



上図①②は延べ面積1000m²程度の場合について、告示の検証法により主要構造部の準耐火構造と開口部の要求性能等を計算した一例です
(建物規模により準耐火構造と開口部の要求性能は変化します)

図 3.1.1-1 防火・準防火地域以外の延べ面積 1000 m²程度の 4 階建て共同住宅の場合(性能設計する場合)

表 3.1.1-1 特殊建築物の主要構造部及び外壁開口部の要求性能 1

		主要構造部 避難時倒壊防止構造(令第110条第1号)※1	外壁の開口部 延焼のおそれのある部分(令第110条の2第1号)	
(一)	劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場	・3階以上の階を用途に供するもの ・客席の床面積の合計が200m ² 以上 【劇場、映画館、演芸場】主階が1階ないもの	避難時倒壊防止構造 耐火構造等	※2
(二)	病院、診療所、ホテル、旅館、下宿、共同住宅、寄宿舎、児童福祉施設等	・3階以上の階を用途に供するもの 【下宿、共同住宅、寄宿舎】3階建てで3階を用途に供するもの	避難時倒壊防止構造 耐火構造等 1時間準耐火基準に適合する準耐火構造(各宿泊室等にバルコニーを設置する等一定の要件に該当するものに限る。)	※2 ※3
		・用途に供する部分(2階かつ病院・診療所については、患者の収容施設に限る)の床面積の合計が300m ² 以上	準耐火構造等 耐火構造等	要求なし
(三)	学校、体育館、博物館、美術館、図書館、ボーリング場、スキー場、スケート場、水泳場、スポーツの練習場	・4階以上の階を用途に供するもの、4階建て以上で3階を用途に供するもの	避難時倒壊防止構造 耐火構造等	※2 法第2条第9号の2口に規定する防火設備若しくは屋内への遮炎性能を有するものとして大臣が認定した防火設備
		・3階建てで3階を用途に供するもの	1時間準耐火基準に適合する準耐火構造(建物の周囲の一定部分に幅員3メートル以上の通路を設けたものに限る。)	【1時間準耐火基準に適合する準耐火構造とした場合】法第2条第9号の2口に規定する防火設備又は他の外壁の開口部のある室の天井の不燃化等
		・用途に供する部分(2階以下)の床面積の合計が2000m ² 以上	準耐火構造等 耐火構造等	要求なし
(四)	百貨店、マーケット、展示場、キャバレー、咖啡、ナイトクラブ、バー、ダンスホール、遊技場、公衆浴場、待合、料理店、飲食店、物品販売業を営む店舗	・3階以上の階を用途に供するもの ・用途に供する部分の床面積の合計が3000m ² 以上	避難時倒壊防止構造 耐火構造等	※2
		・用途に供する部分(2階に限る)の床面積の合計が500m ² 以上	準耐火構造等 耐火構造等	要求なし

※1 非耐力壁の外壁の延焼のおそれのある部分以外の部分及び屋根は30分準耐火構造(特定避難時間が30分間未満の場合は特定避難時間)。

※2 3階以上の階を用途に供する場合において、特定避難時間倒壊等防止建築物(平26国交告255号)として大臣が認定したものには、法第2条第9号の2口に規定する防火設備若しくは屋内への遮炎性能を有するものとして大臣が認定した防火設備又は他の外壁の開口部のある室の天井不燃化等が必要。

※3 3階の各宿泊室等の外壁の開口部及び当該室以外の部分に面する開口部には法第2条第9号の2口に規定する防火設備を設けることが必要。

表 3.1.1-2 特殊建築物の主要構造部及び外壁開口部の要求性能 2

		主要構造部	外壁の開口部(延焼のおそれのある部分)
(五)	倉庫その他これに類するもので政令で定めるもの	・3階以上の部分の床面積の合計が200m ² 以上	法第2条第9号の2口に規定する防火設備
		・用途に供する部分の床面積の合計が1,500m ² 以上	
(六)	自動車車庫、自動車修理工場その他これらに類するもので政令で定めるもの	・3階以上の階を用途に供するもの	法第2条第9号の2口に規定する防火設備
		・用途に供する部分の床面積の合計が150m ² 以上	

3.1.2 規模

CLT を用いた建築物の規模に関しては、高さと面積により、耐火建築物や政令で定める技術的基準に適合する建築物、主要構造部の耐火性能が要求される。

平成 30 年に法第 21 条第 1 項が改正され、主要構造部に木材等の可燃材料を使用した建築物の規模(高さ)の観点から、火災時に倒壊する際の影響の大きさから、常備消防機関による消火の措置により消火され、結果的にその影響を少なくするように建築物の倒壊及び延焼を防止することを目的に主要構造部に必要な耐火性能(火災時倒壊防止構造)を有し、防火区画や外壁の開口部に必要な防耐火性能を有する建築物(火災時倒壊防止建築物)を要求することとなった。その適用の対象は、法第 21 条第 1 項の各号により、

第 1 号 地階を除く階数が 4 以上であるもの

第 2 号 高さが 16m をこえるもの

第 3 号 倉庫や車庫、工場等の用途に供する特殊建築物(法別表第 1(い)欄(5)項又は(6)項)で高さが 13m を超えるもの

である。なお、その周囲に延焼防止上有効な空地がある場合は規制の対象とはならない。

また、従来政令や告示で位置づけられていた建築物については、以下の通り例示仕様として令元国交告第 193 号に位置づけられている。

法第 21 条第 1 項に規定する国土交通大臣が定めた構造方法が、令元国交告第 193 号に例示されている。この告示においては、主要構造部を火災時倒壊防止構造とした建築物(火災時倒壊防止建築物)とするための仕様以外に、図 3.1.2-1 に示す通り、主要構造部を 75 分間準耐火構造とした 4 階建ての建築物の仕様が例示されている。

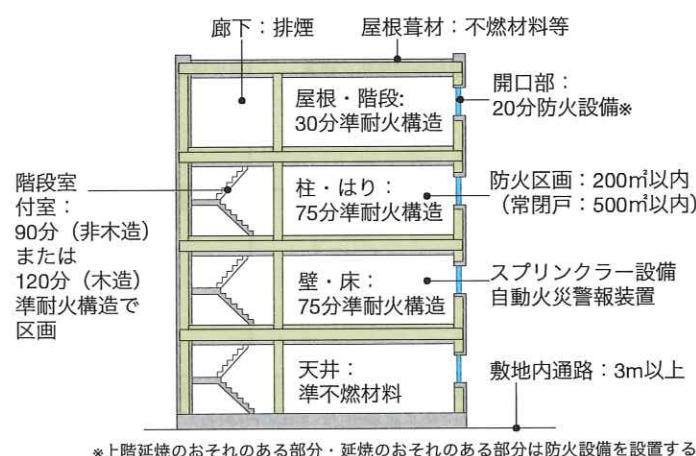


図 3.1.2-1 防火・準防火地域以外の 4 階建て事務所の場合(仕様規定で設計する場合)

図 3.1.2-2(左図)に示す主要構造部を 1 時間準耐火基準に適合する準耐火構造(非耐力壁の外壁の延焼のおそれのある部分以外の部分及び屋根は 30 分準耐火構造。以下、「1 時間準耐火構造」と記す。)とした建築物(以下、「準耐火建築物(1 時間)」と記す。)及び図 3.3.2.2(右図)に示すように、30 分加熱に耐える構造とすれば主要構造部を耐火構造としなくてもよいが、大規模な木造建築物が激しく燃えると、避難上及び消防活動上の支障となるため、図 3.3.2.2(左図)に示す場合は、建築物周囲に幅 3m 以上の通路が要求される(令第 128 条の 2、令元国交告第 193 号)。その場合でも、200m² 以内ごとの区画と開口部を通じた上階への延焼防止策を講ずれば燃焼範囲が制限されたため、通路の設置または幅員は緩和される。

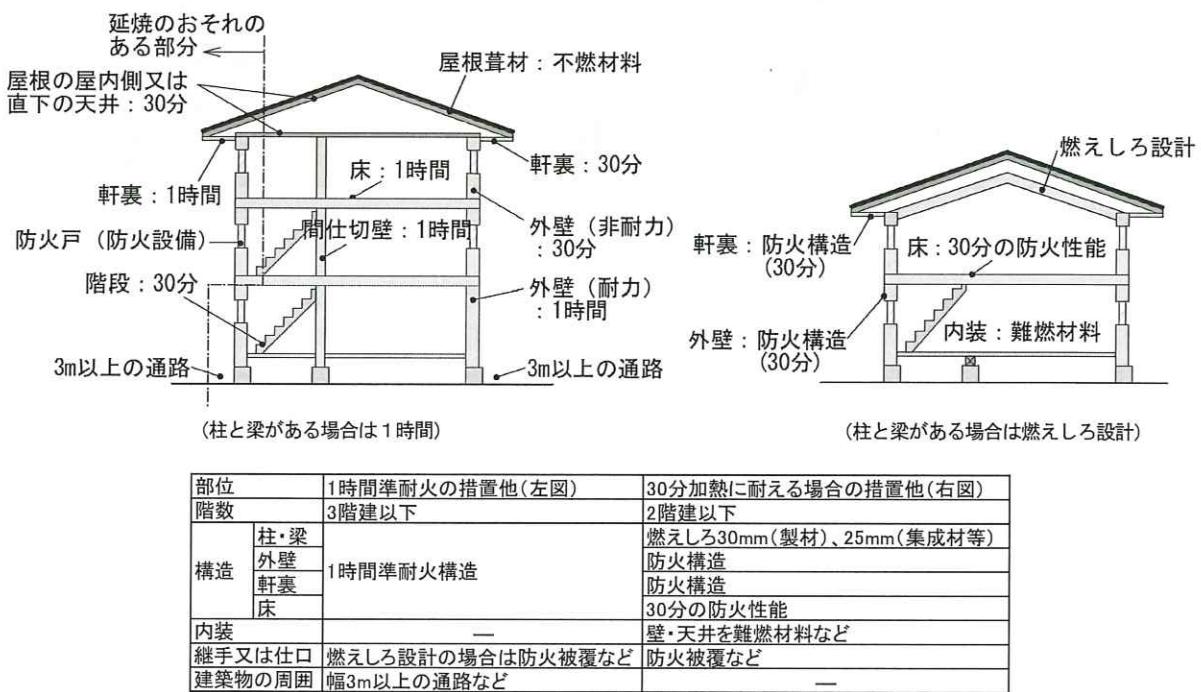


図 3.1.2-2 主要構造部を木造とすることができる大規模の建築物

面積に関して、法第 21 条第 2 項により延べ面積が 3,000m² を超える建築物は、主要構造部を耐火構造とするか、「壁等」により区画し、各区画の床面積の合計をそれぞれ 3,000m² 以内としたものとしなければならない。

また、令第 114 条第 3 項により、小屋組が木造で建築面積が 300m² を超える建築物は、主要構造部を耐火構造とするか、令第 115 条の 2(防火壁・防火床の設置を要しない建築物)に適合するものや農地に建つ畜舎等を除いて、火災時に小屋組が燃焼して早期に火災拡大することを防止するため、けた行間隔 12m 以内ごとに小屋裏に準耐火構造の隔壁を設けるか、小屋裏の直下の天井全体を強化天井(令第 112 条第 4 項第 1 号)としなければならない。

3.1.3 地域区分

市街地火災の発生防止または被害抑止を目的とする地域区分には、以下に示すものがある。

- 防火地域
- 準防火地域
- 屋根不燃化区域(法第 22 条区域)

このうち、防火地域と準防火地域は、都市計画法第 8 条および第 9 条の規定に基づいて、都市計画で指定する地域である。防火地域は、いわゆる都心部で指定されることの多い地域で、仮に火災が発生したとしても市街地火災への拡大を防止することを目的としている。準防火地域は、防火地域の周縁部で指定されることの多い地域で、仮に市街地火災が発生したとしても延焼を遅延させ、被害の拡大を抑止することを目的としている。これらの地域に建つ建築物に対する

る防耐火上の要求は建築基準法第 61, 62 条および関連する政令・告示に規定されている。規制される建築物の範囲およびその内容は、令第 136 条の 2 に規定される通りであり、図 3.1.3-1 に示すような建築物の規模(延べ面積、階数)に応じたものとなっている。

地域 階数 延べ面積	防火地域			準防火地域		
	50m ² 以下	100m ² 以下	100m ² 超	500m ² 以下	500m ² 超 1500m ² 以下	1500m ² 超
4階以上	第一号イ (耐火建築物) 第一号ロ (延焼防止建築物)			第一号イ (耐火建築物) 第一号ロ (延焼防止建築物)		
3階建				第二号イ (準耐火建築物) 第二号ロ (準延焼防止建築物)		
2階建	第二号イ (準耐火建築物) 第二号ロ (準延焼防止建築物)			第三号イ・ロ 第四号イ・ロ		
平屋建						

図 3.1.3-1 令第 136 条の 2 の技術的基準により規制対象となる防火地域・準防火地域内の建築物の規模

屋根不燃化区域は、建築基準法第 22 条の規定に基づいて、特定行政庁(都道府県知事または建築主事を置く市町村長)が指定する区域である。屋根不燃化区域は通称であり、法第 22 条区域とも呼ばれる。通称の通り、同区域内の建築物には、「通常の火災を想定した火の粉による建築物の火災の発生を防止するため」の措置を講じることが求められている。また、同区域内の建築物のうち木造建築物等には、建築基準法第 23 条により、外壁で延焼のおそれのある部分を準防火性能とすることを求めている。同区域は、防火地域・準防火地域のさらに周縁部で指定されることが多い。

なお、防火・準防火地域または屋根不燃化区域に指定されていない地域では、市街地火災の発生防止または被害抑止を目的とする構造制限は課されない。ただし、一定以上の規模となる場合に課される構造制限が、これとは別に課される(「3.1.4 用途・規模・地域区分による建築物の例示仕様」参照)。

3.1.4 用途・規模・地域区分による建築物の例示仕様

上述したとおり、用途、規模、地域区分により法の適用条文は異なるものの、告示等で例示される仕様の建築物の適用条件については、これら用途、規模、地域区分の条件が複合している場合が多い。これらの仕様が政令・告示で位置づけられているものを表 3.1.4-1 および以下に示す。

1) 規模・地域区分によるもの

1)-①令第 136 条の 2 号ロで示す技術的基準 【準防火地域】

地階を除く階数が 3・延べ面積が 500 m² 以下である建築物(令元国交告第 194 号第 4 号)

2) 規模によるもの

2)-①法第 21 条第 1 項で示す技術的基準 【高さ】

主要構造部を木造とができる大規模の建築物(令第 109 条の 5 第 1 号)

【高さ・階数の制限がない建築物(令元国交告第 193 号第 1 第 1 号)】

・地階を除く階数が 4 以下の建築物(令元国交告第 193 号第 1 第 2 号)

・地階を除く階数が 3 以下の建築物(令元国交告第 193 号第 1 第 3 号)

・地階を除く階数が 2 以下の建築物(令元国交告第 193 号第 1 第 4 号)

3) 用途によるもの

3)-①法第 27 条第 1 項で示す技術的基準 【用途】

【耐火建築物等としなければならない特殊建築物(平 27 国交告第 255 号第 1 ルート B)】

4) 用途・規模によるもの

4)-①法第 27 条第 1 項で示す技術的基準 【木造 3 階建共同住宅】

- 木造 3 階建共同住宅(平 27 国交告第 255 号第 1 第 3 号)
- 4)-②法第 27 条第 1 項で示す技術的基準 【木造 3 階建学校】
- 木造 3 階建学校(平 27 国交告第 255 号第 1 第 4 号)
- 5) 用途・規模・地域区分によるもの
- 5)-①法第 27 条第 1 項で示す技術的基準 【防火・準防火地域】
- 延焼防止建築物等(令和元年国土交通省告示第 194 号第 2)
- 地階を除く階数が 3 以下・延べ面積が 3000 m² 以下である建築物で以下の用途のもの
- ・法別表第 1(い)欄第 1 項・3 項・4 項(物販店舗除く)・事務所等
 - ・法別表第 1(い)欄第 2 項
 - ・物販店舗
 - ・住宅
- 5)-②法第 27 条第 1 項で示す技術的基準 【木造 3 階建共同住宅、準防火地域】
- 木造 3 階建共同住宅(平 27 国交告第 255 号第 1 第 3 号)

表 3.1.4-1 用途・規模・地域区分による建築物の例示仕様

用途	用途	規模	地域区分
規模	4)-①, 4)-②	2)-①	
地域区分	1)-①		

用途・規模・地域区分:5)-①, 5)-②

3.2 建築物の防耐火性能

3.2.1 耐火建築物、準耐火建築物、その他建築物等

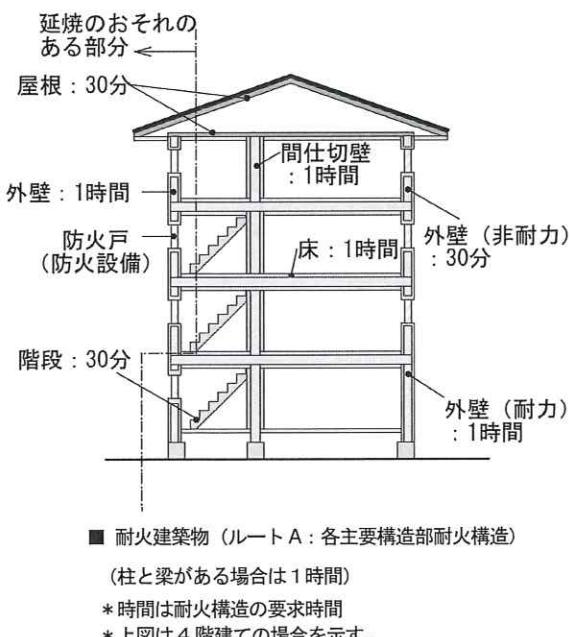
建築基準法においては、用途・規模・地域区分に応じた性能が要求されているが、具体的に設定されている防火上の性能を有する建築物のモデルは、それぞれ以下のとおりである。

なお、建築物全体に CLT を用いたものを想定して図示するが、部分的に他の構造を用いる場合もあり、柱や梁がある場合は図に示す防・耐火性能が要求される。

- ① 耐火建築物:法第 2 条第 9 号の 2 イ及びロで示す技術的基準が、令第 107 条第 1~3 号に定められている。最上階から数えた階数が 5 以上 14 階以下の階の柱、梁、耐力壁、床には 2 時間の耐火性能が要求されるが、木造では、1 時間の耐火性能で設計することを目的に最上階から数えた階数を 4 階以下とする事例が多い。耐火建築物の主要構造部に要求される耐火性能(例示仕様による場合(レート A と記す。))を図 3.2.1-1 に示す。
- ② 準耐火建築物:法第 2 条第 9 号の 3 で示す技術的基準が、令第 107 条の 2 第 1~3 号に定められている。告示による柱と梁の燃えしろ設計ができる。準耐火建築物の主要構造部に要求される準耐火性能を図 3.2.1-2 に示す。
- ③ 火災時倒壊防止建築物:法第 21 条第 1 項で示す技術的基準について、対象となる主要構造部が令第 109 条の 4 に、その技術的基準が令第 109 条の 5 に、延焼防止上有効な空地の技術的基準令第 109 条の 6 に、国土交通大臣が定めた構造方法として例示仕様が令元国交告第 193 号に定められている。主要構造部に要求される準耐火性能は、図 3.2.1-2 に示す「45 分」を「通常火災終了時間」としたものである。

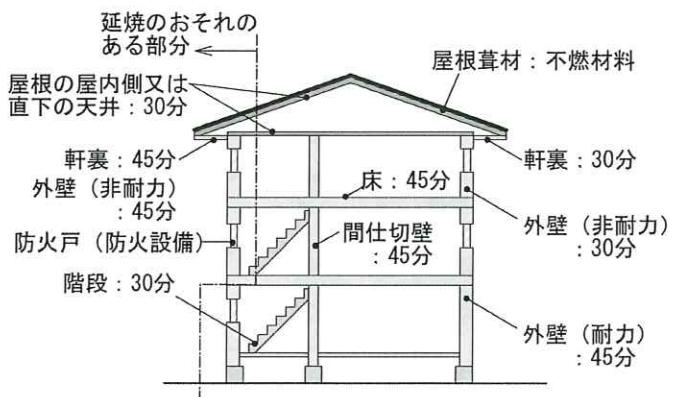
- ④ 準耐火建築物(1時間)：高さが16mを超える3階以下の木造建築物として、法第21条第1項で示す技術的基準に適合するもので国土交通大臣が定めた構造方法として例示仕様が令元国交告第193号に定められている。主要構造部を1時間準耐火基準に適合する準耐火構造とし、建築物周囲に3m以上の通路を設け、外壁の開口部から上階の開口部へ延焼するおそれがある場合にひさし等を設けること等が求められる。主要構造部に要求される準耐火性能を図3.3.2.2(左図)に示す。
- ⑤ 避難間倒壊防止建築物：法第27条第1項で示す技術的基準について、主要構造部が令第110条に、延焼するおそれがある外壁の開口部が令第110条の2に、その開口部に設ける防火設備が令第110条の3に定められている。主要構造部に要求される準耐火性能は、図3.2.1-2に示す「45分」を「特定避難時間」としたものである。また、木造3階建共同住宅と木造3階建学校は、「特定避難時間」を「1時間」としたものである。
- ⑥ その他建築物：上記①～⑤以外の建築物とする。

また、木造建築物を準防火地域に建築する場合の外周部位への要求時間を図3.2.1-3に示す。



部 位		通常の火災		屋内側から の火災	
		最上階から数えた階数	非損傷性	遮熱性	
壁	間仕切 壁	階数15以上の階	2時間	1時間	
		階数5～14の階	1時間		
		最上階、階数2～4の階	1時間	—	
	外壁	—	—	1時間	
		階数15以上の階	2時間	1時間	
		階数5～14の階	1時間		
柱	耐力壁	最上階、階数2～4の階	1時間	1時間	
		階数15以上の階	3時間	—	
		階数5～14の階	2時間		
	非耐力壁	—	—	1時間	
		延焼のおそれ のある部分	—	1時間	
		上記以外	—	30分	
床	柱	階数15以上の階	3時間	—	
		階数5～14の階	2時間		
		最上階、階数2～4の階	1時間	—	
	床	階数15以上の階	2時間	1時間	
		階数5～14の階	1時間		
		最上階、階数2～4の階	1時間	—	
はり	柱	階数15以上の階	3時間	—	
		階数5～14の階	2時間		
		最上階、階数2～4の階	1時間	—	
	床	階数15以上の階	3時間	—	
		階数5～14の階	2時間		
		最上階、階数2～4の階	1時間	—	
屋根		—	30分	—	
階段		—	30分	—	

図3.2.1-1 耐火建築物の主要構造部に要求される耐火性能

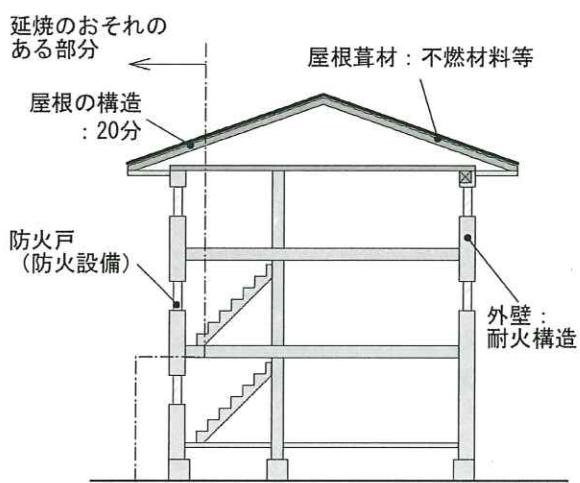


■ イ準耐火建築物（各主要構造部準耐火構造）

[法2条9号の3イ]

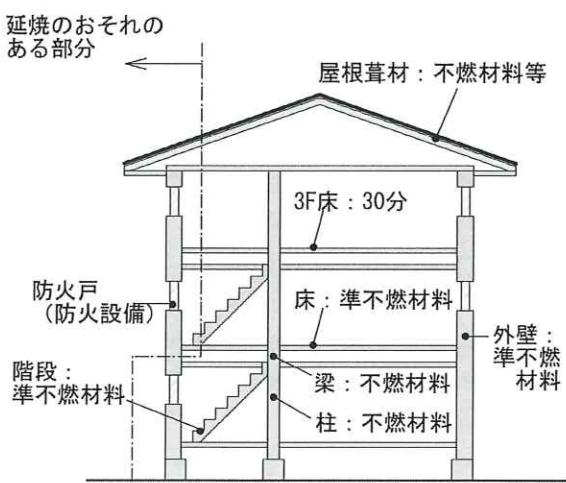
(※時間は準耐火構造の要求時間、柱と梁がある場合は45分)

部 位		通常の火災		屋内側から の火災
		非損傷性	遮熱性	
壁	間 仕 切 壁	耐力壁	45分	45分
		非耐力壁	—	45分
	外 壁	耐力壁	45分	45分
		非耐力壁	延焼のおそれ のある部分	—
		上記以外	—	45分
			—	30分
			45分	30分
			—	30分
柱		45分	—	—
床		45分	45分	—
梁		45分	—	—
屋根の軒裏	延焼のおそれ のある部分	—	45分	—
	上記以外	—	30分	—
屋根		30分	—	30分
階段		30分	—	—



■ 口準耐火建築物 1号（外壁耐火構造）

[令第109条の3第1号] 主としてRC造



■ 口準耐火建築物 2号（主要構造部不燃構造）

[令第109条の3第2号] 主として鉄骨造

図 3.2.1-2 準耐火建築物の主要構造部に要求される耐火性能と種類

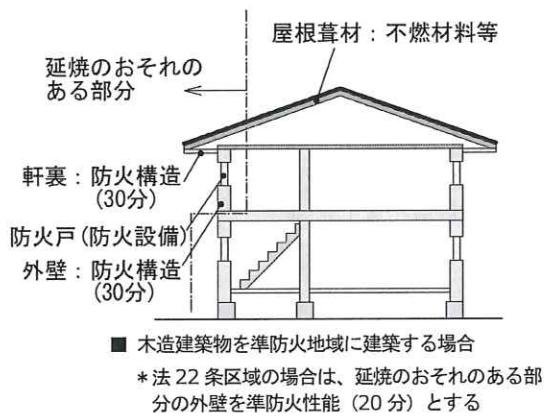


図 3.2.1-3 建築物の外周部位への要求時間

3.2.2 主要構造部の防・耐火性能

建築物の火災安全性に関しては、法により地域区分、規模、用途に応じて 1.1 節で示した①～⑥の防火性能が要求されており、主要構造部には③～⑥に関して火災の火熱に対する次の 3 つの要素性能が部位ごとに要求される。

非損傷性:構造耐力上支障のある変形、溶融、破壊その他の損傷を生じないこと

遮熱性:非加熱面の温度が、可燃物が燃焼する危険のある一定温度以上に上昇しないこと

遮炎性:非加熱面に火炎を出す亀裂等の損傷を生じないこと

なお、非損傷性が要求されるのは長期荷重を負担する部材である。

火災の火熱の強さには様々な要因が影響するが、盛期火災を想定し、「通常の火災」として標準化した加熱に対する性能を耐火試験により確認したものが、耐火構造や準耐火構造等であり、告示により仕様が示されたものと国土交通大臣による認定を受けたものがある。準耐火構造、防火構造、準防火構造は一定の加熱時間の間、上記の性能を確保することが要求されるのに対し、耐火構造では、火災が終了し、火災による影響がなくなった後も性能を有することが必要である。これは、地震後火災等を想定した場合、公設消防による消火活動が期待できない場合にも火災による倒壊を防止するためである。そのため、大断面木材等を使う燃えしろ設計は、材料に自消性がなく、断面が炭化して、やがては部材が損傷することが想定されるため、告示においては耐火構造には位置づけられていない。

耐火構造には、最上階から数えた階数に応じて、図 3.2.1-1 に示す性能が要求されている。

また、法第 21 条第 1 項により、主要構造部を火災時倒壊防止構造とした場合は、図 3.3.2.1 に示す準耐火性能(時間)について、通常火災終了時間(4 階建てで別途要求される仕様に適合するものは 75 分間)の性能が要求される構造がある。法第 27 条により 3 階を特殊建築物としなければならない用途とする場合は、図 3.3.2.2(左図)及び図 3.2.1-2 に示す準耐火性能(時間)について、特定避難時間(共同住宅や学校等については 1 時間)の性能が要求される構造がある。そして、法第 61 条では、延焼防止建築物として、用途、階数(3 階以下)、延べ面積(3,000m² 以下)、外壁開口部の面積等の制限に適合するものは主要構造部に対して 75 分間や 90 分間の準耐火性能が要求される構造がある。

このほか、令第 114 条では、長屋又は共同住宅の各戸の界壁(第 1 項)、学校、病院、診療所等の防火上主要な間仕切壁(第 2 項)、建築面積が 300m² を超える木造建築物の小屋裏隔壁(第 3 項)、延べ面積がそれぞれ 200 m² を超える木造建築物相互を連絡する渡り廊下の小屋裏隔壁(第 4 項)について、延焼防止、避難安全等の観点から準耐火構造が要求される。

3.2.3 防火区画等

大規模な木造建築物で火災が発生すると、消火が困難となり、火の粉の飛散、放射熱、倒壊等周囲への影響が甚大となる。そのため、木造建築物で延べ面積が 1,000m² を超える建築物には、防火壁を設置したり(1,000m² 以内ごと)、防

火区画を設けたりする等の対策が要求される。平成 26 年の法第 21 条第 2 項の改正により、図 3.2.3-1 に示すとおり、木造耐火建築物でなくとも、火災継続予測時間の間一定の耐火性能を有する「壁等」によって区画することで木造により延べ面積が 3,000m²を超える建築物が可能となった。

耐火建築物、準耐火建築物やその他一部の建築物を除き、火災が急速に建築物全体に拡大することを防止するため防火壁を設けて 1,000m²以内に区画する。防火壁及び防火床の構造は令第 113 条に定められており、耐火構造とし、かつ、自立する構造であること、防火壁の両端及び上端は、建築物の外壁面及び屋根面から 50cm 以上突出させるか、外壁又は屋根が防火壁を含み桁行き方向に幅 3.6m 以上の耐火構造等とすること、防火壁に設ける開口部(幅及び高さは 2.5m 以下)には特定防火設備を設けることが定められている。壁等により 3,000m²以内に区画した部分についても、耐火建築物、準耐火建築物やその他一部の建築物を除き、防火壁により 1,000m²以内に区画する必要がある。

その他、木造建築物の火災を局限化する方法としては、図 3.2.3-2 に示すとおり、別棟解釈の考え方(住宅局建築防災課長通達「部分により構造を異にする建築物の棟の解釈について」(昭和 26 年 3 月 6 日住防発第 14 号))がある。この場合、それぞれの部分は別棟とみなされ、それぞれの棟に避難規定を含む性能が要求される。この耐火構造の部分により 3m 以上の離隔が要求されているが、別棟と解釈されることから、それぞれ延焼のおそれのある部分を想定し、開口部や外壁、軒裏部分など延焼防止のために留意するなど、規定の趣旨を十分理解して計画する必要がある。なお、本通達に関しては、各特定行政庁の解釈に従う。

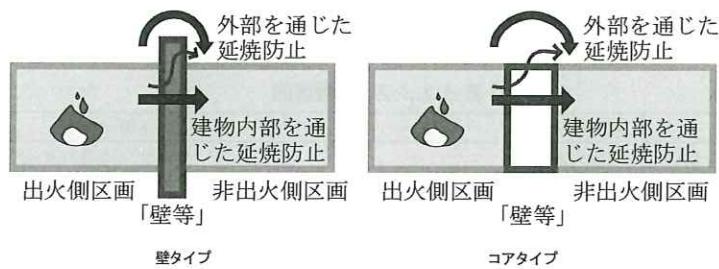


図 3.2.3-1 大規模木造建築物における壁等による延焼防止の考え方

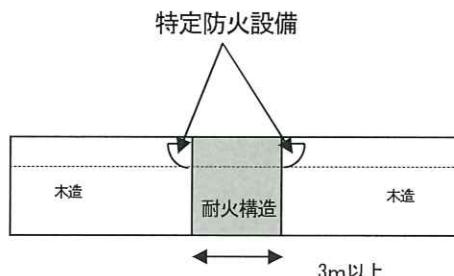


図 3.2.3-2 別棟解釈の考え方 (昭和 26 年の課長通達)

また、火災を局限化するために、令第 112 条により、表 3.2.3-1～4 に示す防火区画の設置が義務づけられている。なお、区画にスプリンクラー設備、水噴霧消火設備、泡消火設備等で自動式のものを設けた部分の床面積の 1/2 に相当する面積は除かれるため、最大で 2 倍の区画面積が可能となる。また、表 3.2.3-1 には防火壁の基準、表 3.2.3-2 には 11 階以上の高層区画も合わせて示す。また、令元国交告第 193 号の火災時倒壊防止建築物とする場合、通常の消火の措置により主要構造部の性能を確保する上で防火区画の設備・内装仕上等の条件により、防火区画面積の上限が定められている。

表 3.2.3-1 面積区画

対象建築物	区画の面積	区画の構造
耐火建築物・準耐火建築物 ^{①)} 【令第 112 条第 1 項】	1,500m ² 以内ごと	1 時間準耐火基準に適合する準耐火構造(令第 112 条第 2 項)の床・壁 ^{②)} 防火戸(特定防火設備)
法第 21 条第 1 項・法第 27 条第 1 項・ 法第 27 条第 3 項・法第 61 条・法第 67 条第 1 項の規定による準耐火建築物 【令第 112 条第 4 項】	500m ² 以内ごと ^{③)} ・特定避難時間が一時間未満である建築物 ・通常火災終了時間が一時間未満である建築物 ・準耐火建築物(法第 2 条第 9 号の 3 イ) ・準耐火建築物(法第 2 条第 9 号の 3 ロ) 外壁耐火構造	1 時間準耐火基準に適合する準耐火構造(令第 112 条第 2 項)の床・壁 ^{②)} 防火戸(特定防火設備) 防火上主要な間仕切り壁は準耐火構造とし、小屋裏又は天井裏に達せしめる ^{④)}
法第 21 条第 1 項・法第 27 条第 1 項・ 法第 27 条第 3 項・法第 61 条・法第 67 条第 1 項の規定による準耐火建築物 【令第 112 条第 5 項】	1,000m ² 以内ごと ・特定避難時間が一時間以上である建築物 ・通常火災終了時間が一時間以上である建築物 ・準耐火建築物(令第 112 条第 2 項) ・準耐火建築物(法第 2 条第 9 号の 3 ロ) 不燃構造	1 時間準耐火基準に適合する準耐火構造(令第 112 条第 2 項)の床・壁 ^{②)} 防火戸(特定防火設備)
耐火建築物・準耐火建築物以外の建 築物 【法第 26 条】	1,000m ² 以内ごと	防火壁及び防火床(自立する耐火構造の壁 及び床)(令第 113 条) 特定防火設備(幅・高さ 2.5m 以下)

*1) 法第 21 条・法第 27 条・法第 62 条等の要求によらずに準耐火建築物とする場合。

*2) 耐火建築物では主要構造部は耐火構造としなければならない。

*3) 令元国交規第 193 号に適合する場合は、区画の設備・内装仕上等の条件により 100 m²、200 m²、500 m²、600 m² 以内ごと。

*4) 天井の全部を強化天井とした階、準耐火構造の壁・強化天井又は防火設備で区画された部分を除く。

表 3.2.3-2 高層区画

対象建築物	区画の面積	区画の構造
建築物の 11 階以上の階、地下街(各構えの部分) 【令第 112 条第 7~9 項・令第 128 条の 3 第 2・3・5 項】	100m ² 以内ごと 内装(下地とも)難燃材料	耐火構造の床・壁 防火戸(防火設備) ^{①)}
	200m ² 以内ごと 内装(下地とも)準不燃材料	
	500m ² 以内ごと 内装(下地とも)不燃材料	

*1) 地下街(各構えと他の各構え・地下道と接する部分)には特定防火設備(遮煙性能・煙感知器連動閉鎖機構を有するもの)。

表 3.2.3-3 たて穴区画

対象建築物	区画の構造
主要構造部を準耐火構造とした建築物・特定避難時間倒壊等防止建築物 ・地階・3 階以上の階に居室を有するものの住戸の部分(住戸の階数が 2 以上のもの) ・吹抜きとなっている部分 ^{①)} ・階段の部分 ^{①)} ・昇降機の昇降路の部分 ^{②)} ・ダクトスペースの部分その他これらに類する部分 【令第 112 条第 11 項】	準耐火構造の床・壁 防火戸(防火設備) (壁(床面から 1.2m の高さを除く)と天井の仕上げ及び下地を準不燃材料とする)

*1) 避難階からその直上階又は直下階のみに通ずる部分でその壁及び天井の室内に面する部分の仕上げを不燃材料でし、かつ、その下地を不燃材料で造ったものは除く。

*2) 階数が 3 以下で延べ面積が 200m² 以内の一戸建ての住宅又は長屋若しくは共同住宅の住戸のうちその階数が 3 以下で、かつ、床面積の合計が 200m² 以内であるものにおける吹抜きとなっている部分、階段の部分、昇降機の昇降路の部分その他これらに類する部分は除く。

表 3.2.3-4 異種用途区画

対象建築物	区画の構造
建築物の一部が法第 27 条の用途に該当する部分と他の部分 ・法別表第 1 に記載の用途 【令第 112 条第 18 項】	1 時間準耐火基準に適合する準耐火構造(令第 112 条第 2 項)の床・壁 防火戸(特定防火設備)

第4章 燃えしろ設計(45分間・60分間準耐火構造)

4.1 燃えしろ設計の概念(45分間・60分間準耐火構造)

一般的に建築物の規模が大きくなるほど、建築基準法において要求される防耐火性能も高くなる。建築物の主要構造部(柱、梁、壁、床、屋根等)とその仕口や接合部には、主要構造部の部位等に応じて、30~60分の準耐火性能(非損傷性、遮熱性、遮炎性)を確保するための防火対策が必要となる。

CLTパネルや集成材等の木質材料からなる主要構造部材や接合部の準耐火性能を確保するには、木材部分に防火被覆を設置するなどして、木材の炭化を抑制する方法(メンブレン防火被覆)と部材の必要断面の周囲に火災時に荷重負担を期待しない木材を確保する方法(燃えしろ設計)が用いられる(図4.1-1)。メンブレン防火被覆は木材を準不燃材料等で覆うことで、木材の温度上昇を緩やかにし、所定の時間、木材部分の炭化を抑制するものである。一般的に防火被覆にはせっこうボードや強化せっこうボードが利用され、せっこうに含まれる結晶水の熱分解等による吸熱効果によって木材の温度上昇を抑制している。防火上は有効であるが被覆材で覆われるため、構造体の木材そのものを現して仕上げることが難しい。一方、燃えしろ設計では、内装が制限される部分を除き、構造体の木材を現しとすることが可能となるが、火災時に木材が炭化してしまう厚さ(燃えしろ)だけ大きな部材断面が必要となる。

CLTパネルや集成材等の木質系材料は、火災時に火炎や高温ガス、強い放射熱などの火熱を受けると着火し、加熱を受けた表面から熱分解が進み、炭化層を形成する。木材は加熱初期には激しく燃えることがあるが、木材の表面に炭化層が形成され続けると、炭自体が断熱材の役割を果たして、燃焼の進行する速度が燃焼初期に比べて緩やかになる。特に大断面の集成材や木質パネルの厚さが大きい部材では、火災が一定の時間継続しても残存断面の荷重支持能力に期待することができる。燃えしろ設計ではこのような木材の燃焼特性と残存断面の性能を生かして、部材や接合部の防耐火設計を行うことになる。以下では、木質構造材料の燃えしろ設計について、詳述する。

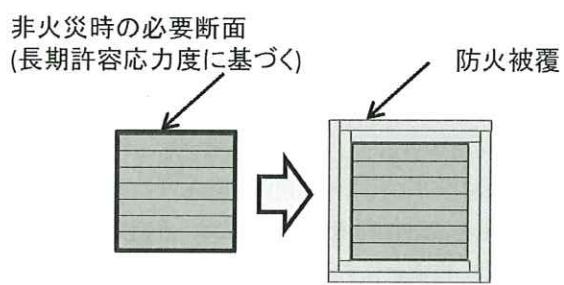
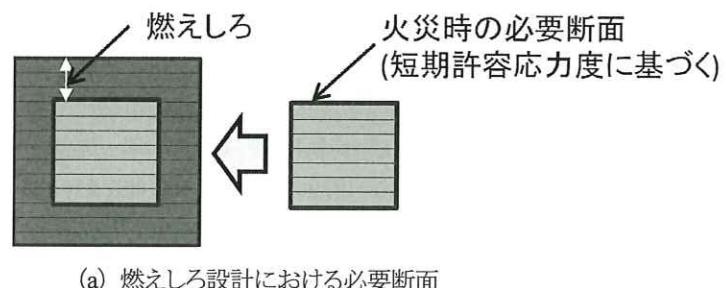


図4.1-1 燃えしろ設計とメンブレン防火被覆の概念

4.2 火災時における主要構造部の耐力、残存厚さ

4.2.1 火災時の炭化速度と残存断面

火災時に木質系部材は、火熱を受けて約 240~260°Cに達すると部材表面からセルロース、ヘミセルロース、リグニン等の急激な熱分解が発生して、可燃性のガスを放出とともに、炭化層を形成していく。熱分解が進展し炭化するに従って収縮するため、炭化層には接着層や繊維方向に直交する多数の亀裂が発生する。しかしながら、炭化層自体が部材に固着している場合には、その熱伝導率(0.1~0.13W/m·K)が小さいため熱を伝えにくく、未炭化の木材の熱分解速度が緩やかとなる⁴⁾。また、含水率などの影響もあるが、未炭化の木材自体も断熱性が高いため、大断面の部材では内部や裏面温度が低温に保たれることや火災継続時には炭化速度が安定していることが知られている⁵⁾(図 4.2.1-1)。

図 4.2.1-2 は、標準火災を再現した耐火試験時のスギ CLT パネル内部の温度推移である。図には、熱硬化性のレゾルシノール・フェノール系樹脂接着剤(使用環境 A:フェノール樹脂等)と、熱可塑性の水性高分子イソシアネート(以下、「API」と記す。)系樹脂接着剤によって、積層面を接着された CLT パネル(ラミナ厚さ 30mm)の部材内部温度が示されている⁶⁾。

標準火災では、30 分時点の火災温度は約 850°Cになる。しかしながら、CLT パネルの内部温度は、加熱表面から 30mm 内部で、100°C程度に留まり、内部ほど温度が低温となることがわかる。その一方、50 分前後のフェノール樹脂等の CLT パネルと API 系樹脂接着剤の部材内部温度を比較すると、API 系樹脂接着剤の部材内部温度が急激に上昇していることがわかる。これは、接着剤の耐熱性が低いため、ラミナが脱落して炭化層が断熱材の役割を果たせないことが要因である。耐熱性の低い接着剤を用いると、火災継続時間が長くなるに従って、部材内部の温度が上昇しやすくなることに留意が必要となる。図 4.2.1-3 は、標準加熱時に接着剤の種類とラミナの厚さが CLT パネルの炭化速度に与える影響を表している。なお、ここでは 260°Cを炭化としている。耐火試験では、耐熱性の優れるフェノール樹脂等の接着剤のスギ CLT パネルでは、約 0.7mm/min の炭化速度をとり、それよりも耐熱性の劣る API 系樹脂接着剤のスギ CLT パネルでは、0.84~1mm/min 程度の炭化速度となっている(図 4.2.1-4)。構造材料の炭化速度が把握できれば、初期の断面に基づき残存断面の火災時耐力を算定することができる。

接着剤については、フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂及びレゾルシノール・フェノール樹脂(以下、「フェノール樹脂等」と記す。)を用いる場合は、それ以外の接着剤を用いる場合に比べて炭化速度が遅く、燃えしろ設計上は有利に働くことから、防火関連告示では、これらの結果を踏まえて、「直交集成板(CLT)」、「構造用集成材」、「構造用単板積層材(LVL)」の 3 種の日本農林規格に適合する木質材料(以下、「CLT パネル等」と記す。)を用いた壁、床、屋根の燃えしろ設計が規定されている。特に、燃えしろ設計で利用する場合は、火災時においても高度の接着性能を要求される環境として、日本農林規格で定める使用環境 A 又は B に適合する木質材料であることが求められる。また、CLT パネル、集成材パネルについては、接着剤の種類に応じて、最低ラミナ厚さも規定されており、フェノール樹脂等ではラミナ厚が 12mm 以上、それ以外ではラミナ厚が 21mm 以上のラミナを用いたパネルを燃えしろ設計に用いる必要がある。なお、CLT パネルの幅はぎ部分に関しては、幅はぎ接着をしたとしても、炭化速度と非損傷性に与える効果が小さいため、幅はぎ部分の接着の有無や接着剤の種類、幅はぎ接着の評価の有無については、燃えしろ寸法の低減効果を見込んでいない(図 4.2.1-5)。ただし、幅はぎ部分の接着をしない場合には、炎や高温ガスが貫通するような防火上有害な隙間がないことが前提となる。LVL パネルのうち、一次接着がフェノール樹脂等であっても、二次接着にフェノール樹脂等以外の接着剤を使用するものは、フェノール樹脂等以外の接着剤を用いる場合として扱う必要がある(図 4.2.1-6)。API 系樹脂接着剤等で接着した CLT パネルを燃えしろ設計に利用する場合には、直交集成板の日本農林規格に基づき、使用環境 A 又は B に掲げられる樹脂と同等以上の性能を有することが確かめられたものである必要がある。なお、美観を目

4) 日本建築学会編:構造材料の耐火性ガイドブック, 2009

5) 中村賢一ら:木材工業, 40(12), 1985 あるいは 上川大輔ら:建築学会環境系論文集, 657 号, 2010

6) CLT パネルを用いた建築物の防耐火技術の開発 その 3 CLT パネルの炭化速度:中野裕晶(首都高速道路)・鈴木淳一・水上点晴・成瀬友宏・安井昇・原崇之・河合誠・長谷見雄二, 日本建築学会学術講演梗概 A-2 分冊, p.154-155, 2015

7) CLT パネルを用いた建築物の防耐火技術の開発 その 6 CLT パネルを用いた耐力壁の耐火性能:鈴木淳一(国土技術政策総合研究所)・河合誠・成瀬友宏・水上点晴・安井昇・原田浩司・長谷見雄二・塩崎征男, 日本建築学会学術講演梗概 A-2 分冊, p.160-161, 2015

的とした層や造作用集成材、造作用単板積層材等については、炭化速度に関する知見が十分でないため、燃えしろ寸法として含むことができないことに留意する必要がある。

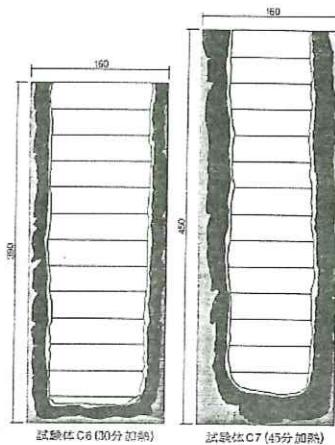


図 4.2.1-1 集成材の炭化状況（加熱時間 左:30 分、右:45 分）

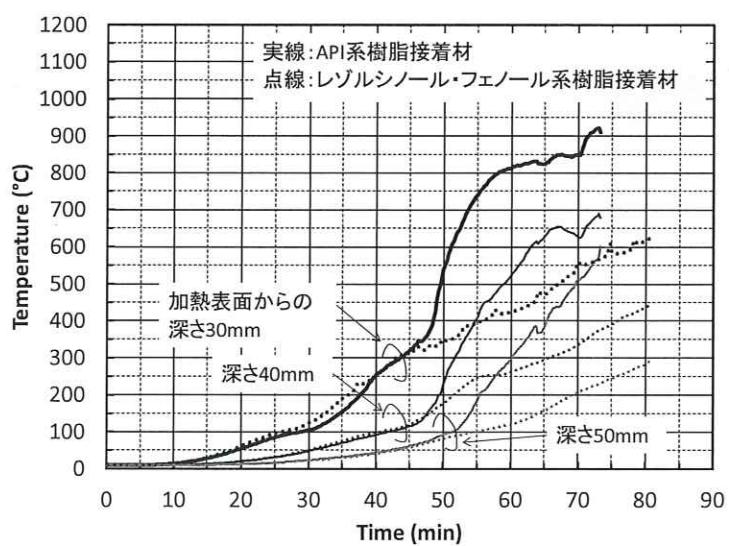


図 4.2.1-2 CLTパネルの部材内部温度

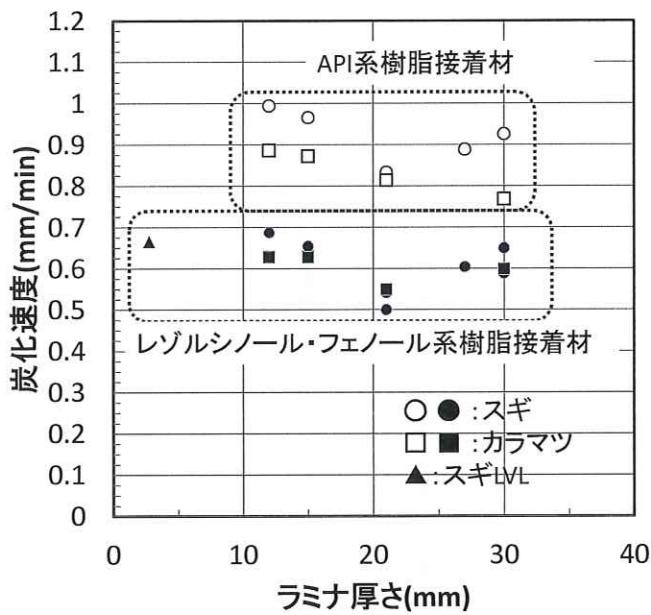


図 4.2.1-3 CLT パネルの炭化速度

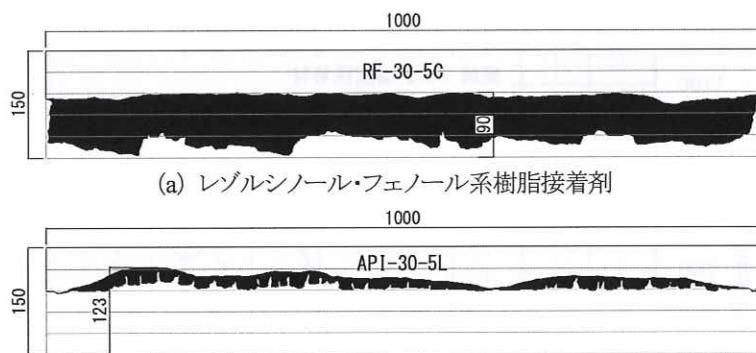


図 4.2.1-4 CLT パネルの炭化図

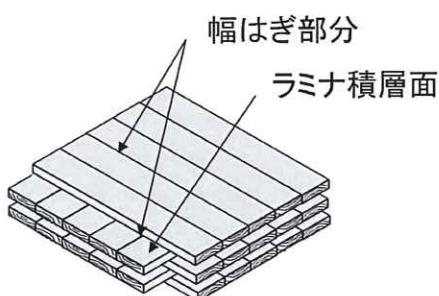


図 4.2.1-5 CLT パネルの接着（積層面、幅はぎ）

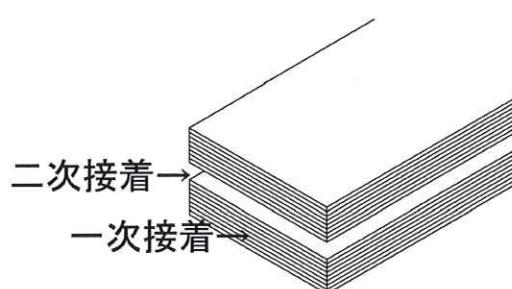


図 4.2.1-6 LVL パネルの接着（1 次接着、2 次接着）

(1) 壁、床、屋根

建築物の主要構造部の壁、床、屋根に CLT パネル等を用いた場合の部材の必要断面寸法は、建築物の部分に要求される準耐火性能に応じた燃えしろ寸法(表 4.2.1-1)や必要厚さに基づき、構造計算により決定する。長期荷重によ

る鉛直力を支持する主要構造部の非損傷性にあっては、表 4.2.1-1 に示す寸法が部材の火熱を受ける面から欠損したものとして構造計算を行う。防火被覆や主要構造部等で防火上有効に被覆されている部分については、欠損させなくてもよい。

準耐火性能のうち、遮熱性と遮炎性が求められる、鉛直力を支持しない非耐力壁(外壁、間仕切壁)にあっては、表 4.2.1-2 に示す必要厚さ以上の部材断面寸法とする必要がある。CLT パネルにあっては、3cm 以上の残存断面が存在することと、互いに接着された平行層と直交層が存在する必要がある。これには、炭化が進み平行層や直交層が1層のみ残存する状況ではパネルとして面を構成することが期待できなくなることを防止する意図がある。また、炭化が進んだとしても遮熱性と遮炎性が損なわれないように、炎や高温ガスなどが裏面に貫通するような節や隙間が CLT パネルにあってはならない。

なお、CLT パネル等の壁、床、屋根に用いた燃えしろ設計は、準耐火構造及び 1 時間準耐火構造の構造方法に規定されており、法第 26 条第二号ロに基づく防火壁の設置を要しない建築物に関する技術的基準等(令第 115 条の 2 第一項第八号及び第九号)の規定による燃えしろ設計に利用できない。

表 4.2.1-1 準耐火性能(非損傷性)に応じた外壁・間仕切壁(耐力壁)、床及び屋根の燃えしろ寸法と条件

壁、床、屋根		準耐火性能			条件
直交集成板(CLT) 構造用集成材 構造用单板積層材(LVL)		30 分 (屋根に限る)	45 分	1 時間	日本農林規格適合品に限る 使用環境:A 又は B に限る
接着剤の種類	フェノール樹脂等	2.5 cm	3.5 cm	4.5 cm	*ラミナ厚さ:12mm 以上に限る
	上記以外の接着剤	3 cm	4.5 cm	6 cm	*ラミナ厚さ:21mm 以上に限る

* 集成材・CLT の場合

表 4.2.1-2 準耐火性能(遮熱性、遮炎性)に応じた外壁・間仕切壁(非耐力壁)の必要厚さと条件

外壁・間仕切壁(非耐力壁)		準耐火性能			条件
直交集成板(CLT) 構造用集成材 構造用单板積層材(LVL)		30 分	45 分	1 時間	日本農林規格適合品に限る 使用環境:A 又は B に限る
接着剤の種類	フェノール樹脂等	6.5cm	7.5 cm		*ラミナ厚さ:12mm 以上に限る **残存断面(3 cm)に互いに接着された平行層と直交層が存在すること
	上記以外の接着剤	7.5 cm	9 cm		*ラミナ厚さ:21mm 以上に限る **残存断面(3 cm)に互いに接着された平行層と直交層が存在すること

* 集成材・CLT の場合

**CLT パネルの場合

(2) 柱、梁

建築物の主要構造部の柱、梁に集成材、LVL、製材等を用いた場合の部材の必要寸法は、建築物の部分に要求される準耐火性能に応じた燃えしろ寸法(表 4.2.1-3)に基づき、構造計算により決定する。長期荷重による鉛直力を支持する柱、梁の非損傷性にあっては、材料の種類に応じて表 4.2.1-3 に示す寸法が部材の火熱を受ける面から欠損したものとして構造計算を行う。防火被覆や主要構造部等で防火上有効に被覆されている部分については、欠損させなくてもよい。

表 4.2.1-3 準耐火性能（非損傷性）に応じた柱、梁の燃えしろ寸法と条件

柱、梁	準耐火性能		条件
構造用集成材 構造用単板積層材 (LVL) 構造用製材	45 分	1 時間	
集成材/単板積層材	3.5 cm	4.5 cm	日本農林規格適合品に限る 使用環境:A 又は B に限る
構造用製材	4.5 cm	6 cm	日本農林規格適合品に限る

4.2.2 要求性能と火災外力（要求耐火時間、加熱面）の設定

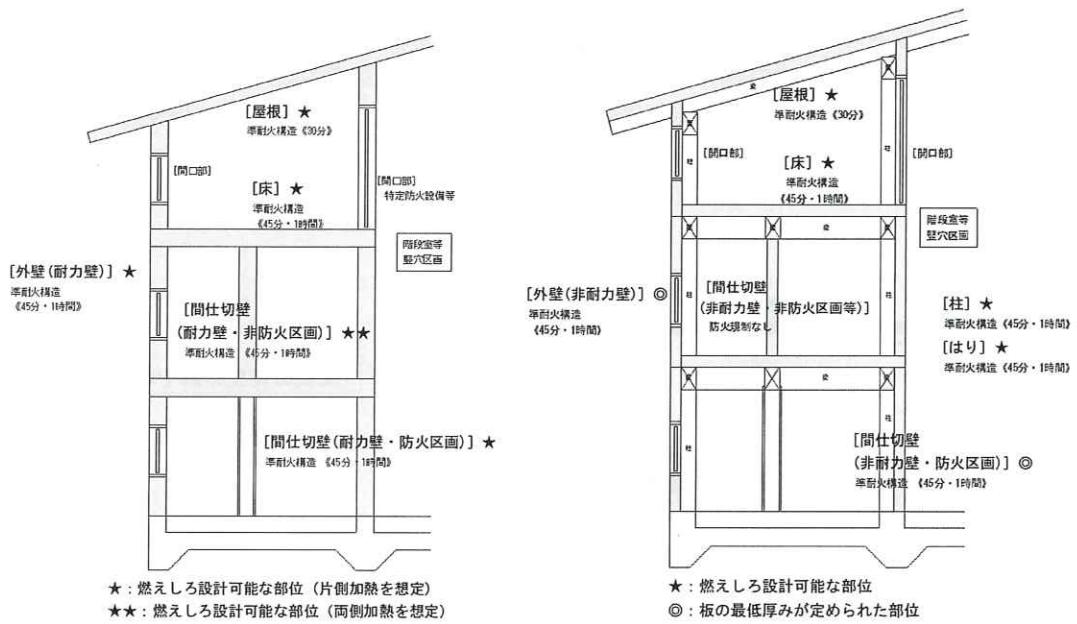
建築物の主要構造部のうち、表 4.2.2-1 及び図 4.2.2.1 に示す柱、梁、壁、床及び屋根に、燃えしろ設計が適用可能である。特に CLT パネル等については壁、床及び屋根への利用が想定されることになる。主要構造部のうち、表 4.2.2-2 に示すとおり長期荷重を負担する建築物の部分にあっては、非損傷性が要求されるとともに、「屋内において発生する通常の火災」(以下、「屋内火災」と記す。)又は「建築物の周囲において発生する通常の火災」(以下、「屋外火災」と記す。)の別に応じて、遮熱性もしくは遮炎性が要求されることになる。ただし、屋根に関しては、屋内火災に対する非損傷性と遮炎性が要求される。屋根の葺き材については、別途、防火地域、準防火地域、法 22 条区域などの規定に適合するものとする必要がある。

準耐火構造の階段については、せっこうボード等の防火被覆をせずに厚さが 6cm 以上の CLT パネル等を用いた構造方法とすることができます。

表 4.2.2-1 燃えしろ設計が可能な建築物の部分（仕口・接合部を含む）

30 分 (昭 62 建告第 1901 号、1902 号)	45 分準耐火構造 (平 12 建告第 1358 号)	1 時間準耐火構造 (令元国交告第 195 号)
柱 梁	柱 梁 間仕切壁（耐力壁） 間仕切壁（非耐力壁） 外壁（耐力壁） 延焼のおそれのある部分の外壁（非耐力壁） 延焼のおそれのある部分以外の外壁（非耐力壁） 床 屋根（30 分準耐火構造）*	柱 梁 間仕切壁（耐力壁） 間仕切壁（非耐力壁） 外壁（耐力壁） 外壁（非耐力壁） 床
仕口・接合部	仕口・接合部	仕口・接合部

* 防耐火設計の観点からは、ルーフバルコニーや屋上等のように在館者が床として使用することが想定される屋根については、屋内火災に対しては床としての性能を満足することが望ましい。



(a) CLT パネル工法

(b) 軸組構造と CLT パネルの混構造

図 4.2.2-1 CLT パネル等による主要構造部の燃えしろ設計

表 4.2.2-2 主要構造部の要求される準耐火性能

主要構造部	要求性能				
	通常の火災		屋内火災		屋外火災
	非損傷性	遮熱性	遮炎性	遮熱性	遮炎性
柱	○	*	*	*	*
梁	○	*	*	*	*
間仕切壁 (耐力壁)	○	○	○	—	—
間仕切壁 (非耐力壁)	—	○	○	—	—
外壁 (耐力壁)	○	—	○	○	○
延焼のおそれのある部分の外壁 (非耐力壁)	—	○	○	○	○
延焼のおそれのある部分以外の外壁 (非耐力壁)	—	○	○	○	○
床	○	○	○	○	○
屋根	○	—	○	—	—
軒裏	—	—	—	○	○
階段	○	—	—	—	—

*柱、梁が防火区画の一部を構成する場合、柱、梁の構造は壁や床よりも遮熱性と遮炎性が高いことが通常であることから、これらの性能については、要求耐火性能として規定されていない。しかし、柱や梁そのものに遮熱性と遮炎性能がないと、区画としての役割が果たせないため、当然に壁や床と同等以上の性能が必要となる。

主要構造部の燃えしろ設計では、通常の火災として、屋内火災と屋外火災に対する準耐火性能を部位に応じて検証することになる。以下では、屋内火災、屋外火災に対する各主要構造部の加熱面の設定の方法について解説する。

図 4.2.2-2 に示す建築物の場合、室内で発生する火災に対しては、通常、防火区画内に火災が封じ込められるように適切に防耐火設計がなされる。そのため、防火区画を構成する壁や床の燃えしろ設計にあっては、壁や床は当該区画ごとに発生する火災を想定し、それぞれの防火区画に面する表面ごとに加熱を受けるものとする。屋外火災に対しては、外壁の屋外に面する部分が加熱を受けることになる。防火区画で発生した火災による影響の及ぶ範囲を、火災区画として図中に示している。

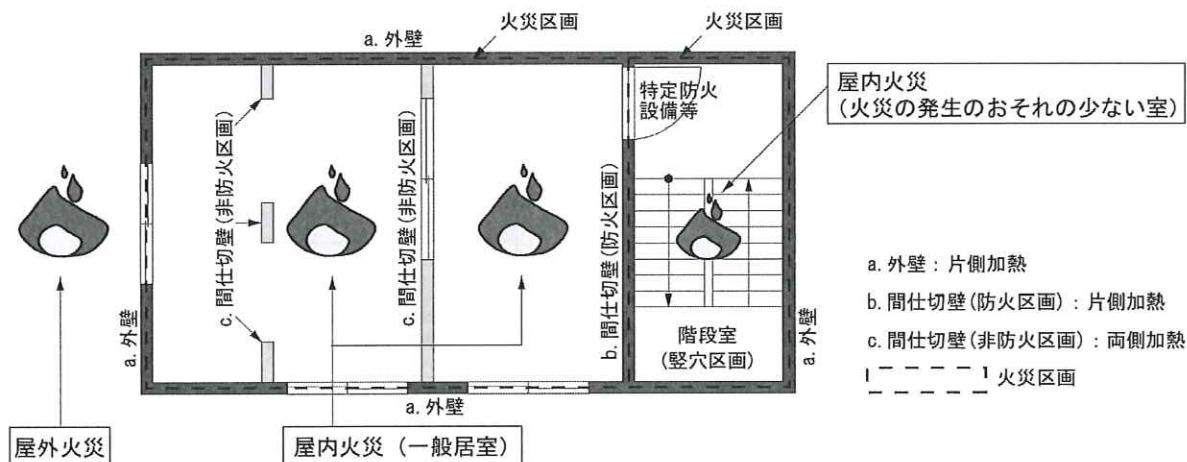


図 4.2.2-2 通常の火災と防火区画の関係

(1) 屋内火災（防火区画に面する部材（床、壁、屋根）、区画内の部材）

図 4.2.2-3 は屋内において発生した火災による壁の加熱面を示している。また、表 4.4.2.3 は、間仕切壁の種別(耐力壁・非耐力壁)と想定する加熱である。なお、表中の防火区画を構成しない非耐力壁でも、防火上主要な間仕切り壁として、小屋裏又は天井裏に達せしめなければならない場合などは、耐力壁、非耐力壁の別に応じて加熱面を想定する。

主要構造部の残存断面を設定する際には、火災による火熱が部材表面に同時に加えられる恐れがあるかを考えれば良いので、防火区画に面する外壁、間仕切壁は、屋内火災によって、壁の片側から加熱を受けることになる。それぞれのパネルに対して、パネルの構成、準耐火時間等に応じた燃えしろ寸法をその表面から減じて、残存断面を想定する。また、防火区画に面する外壁や間仕切壁等から室内に突出する間仕切壁(耐力壁)は、壁の三面から加熱を受けることになる。そのような突出する壁にあっては、その一面に防耐火性能を有する壁が密着していれば、その面から加熱を受けることはない。ただし、単に突きつけの納まりとするだけではなく、火災時に部材に変形等が生じたとしても、火炎や高温ガスなどが侵入しないように、気密材等を設置するとともに両者が分離しないように留め付けられている必要がある(4.2.5 項を参照されたい。)。

一方、防火区画内にある独立した間仕切壁(耐力壁)は壁の四面から加熱を受けることになる。間仕切壁が区画を構成する壁から独立して、T型やL型、十字型などの壁を形成する場合には、その接合面が加熱を受けないように納まつていれば、当該接合面の表面からは燃えしろ寸法を取らなくてもよい。

壁の上下面が防耐火性能を有する床によって覆われる場合等のように、壁や床が他の建築物の部分により防火上有効に被覆される部分の部材表面は、鉛直荷重により圧縮され隙間が生じにくく、炭化が抑制されるため、当該部分の部材表面からは燃えしろ寸法を見込まなくてよい。詳細は、金物との関係を含めて 4.2.5 項を参照されたい。

図 4.2.2-4 は防火区画内において発生した火災による水平部材(床及び屋根)と壁の加熱面を示している。壁と同様に、表 4.2.2-3 は水平部材と防火区画の構成に応じた加熱面を示している。防火区画を構成する床は、最下階の床を除き、上面または下面からの加熱を受ける。防火区画ごとに加熱面を想定し、その表面から燃えしろ寸法を減じて、残存断面を設定する。吹き抜けの一部に床を設置する場合は、三面からの加熱を想定して、残存断面

を設定する必要がある。吹き抜けのような空間で、複数層同時火災が発生すると、煙突効果によって上昇気流が発生するため、火災の燃焼が激しくなりやすい。上部から大きな噴出火炎が発生するなどの恐れがあるので、火災安全上、十分な配慮が必要である。

燃えしろ設計における非歩行の屋根の加熱面にあっては、屋内火災のみを想定し、30分の燃えしろ寸法を減ずればよい。建築計画上、屋根を在館者が歩行することを想定した屋根や屋上として利用する場合のように床としての機能を必要とする場合にあっては、床と同じ燃えしろ寸法とすることが防火設計上は望ましい。

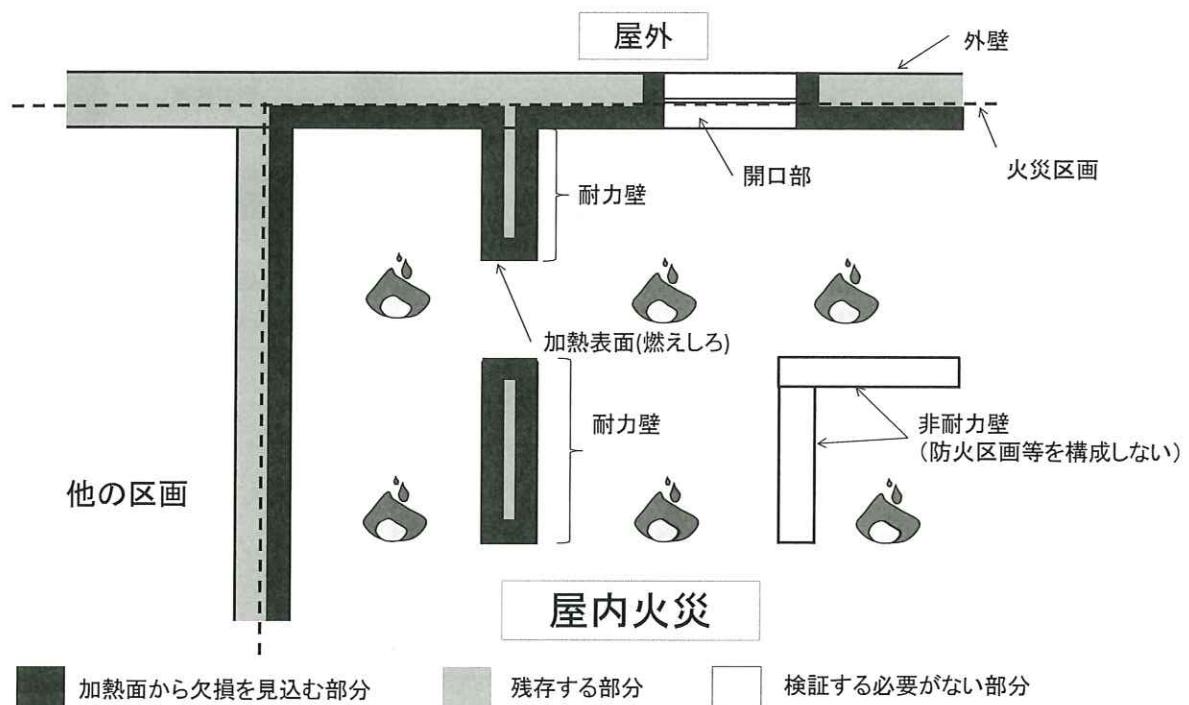


図 4.2.2-3 屋内火災における防火区画内の燃えしろ想定面（平面図）

表 4.2.2.3 間仕切壁の種別と想定する加熱面

防火区画	壁の種類		水平部材の種類	
	耐力壁	非耐力壁	床	屋根
防火区画に面する場合	1面加熱	1面加熱	1面加熱	1面加熱
防火区画の内部にある場合	2~4面 加熱	防耐火性能は不要 ただし、防火上主要な間仕切壁となる場合は、防火区画内で配置に応じて、加熱面を設定する。	2~4面 加熱	—

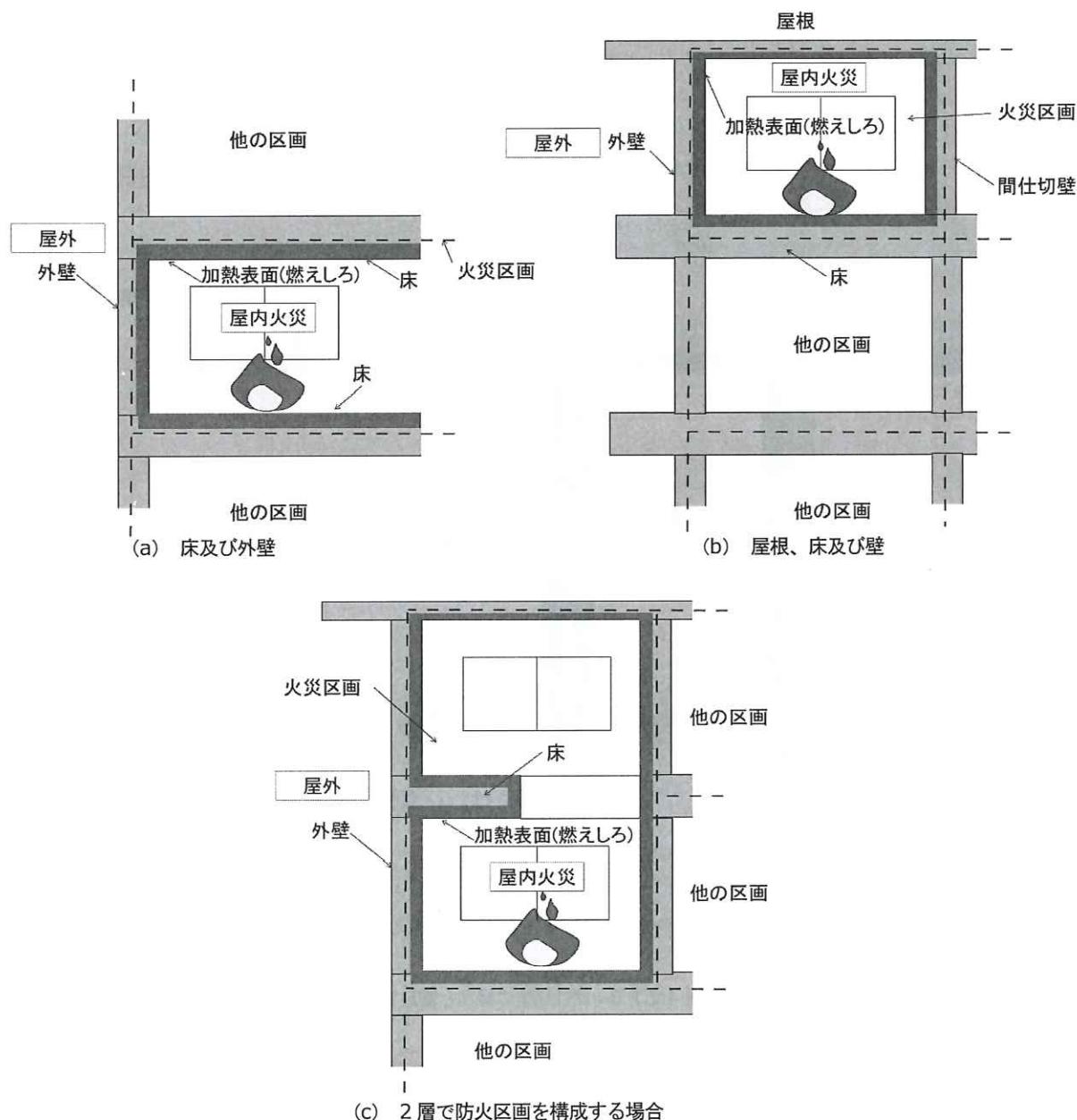


図 4.2.2-4 屋内火災における防火区画内の燃えしろ想定面（断面図）

(2) 屋外火災（外壁独立壁、突出壁、屋根の軒裏）

図 4.2.2-5、図 4.2.2-6 は屋外火災による壁、床及び屋根の軒裏の加熱面を示している。屋外火災に関しても、屋内火災と同様に主要構造部の加熱を受ける面を設定する。基本的に、外壁は片側から加熱表面を想定して燃えしろを減じた残存断面を設定すればよい。ただし、外壁面から突出する耐力壁や、屋外に他の外壁から独立して存在する耐力壁にあっては、外部に面する部分すべてを加熱表面として、想定すればよい。

屋根にあっては、屋外については、防火地域、準防火地域、法 22 条区域、その他法第 21 条等に基づき要求される葺き材の性能を満足すればよい。図 4.2.2-6(b)に示す通り、CLT パネル工法における屋根の軒裏にあっては、屋根パネルを壁パネルによって支える部分は、屋外火災により加熱されても、軒裏部分は外壁により防火上有効に遮られるため、軒裏自体に準耐火性能を求めなくてもよい。ただし、壁の上に小屋組を設置して、軒裏を設ける屋根の構造の場合には、要求される準耐火性能を有する軒裏の防火被覆を設置する必要がある。

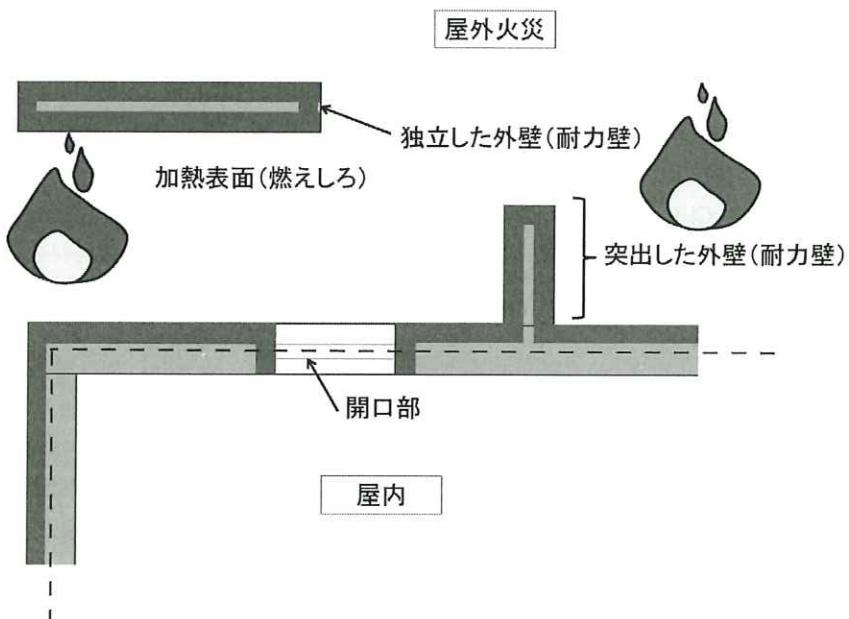


図 4.2.2-5 屋外火災における防火区画内の燃えしろ想定面（平面図）

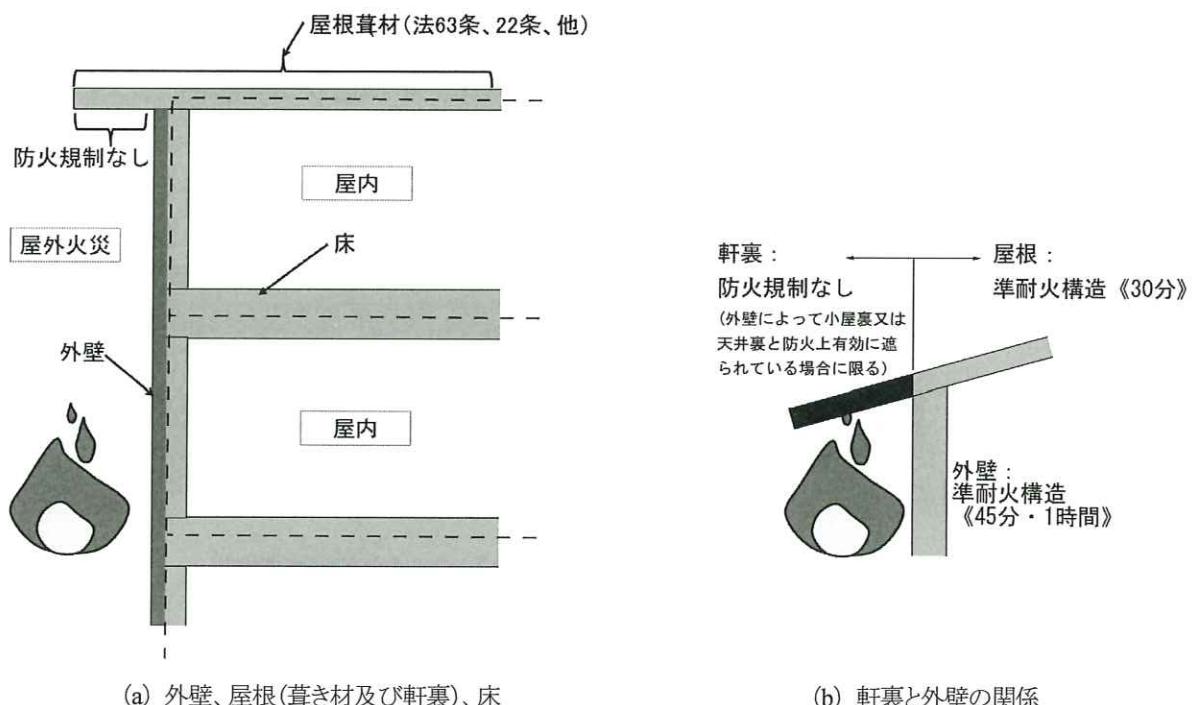


図 4.2.2-6 屋外火災における防火区画内の燃えしろ想定面（断面図）

4.2.3 主要構造部の遮熱、遮炎性能

主要構造部の壁、床、屋根等には、非損傷性だけではなく、遮熱性または遮炎性が要求される。一般には、耐力部材は非耐力部材に比べて残存断面が大きいため、燃えしろ設計においては、非損傷性の検討のみを行うだけで、CLT パネル等を用いた主要構造部の遮熱性や遮炎性は当然に満たされることが多い。

非耐力の外壁及び間仕切壁においては、残存断面の非損傷性については燃えしろ設計による検証をする必要性は

ないため、CLTパネル等を用いた主要構造部の遮熱性または遮炎性についてのみ燃えしろ設計による検証が必要になる。CLTパネル等の遮熱性と遮炎性は、要求される準耐火性能が確保されるように、接着材の種類に応じてCLTパネル等の部材の最低厚さを確保すればよい。具体的には、遮熱性及び遮炎性を確保するには、表4.2.1-2に示した寸法以上のCLTパネルの厚さとすればよい。つまり、CLTパネル等の木質材料の厚板では、燃えしろを除いた部材の遮熱性と遮炎性を確保するためには木材部分の残存寸法が3cm以上あれば、裏面温度上昇が平均140°Cを超える、炎や高温ガスが貫通しないことを意味している。

なお、非耐力壁に用いるCLTパネル等についても、それぞれの日本農林規格に適合する木質材料を用いる必要がある。これは、火災時の炭化速度が大きく異なるように、日本農林規格に適合する木質材料を用いることで木質材料の品質を確保することが目的である。表4.2.3-1、表4.2.3-2は、CLTパネルを用いた要求される準耐火性能に応じた遮熱性及び遮炎性を有する非耐力壁の例である。

CLTパネルは、パネル内に平行層と直交層が交互に存在する(図4.2.3-1)。火災時に平行層または直交層が1層のみ残存する状況になると、CLTパネルはパネルの形状を保って、壁を構成できるという保証はない。そのため、幅はぎ接着がなされているCLTパネルを用いたとしても、直交層及び平行層それぞれを含んだ3cmの残存断面が、壁のいずれの部分においても確保されるようにする必要がある。なお、遮熱性や遮炎性に与えるラミナの幅はぎ接着をしたことの効果は十分に把握されていない。また、炭化速度に与える効果は積極的には期待できないとの報告⁸⁾もされている。残存断面の非加熱面を構成する層のラミナの幅はぎ部分は隣接するラミナと密着している必要があり、炎や高温ガスが貫通する隙間があつてはならない。

遮熱性と遮炎性が損なわれないように、欠損部分や炎や高温ガスなどが貫通するような節や隙間が非加熱面にないことが必要である。残存する層に抜け節や死に節がなければ、遮熱性と遮炎性に影響は生じない。また、残存する平行層と直交層で、抜け節等が重なるとその部分で、遮熱性や遮炎性を喪失する恐れがある。これらの節は、加熱裏面から3cmの深さには存在しないことが原則である。抜け節等が存在する場合には、当該部分を欠損部と見なして、節を取り除いた部分から、3cmの残存厚さを確保すればよい。または、木材や木工用パテ(アクリル樹脂系またはエポキシ樹脂系接着剤)で隙間なく埋め戻して補修するか、当て木をしてよい。

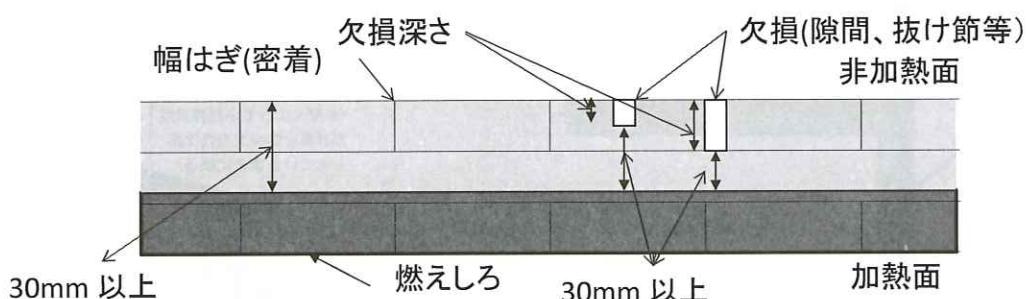


図4.2.3-1 遮熱性及び遮炎性を有するCLTパネルの残存断面の概念図

8) 木質壁式構造の燃えしろ設計、評価法の開発 CLTパネルの加熱実験:櫛田紘敬、鈴木淳一、萩原一郎、増田秀昭、荒木康弘、中川貴文、山口修由、中島史郎、安井昇、長谷見雄二、小宮祐人、日本建築学会学術講演梗概A-2分冊,p.347-348,2012

表 4.2.3-1 45 分準耐火の遮熱性及び遮炎性を有する非耐力壁の例

非耐力壁 直交集成板(CLT) 接着の種類	CLT パネル の最低厚さ (30 分、45 分)	構成 Mx60～Mx120 S60～S120	パネル厚さ (mm)			
			ラミナ厚さ			
			12mm	21mm	27mm	30 mm
フェノール樹脂等 ラミナ厚さ: 12 mm以上	6.5 cm 以上	3-3	—	—	81	90
		3-4	—	84	108	120
		5-5	—	105	135	150
		5-7	84	147	189	210
		7-7	84	147	189	210
		9-9	108	189	243	270
上記以外の接着剤 ラミナ厚さ: 21 mm以上	7.5 cm 以上	3-3	—	—	81	90
		3-4	—	84	108	120
		5-5	—	105	135	150
		5-7	—	147	189	210
		7-7	—	147	189	210
		9-9	—	189	243	270

表 4.2.3-2 1 時間準耐火の遮熱性及び遮炎性を有する非耐力壁の例

非耐力壁 直交集成板(CLT) 接着の種類	CLT パネル の最低厚さ (1 時間)	構成 Mx60～Mx120 S60～S120	パネル厚さ (mm)			
			ラミナ厚さ			
			12mm	21mm	27mm	30 mm
フェノール樹脂等 ラミナ厚さ: 12 mm以上	7.5 cm 以上	3-3	—	—	81	90
		3-4	—	84	108	120
		5-5	—	105	135	150
		5-7	84	147	189	210
		7-7	84	147	189	210
		9-9	108	189	243	270
上記以外の接着剤 ラミナ厚さ: 21 mm以上	9 cm 以上	3-3	—	—	—	—*
		3-4	—	—	108	120
		5-5	—	105	135	150
		5-7	—	147	189	210
		7-7	—	147	189	210
		9-9	—	189	243	270

*残存層は 30mm 存在するが、2 層残存しないため、利用できない。

4.2.4 壁、床、屋根（耐力部材）の火災時の耐火性能

火災時に建築物全体の容易な倒壊や延焼を抑制するため、燃えしろ設計においては、長期荷重を支持する部材は作用荷重に対して非損傷性を喪失しないことの検証が必要になる。木質構造の壁、床、屋根の断面寸法から要求耐火時間に応じて表 4.2.4-1 に示す寸法を加熱表面から減じ、その残存断面に対して長期荷重による部材の作用応力 σ を計算する。なお、鉛直部材については、片側の面が炭化することで生じる偏心による耐火時間の低下が実験的にも明らかになっている⁹⁾¹⁰⁾ことから、燃えしろ設計においても炭化による作用荷重の偏心の影響について考慮する必要がある。残存断面に関する直交集成板の基準強度に基づき、圧縮、曲げ等に対する短期許容応力度 f を算定し、作用応力が短期許容応力度を下回ること ($\sigma \leq f$) を確認すればよい。

長期荷重の設定は、常温時の構造計算で用いる値と同じである。積載荷重は令第 85 条の規定に従い、実況に応じた荷重とする。壁には架構用の荷重を、床には床用の荷重を用いる。

(1) 残存断面の曲げ強度

曲げに関する強度、許容応力度の算定方法は、非火災時と同じである。等価断面法に基づき、5 層 7 プライの残存断面の曲げ強度と短期許容応力度の算定例を以下に示す。

また、表 4.2.4-4、表 4.2.4-8 に、非火災時、準耐火構造及び 1 時間準耐火構造の曲げ強度等を示す。①の条件の場合、非火災時に比べて、準耐火構造、1 時間準耐火構造の燃えしろでは、 F_b はそれぞれ 2/3、1/3 程度に低下し、②の条件の場合、5/6、3/4 程度に低下する。残存断面に生じる曲げモーメントと残存断面の断面係数により、残存断面に生じる応力が、短期に生ずる力に対する許容応力度を確かめればよい。

①Mx60-5-7(厚さ 210mm、フェノール樹脂等以外)の積層方向の曲げ強度(強軸方向)

強度等級:Mx60-5-7「(外層:M60A、内層:M30A)」

部材幅(B):1000mm、部材厚さ(H):210 mm

各層厚さ(h_i):全層等厚 30 mm

外層用ラミナ等級:M60A(等級区分機による等級)、 $E_1, E_2, E_6, E_7 = 6,000 \text{ N/mm}^2$ 、 $\sigma_{b_oml} = 27.0 \text{ N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:M30A(等級区分機による等級)、 $E_3, E_5 = 0 \text{ N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:M30A(等級区分機による等級)、 $E_4 = 3,000 \text{ N/mm}^2$

接着材:フェノール樹脂等以外

燃えしろ寸法:0mm(非火災時:表 4.2.4-1、図 4.2.4-1)、45mm(45 分:表 4.2.4-2、図 4.2.4-2)、60mm(1 時間:表 4.2.4-3、図 4.2.4-3)

表 4.2.4-1 非火災時の Mx60-5-7 (210mm) 積層方向の曲げ剛性・強軸の場合の計算例

層	ラミナ等級	応力負担	E_i (N/mm ²)	B(mm)	h_i (mm)	炭化深さ(mm)	残存厚さ(mm)	A_i (mm ²)	y(mm)	z_i (mm)	$\textcircled{1}E_i I_i (\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2)$	$\textcircled{2}E_i A_i z_i^2 (\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2)$	$\Sigma (\textcircled{1} + \textcircled{2}) (\times 10^{12} \text{ N} \cdot \text{mm}^2)$
1	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000	105	90.0	13.5	1,458	4.27
2	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		60.0	13.5	648	
3	M30A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		30.0	0	0	
4	M30A	あり	3,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		0.0	6.75	0	
5	M30A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-30.0	0	0	
6	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-60.0	13.5	648	
7	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-90.0	13.5	1,458	

記号

y :図中のパネル上端からパネルの重心までの距離(単位:mm)

9) 成田敏基、鈴木淳一、中野裕晶、成瀬友宏、水上点晴、李元羽、安井昇、長谷見雄二:LVL を用いた木質壁式構造壁の耐火性能に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、防火、pp.89-90,2015.9

10) Jun-ichi Suzuki, Tensei Mizukami, Tomohiro Naruse, Yasuhiro Araki:Fire Resistance of Timber Panel Structures Under Standard Fire Exposure, Fire Technology, Volume52, pp.1015-1034, 2016

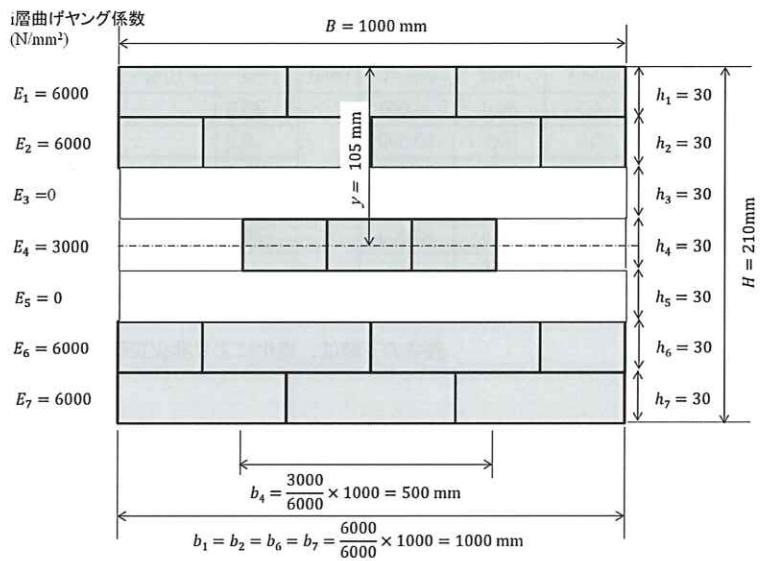


図 4.2.4-1 非火災時の断面

表 4.2.4-2 45 分準耐火構造の Mx60-5-7 (210mm) 積層方向の曲げ剛性・強軸の場合の計算例

層	ラミナ等級	応力負担	E_i (N/mm ²)	B (mm)	h_i (mm)	炭化深さ (mm)	残存厚さ (mm)	A_i (mm ²)	y (mm)	z_i (mm)	$\textcircled{1}E_i I_i$ ($\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$)	$\textcircled{2}E_i A_i z_i^2$ ($\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$)	$\Sigma (\textcircled{1} + \textcircled{2})$ ($\times 10^{12} \text{ N} \cdot \text{mm}^2$)
1	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000	63.75	48.75	13.5	428	1.47
2	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		18.75	13.5	63	
3	M30A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-11.25	0.00	0	
4	M30A	あり	3,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-41.25	6.75	153	
5	M30A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-71.25	0	0	
6	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	<u>15.0</u>	<u>15.0</u>	<u>15,000</u>		-93.75	<u>1.69</u>	<u>791</u>	
7	M60A	あり	0	1,000	30.0	<u>30.0</u>	<u>0.0</u>	0			0	0	

表中の下線は、炭化により非火災時から数値が変化した箇所である。

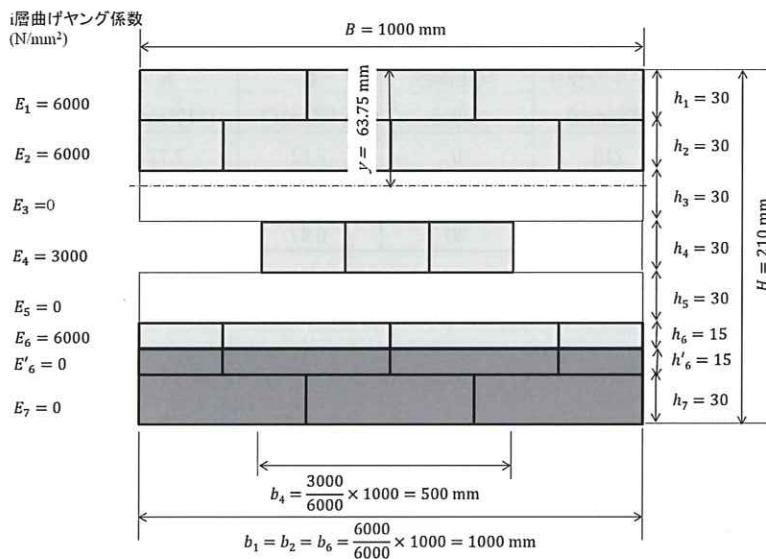


図 4.2.4-2 45 分燃えしろの残存断面

表 4.2.4-3 1 時間準耐火構造の Mx60-5-7 (210mm) 積層方向の曲げ剛性・強軸の場合の計算例

層	ラミナ等級	応力負担	E_i (N/mm ²)	B (mm)	h_i (mm)	炭化深さ (mm)	残存厚さ (mm)	A_i (mm ²)	y (mm)	z_i (mm)	$\textcircled{1} E_i I_i$ ($\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$)	$\textcircled{2} E_i A_i z_i^2$ ($\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$)	$\Sigma (\textcircled{1} + \textcircled{2})$ ($\times 10^{12} \text{ N} \cdot \text{mm}^2$)
1	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000	45.00	30.0	13.5	<u>162</u>	0.52
2	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		0.0	13.5	<u>0</u>	
3	M30A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-30.0	0	<u>0</u>	
4	M30A	あり	3,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-60.0	6.75	<u>324</u>	
5	M30A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-90.0	0	<u>0</u>	
6	M60A	あり	0	1,000	30.0	<u>30.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0</u>			0	<u>0</u>	
7	M60A	あり	0	1,000	30.0	<u>30.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0</u>			0	<u>0</u>	

表中の下線は、炭化により非火災時から数値が変化した箇所である。

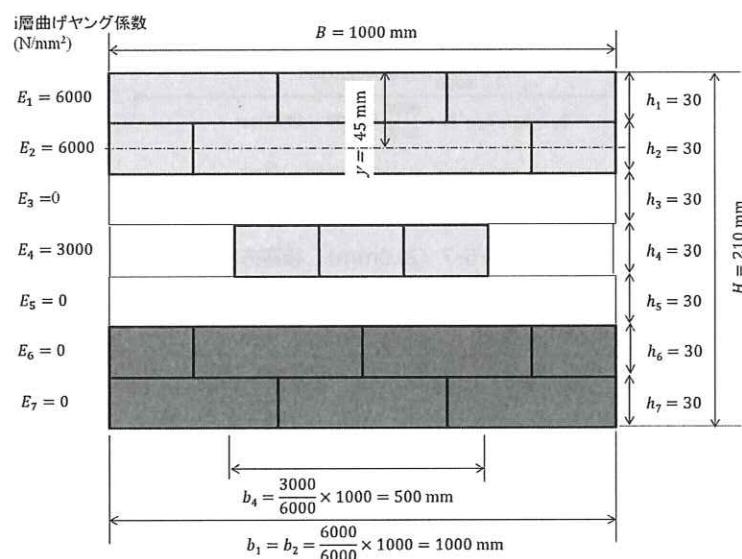


図 4.2.4-3 1 時間燃えしろの残存断面

表 4.2.4-4 Mx60-5-7 (210mm) 積層方向の曲げ強度・強軸の場合の計算例

構造等	構成	パネルの残存厚さ(mm)	炭化深さ (mm)	I_A ($\times 10^8 \text{ mm}^4$)	I_0 ($\times 10^8 \text{ mm}^4$)	F_b (N/mm ²)	$2/3 F_b$ (N/mm ²)
非火災時	Mx60-5-7	210	0	7.12	7.72	3.214	8.09
45 分準耐火	Mx60-5-7	165	45	2.45	3.74	8.61	5.74
60 分準耐火	Mx60-5-7	150	60	0.87	2.81	4.05	2.70

②S60-5-7(厚さ 210mm, フェノール樹脂等)の積層方向の曲げ強度(強軸方向)

強度等級:S60-5-7「(外層:M60A、内層:M60A)」

部材幅(**B**):1000mm、部材厚さ(**H**):210 mm

各層厚さ(**h_i**):全層等厚 30 mm

外層用ラミナ等級:M60A(等級区分機による等級)、 $E_1, E_5 = 6,000 \text{ N/mm}^2$ 、 $\sigma_{b_oml} = 27.0 \text{ N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:M60A(等級区分機による等級)、 $E_2, E_4 = 0 \text{ N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:M60A(等級区分機による等級)、 $E_3 = 6,000 \text{ N/mm}^2$

接着材:フェノール樹脂等

燃えしろ寸法:0mm(非火災時:表 4.2.4-5、図 4.2.4-4)、35mm(45 分:表 4.2.4-6、図 4.2.4-5)、45mm(1 時間:表 4.2.4-7、図 4.2.4-6)

表 4.2.4-5 非火災時の S60-5-7 (210mm) 積層方向の曲げ剛性・強軸の場合の計算例

層	ラミナ等級	応力負担	E_i (N/mm ²)	B(mm)	h_i (mm)	炭化深さ(mm)	残存厚さ(mm)	A_i (mm ²)	y(mm)	z_i (mm)	$\textcircled{1} E_i I_i (\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2)$	$\textcircled{2} E_i A_i z_i^2 (\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2)$	$\Sigma (\textcircled{1} + \textcircled{2}) (\times 10^{12} \text{ N} \cdot \text{mm}^2)$
1	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000	105	90	13.5	1,458	4.28
2	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		60	13.5	648	
3	M60A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		30	0	0	
4	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		0	13.5	0	
5	M60A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-30	0	0	
6	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-60	13.5	648	
7	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-90	13.5	1,458	

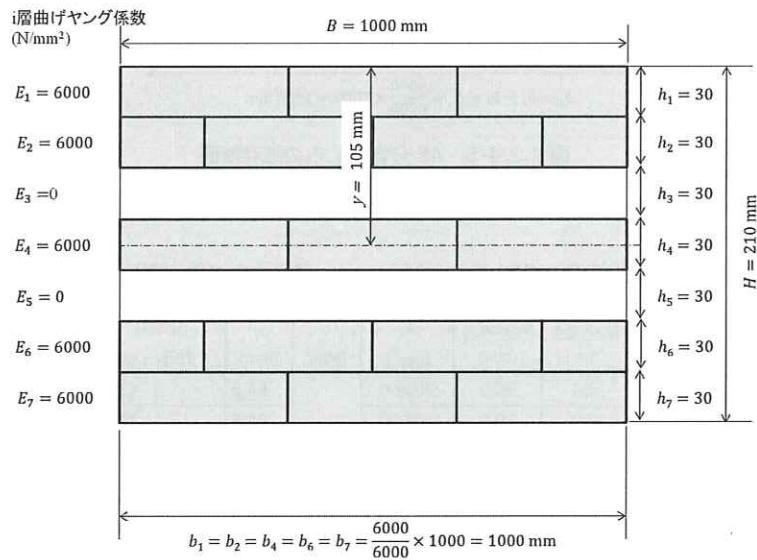


図 4.2.4-4 非火災時の断面

表 4.2.4-6 45 分準耐火構造の S60-5-7 (210mm) 積層方向の曲げ剛性・強軸の場合の計算例

層	ラミナ等級	応力負担	E_i (N/mm ²)	B(mm)	h_i (mm)	炭化深さ(mm)	残存厚さ(mm)	A_i (mm ²)	y(mm)	z_i (mm)	$\textcircled{1} E_i I_i$ ($\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$)	$\textcircled{2} E_i A_i z_i^2$ ($\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$)	$\Sigma (\textcircled{1} + \textcircled{2})$ ($\times 10^{12} \text{ N} \cdot \text{mm}^2$)
1	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000	78.37	<u>63.4</u>	13.50	<u>723</u>	2.16
2	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		<u>33.4</u>	13.50	<u>200</u>	
3	M60A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		<u>3.4</u>	0	<u>0</u>	
4	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		<u>-26.6</u>	13.50	<u>128</u>	
5	M60A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		<u>-56.6</u>	0	<u>0</u>	
6	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	<u>5.0</u>	<u>25.0</u>	<u>25,000</u>		<u>-84.1</u>	<u>7.81</u>	<u>1,062</u>	
7	M60A	あり	0	1,000	30.0	<u>30.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0</u>		<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	

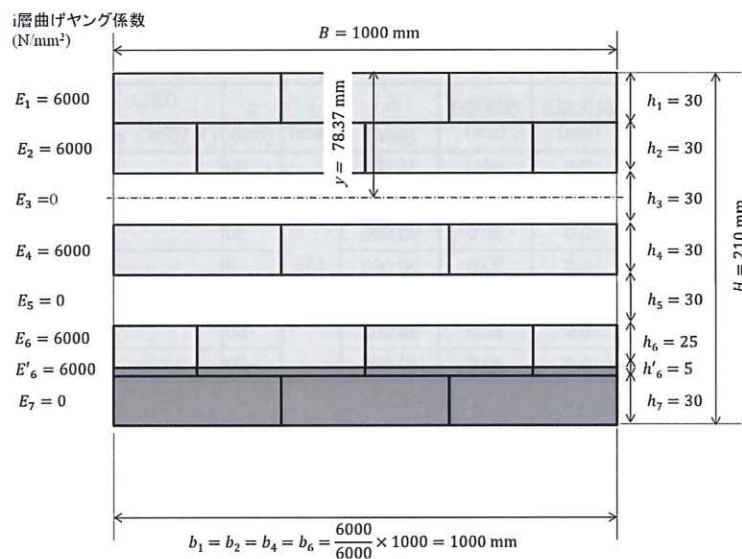


図 4.2.4-5 45 分燃えしろの残存断面

表 4.2.4-7 1 時間準耐火構造の S60-5-7 (210mm) 積層方向の曲げ剛性・強軸の場合の計算例

層	ラミナ等級	応力負担	E_i (N/mm ²)	B(mm)	h_i (mm)	炭化深さ(mm)	残存厚さ(mm)	A_i (mm ²)	y(mm)	z_i (mm)	$\textcircled{1} E_i I_i$ ($\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$)	$\textcircled{2} E_i A_i z_i^2$ ($\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$)	$\Sigma (\textcircled{1} + \textcircled{2})$ ($\times 10^{12} \text{ N} \cdot \text{mm}^2$)
1	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000	69.64	<u>54.6</u>	13.50	<u>537</u>	1.61
2	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		<u>24.6</u>	13.50	<u>109</u>	
3	M60A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		<u>-5.4</u>	0	<u>0</u>	
4	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		<u>-35.4</u>	13.50	<u>225</u>	
5	M60A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		<u>-65.4</u>	0	<u>0</u>	
6	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	<u>15.0</u>	<u>15.0</u>	<u>15,000</u>		<u>-87.9</u>	<u>1.69</u>	<u>695</u>	
7	M60A	あり	0	1,000	30.0	<u>30.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0</u>		<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	

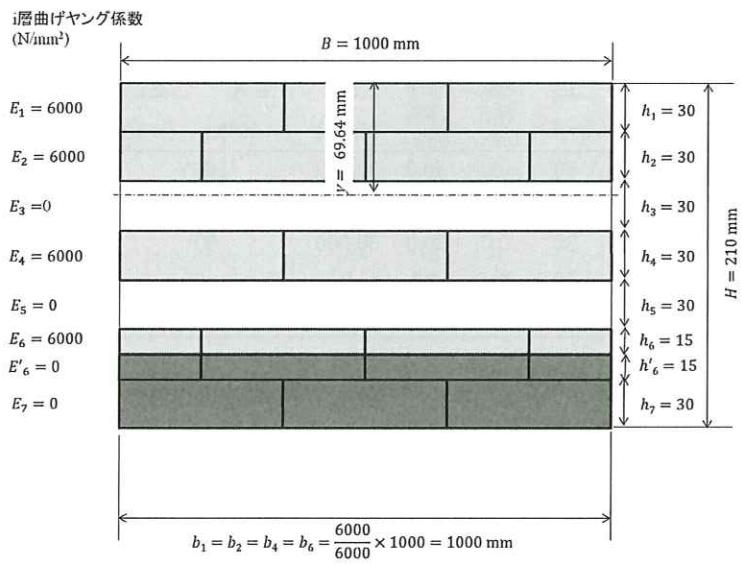


表 4.2.4-8 S60-5-7 (210mm) 積層方向の曲げ剛性・強軸の場合の計算例

構造等	構成	パネルの残存 厚さ(mm)	炭化深さ (mm)	I_A ($\times 10^8 \text{mm}^4$)	I_o ($\times 10^8 \text{mm}^4$)	F_b (N/mm ²)	$2/3F_b$ (N/mm ²)
非火災時	S60-5-7	210	0	7.13	7.72	3.2.16	8.11
45 分準耐火	S60-5-7	175	35	3.60	4.47	10.61	7.07
60 分準耐火	S60-5-7	165	45	2.68	3.74	9.42	6.28

(2) 残存断面の圧縮強度

圧縮の基準強度の算出方法は、非火災時と同じく等価断面法を用いて算出する。等価断面法に基づき、5層5プレイヤー残存断面の圧縮強度の算定例を以下に示す。圧縮を受ける壁は、片面加熱時には炭化による残存断面の非対称性と外力の作用点との差により、非火災時に比べて大きな偏心圧縮荷重を受けることになる。算出された圧縮強度に基づき、偏心による座屈が生じないことを検証する必要がある。

鉛直荷重の偏心に関して、残存断面の重心(図心)位置は、曲げを受ける CLT パネルの中立軸位置と同様に算出する。また、火災時の鉛直荷重は、非火災時の鉛直荷重の作用位置から移動しないものとして、火災前の断面の重心とする。

①機械等級区分によるラミナを用いた Mx60-5-5 の圧縮強度(強軸方向)の場合

強度等級:Mx60-5-5「(外層:M60A、内層:M30A)」

部材幅(B):1000mm、部材厚さ(H):150 mm

各層厚さ(h_i):全層等厚 30 mm

外層用ラミナ等級:M60A(等級区分機による等級)、 $E_1, E_5=6,000 \text{N/mm}^2$ 、 $\sigma_{c_oml}=21.6 \text{ N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:M30A(等級区分機による等級)、 $E_2, E_4=0 \text{N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:M30A(等級区分機による等級)、 $E_3=3,000 \text{N/mm}^2$

接着材:フェノール樹脂等以外

燃えしろ寸法:60 mm(1時間:表 4.2.4-9)

表 4.2.4-9 1 時間準耐火構造 Mx60-5-5 (150mm) 強軸の場合の計算例

層	ラミナ 等級	応力 負担	E_i (N/mm ²)	B (mm)	h_i (mm)	炭化 深さ (mm)	残存 厚さ (mm)	A_i (mm ²)	$E_i A_i$ ($\times 10^6$ N)	$\sum E_i A_i$ ($\times 10^6$ N)	A_A (mm ²)	A_0 (mm ²)	Fc (N/mm ²)
1	M60A	あり	6,000	1,000	30	0.0	30.0	30,000	180				
2	M30A	なし	0	1,000	30	0.0	30.0	30,000	0				
3	M30A	あり	3,000	1,000	30	0.0	30.0	30,000	90	270	45,000	90,000	8.10
4	M30A	なし	0	1,000	30	30.0	0.0	0	0				
5	M60A	あり	0	1,000	30	30.0	0.0	0	0				

②機械等級区分によるラミナを用いた S60-5-5 の圧縮強度(強軸方向)の場合

強度等級:S60-5-5「(外層:M60A、内層:M60A)」

部材幅(B):1000mm、部材厚さ(H):150 mm

各層厚さ(h_i):全層等厚 30 mm

外層用ラミナ等級:M60A(等級区分機による等級)、 $E_1, E_3, E_5 = 6,000 \text{ N/mm}^2$ 、 $\sigma_{c_oml} = 21.6 \text{ N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:M60A(等級区分機による等級)、 $E_2, E_4 = 0 \text{ N/mm}^2$

接着材:フェノール樹脂等

燃えしろ寸法:45 mm(1 時間:表 4.2.4-10)

表 4.2.4-10 1 時間準耐火構造 S60-5-5 (150mm) 強軸の場合の計算例

層	ラミナ 等級	応力 負担	E_i (N/mm ²)	B (mm)	h_i (mm)	炭化 深さ (mm)	残存 厚さ (mm)	A_i (mm ²)	$E_i A_i$ ($\times 10^6$ N)	$\sum E_i A_i$ ($\times 10^6$ N)	A_A (mm ²)	A_0 (mm ²)	Fc (N/mm ²)
1	M60A	あり	6,000	1,000	30	0.0	30.0	30,000	180				
2	M60A	なし	0	1,000	30	0.0	30.0	30,000	0				
3	M60A	あり	6,000	1,000	30	0.0	30.0	30,000	180	360	60,000	105,000	9.26
4	M60A	なし	0	1,000	30	15.0	15.0	15,000	0				
5	M60A	あり	0	1,000	30	30.0	0.0	0	0				

4.2.5 接合部の耐火性能

壁一壁、壁一床(屋根)、床(屋根)一床(屋根)などの部材同士の取り合い部は、様々な接合部が想定される。主要構造部である壁、床、屋根が、防火構造・準耐火構造・耐火構造の要求性能を満足していても接合部が先行破壊を起こすような納まりでは防火のうえで問題である。

防火構造・準耐火構造・耐火構造とするには、「防火被覆する場合」と「燃えしろ設計する場合(準耐火構造のみ)」がある。このうち「防火被覆する場合」については、接合部も防火被覆されるのであれば、別途、接合部の防火措置は必要ない。一方で、「防火被覆する場合」で接合部の金物等が防火被覆から露出する場合や、「燃えしろ設計する場合」は、接合部の防火措置が必要となる。接合部に関する燃えしろ設計の確認項目は以下の2点となる。

① 接合部の確認事項

「燃えしろを除いた接合部の部材の残存断面で長期荷重を支持する時の応力度 \leq 短期許容応力度」の確認

② 部材の取り合い部の確認

取り合い等の部分の裏面に当て木を設ける等、部材裏面への火炎の侵入を防止する。

なお、鉛直荷重を支える部材の接合部に用いる金物は火災による加熱を受けて

- ・急激に部材の耐力が低下すること
- ・金物に熱が伝達して必要な残存断面が炭化すること
- ・部材に必要とされる遮熱性・遮炎性を失うこと

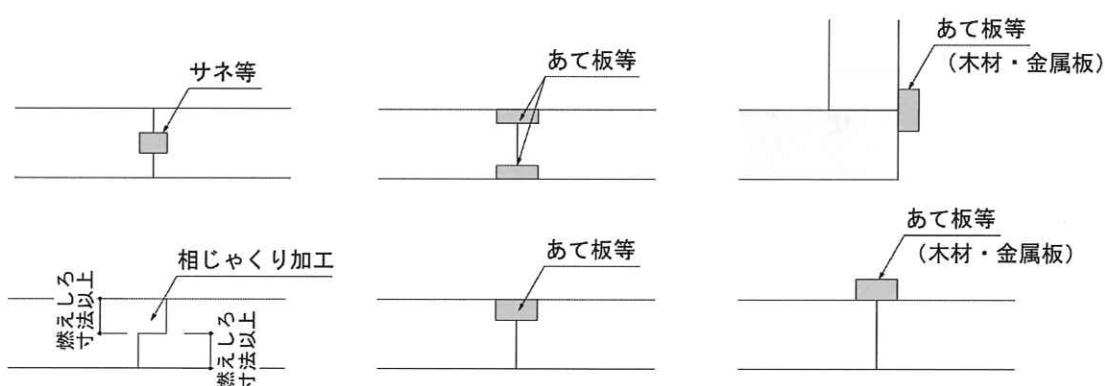
のないよう、ボルト等は防火上有効に被覆されたものとする。また、鋼材の添え板等が埋め込まれるか、挟み込まれるかなど防火上有効に被覆されたものとする。

以下、(1)～(7)では各接合部の防火措置について例示する。なお、ここで例示するのは既往の加熱実験等¹¹⁾で安全性が確認できた仕様である。

別途、加熱実験等で接合部が主要構造部に求められる防耐火性能と同等の性能があることが確認された場合は、その仕様としてもよい。

(1) 壁間の接合部

壁間に隙間が生じて空気が通り抜けると火炎貫通が助長されるため、取り合い等の部分の裏面に当て木(木材または金属板など)を設ける等、部材裏面への火炎の侵入を防止する。一例を図4.2.5-1に示す。



※CLTパネル等の突き付け部は隙間をなくすか塞ぐ。

※塞ぐ際の材料は、EPDMゴム発泡材や加熱発泡材が加熱実験で性能が確認されている。

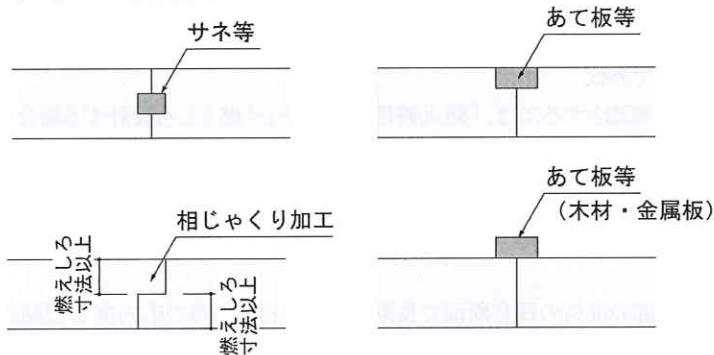
※あて板等は、厚物構造用合板や同等の厚さの木材、ガルバニウム鋼板等の金属板などが加熱実験で性能が確認されている。

図4.2.5-1 壁-壁の部材裏面への火炎の侵入を防止する措置(例)

11) 河合誠, 他:CLTパネルを用いた建築物の防耐火技術の開発, その1~12, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 防火, pp.151-174, 2015.9

(2) 床間の接合部

床間に隙間が生じて空気が通り抜けると火炎貫通が助長されるため、取り合い等の部分の裏面に当て木(木材または金属板など)を設ける等、部材裏面への火炎の侵入を防止する。一例を図4.2.5-2に示す。



※CLTパネル等の突き付け部は隙間をなくすか塞ぐ。

※塞ぐ際の材料は、EPDMゴム発泡材や加熱発泡材が加熱実験で性能が確認されている。

※あて板等は、厚物構造用合板や同等の厚さの木材、ガルバリウム鋼板等の金属板などが加熱実験で性能が確認されている。

図4.2.5-2 床-床の部材裏面への火災の侵入を防止する措置(例)

(3) 床と壁の接合部

床と壁の取り合い部に隙間が生じて空気が通り抜けると火炎貫通が助長されるため、取り合い等の部分に隙間が生じないように施工する。前述の(1)、(2)項と異なり、床や壁の自重で隙間が生じないと考えられるが、何らかの理由で隙間が生じた際は、当て木を設ける等、部材裏面への火炎の侵入を防止する。

なお、床のうち壁の木口で防火上有効に被覆される部分は燃えしろをとらなくてもよい。

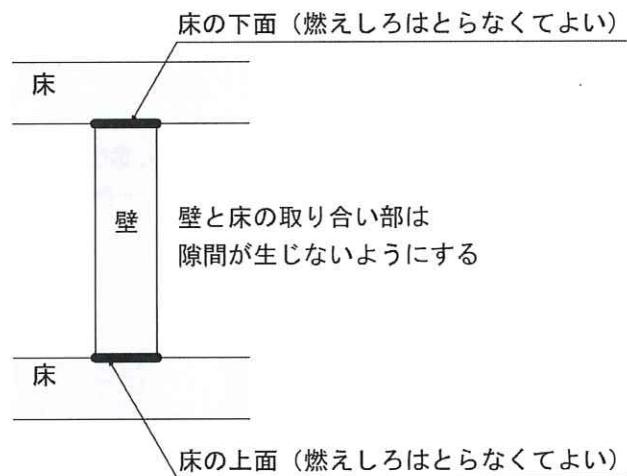


図4.2.5-3 床-壁の取り合い部

(4) 垂れ壁

開口上部の垂れ壁パネルは、両サイドの壁の木口の燃えしろ部分が消失しても、脱落しないようにする。

例えば、両サイドの壁に欠き込みを設けて脱落を防止(図 4.2.5-4)したり、火災後も耐力を有する金物で脱落を防止する。



図 4.2.5-4 垂れ壁パネルの脱落防止の措置（例）

(5) 梁との接合部

壁に梁が取り付く部分は、お互いの燃えしろが消失しても梁が脱落しない措置をする。

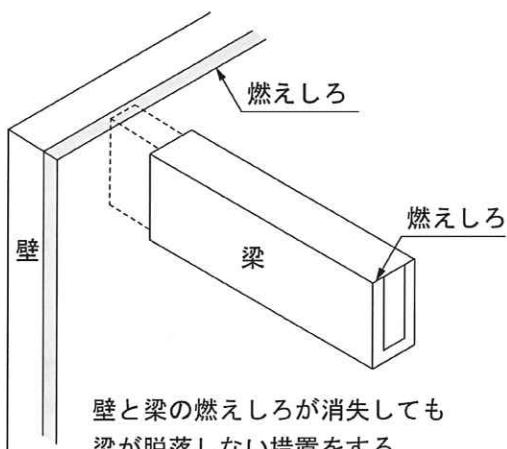


図 4.2.5-5 梁の脱落防止の措置（例）

(6) 金物の保護方法

接合金物は、燃えしろを除いた部分で有効に接合することを原則とする。また、引きボルトの座金やラグスクリューボルトの台座、ドリフトピン等の金属部分は、燃えしろ部分に配置してもよいが、金属部分を厚さ 30mm 以上の木材で被覆するとともに、空洞がある場合はロックウールまたはグラスウール(いずれも密度は 24kg/m³ 以上とする、以後同じ)を充填する。また、U 形金物を設置する際は金属の露出部分を厚さ 20mm 以上のロックウールまたはグラスウールで被覆する。ビスは燃えしろ部分に達していなければ図 4.2.5-6 に示すように防火被覆の必要はない。なお、呼び径 8mm 以下のビスの頭は、熱的な影響が少ないことが実験¹²⁾で確認されているため、60 分までの加熱に対しては特に防火被覆の必要はない。

なお、CLT パネル等の両面にまたがらない金物(たとえば、L字金物など)は、露出して取り付けてよいが、ビスが留まっている部分の木材が消失して、CLT パネル等がバラバラにならないよう配慮する。たとえば、燃えしろ寸

12) 高田峰幸, 長谷見雄二, 安井昇, 原田浩司, 鈴木圭, 河合誠, 加來千紘:CLT パネルを用いた建築物の防耐火技術の開発 その
11 CLT パネルの壁一床層間部の防耐火性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 防火, pp.171-172, 2015.9

法+20mm 以上の長さのビスを使用する、または、金物をロックウール・グラスウール等で被覆してビスが留まっている木材が消失しないようにするなどの方法がある。

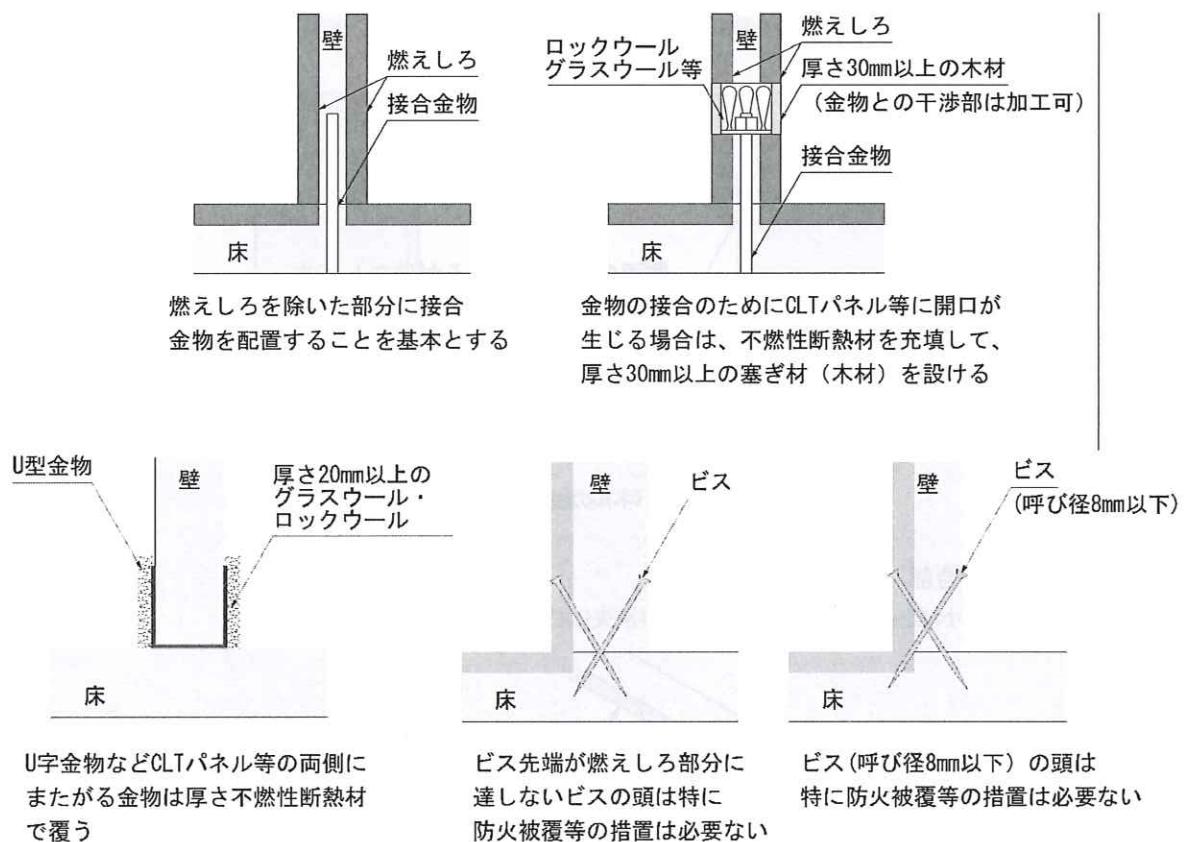


図 4.2.5-6 金物の保護の例

(7) 防火上有効に被覆する方法

接合金物が準耐火構造の防火被覆の内側に配置される場合は接合金物に対して防火的な措置は必要ない。ただし、金物接合のために壁パネルに開口が生じる場合は、ロックウール・グラスウール等を充填する。

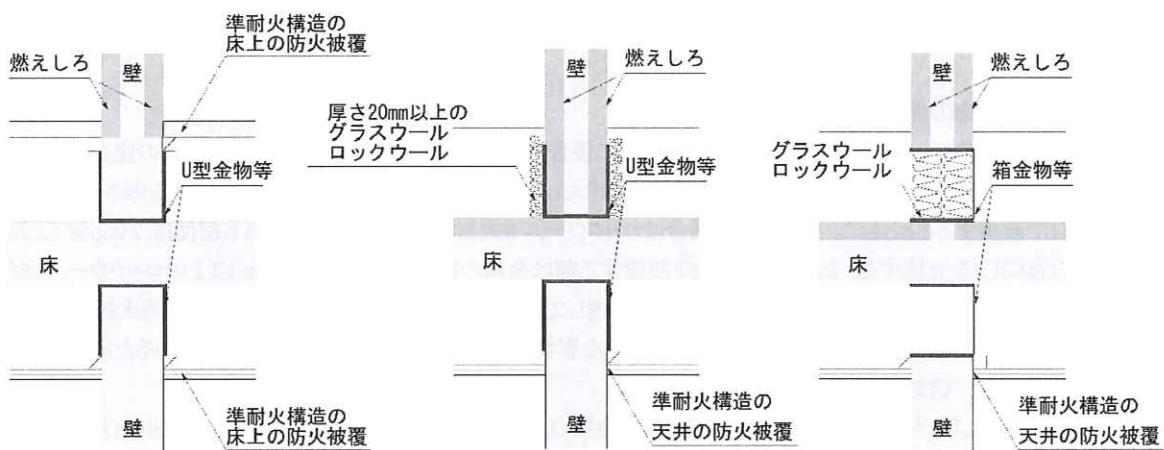


図 4.2.5-7 防火被覆の内側に配置される接合金物

4.2.6 燃えしろ設計した壁・床・屋根の表面仕上げ

燃えしろ設計した壁・床・屋根は、CLTパネル等のみで準耐火構造の要求性能を満足している。その表面に仕上げや断熱材を設ける場合の取り扱いについては、準不燃材料を表面に設ける場合は特に問題はないが、可燃性の材料を表面に設ける場合は素材により配慮が必要である。

(1) 断熱材

壁・床・屋根に設置する断熱材としては、無機系の断熱材(ロックウール、グラスウール等)が有害な発熱がなく、遮熱性・遮炎性が向上することが実験等から確認されているため使用可能である。しかし、有機系断熱材については、木材が熱分解や炭化するよりも低い温度で溶融する可能性がある等、防火上支障がないことについて性能確認がなされていないため、燃えしろ設計した部材の仕上げ材としては使用することはできない。なお、有機系断熱材を使った仕様については、別途、性能評価試験を実施し、国土交通大臣認定を取得して準耐火構造とする方法がある。

(2) 仕上げ材

燃えしろ設計した壁・床・屋根の表面に木材(無垢材、合板等面材など特に樹種や製造方法に制限はない)を張ることは特に問題ない¹³⁾。ただし、内装制限に従う。

仕上げの木材が燃え抜けるまで、燃えしろ設計したCLTパネル等が加熱を受けないため、張らない場合と同等以上の非損傷性・遮熱性・遮炎性となる。なお、有機系断熱材を金属板でサンドイッチしたパネル等については火災時にCLTパネル等にどのような影響を与えるか確認されていないため、安全性を確認して使用する。

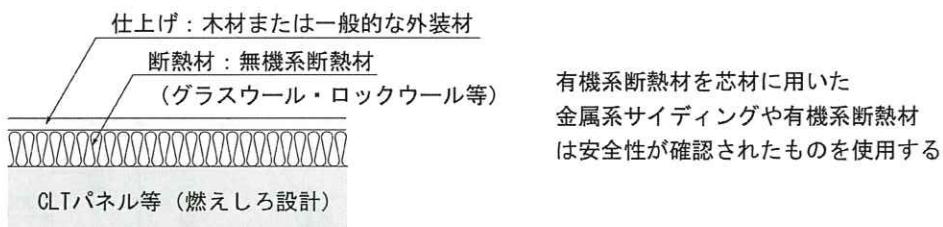


図 4.2.6-1 断熱材+仕上げ材の例

13) 建築物の防火避難規定の解説 2016, 編集:日本建築行政会議

第5章 防火被覆設計

防火構造、準耐火構造、耐火構造とする際は、①告示仕様とする場合、②個別の大蔵認定仕様とする場合の2通りがある。①の告示仕様については、「防火被覆する場合」と「燃えしろ設計する場合(準耐火構造のみ)」の2通りが例示されている。

防火被覆の留め付け方法は以下を基本とし、防火被覆の下張りは長さ38mm以上のくぎまたは長さ28mm以上のビス留め、上張りは長さ50mm以上のくぎまたは長さ40mm以上のビス留めとする。

木材厚板に直接防火被覆を張る場合は、防火被覆の目地部の裏側に特に措置は必要ないが、胴縁等下地を配置する場合は、目地から火炎が侵入しにくいように、目地の裏側に幅30mm以上の木材下地を配置する。また、胴縁等下地を配置しない場合も、防火被覆の留め付け間隔は胴縁等下地を配置する場合と同等程度とする。

ただし、加熱実験等で所定の性能が確認された場合(目地から先行して燃え抜けないことなど)は、その留め付け方法によつてもよい。

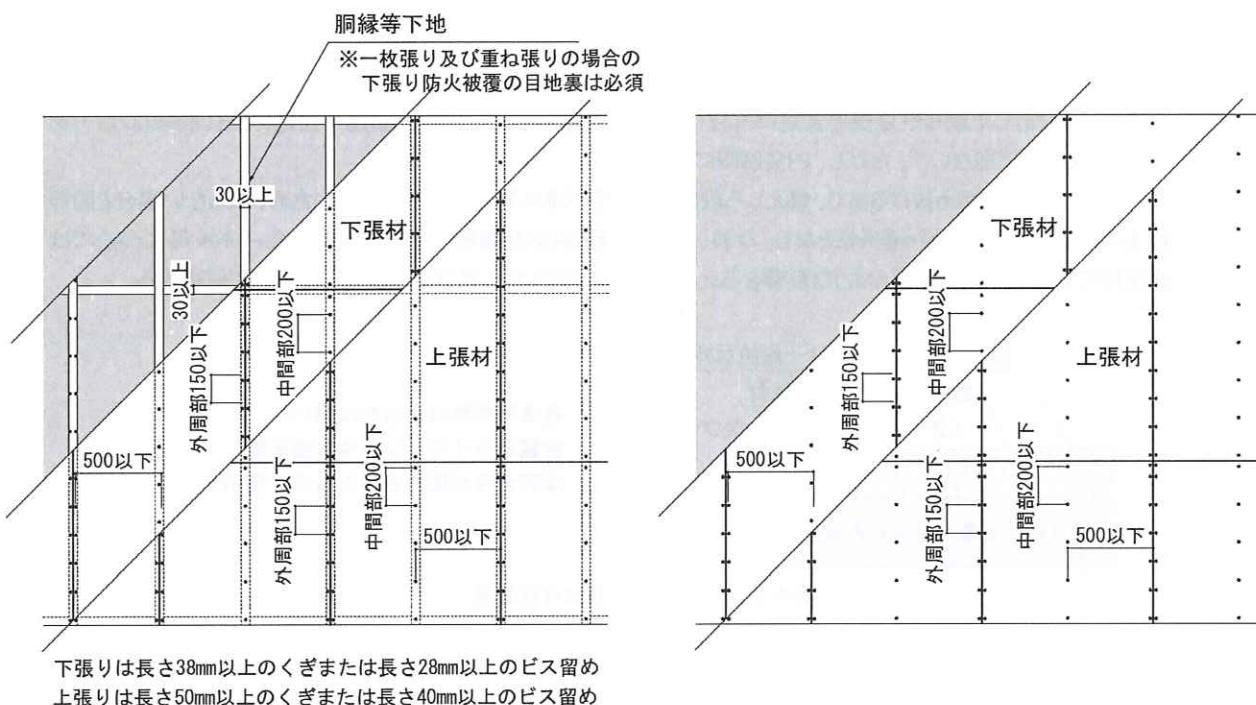


図5-1 準耐火構造壁の防火被覆の留め付け方法の一例

[左：胴縁等下地を設ける場合、右：直張りの場合]

5.1 耐火構造

間仕切壁、外壁、床、屋根、階段について告示仕様(1 時間:平 12 建告第 1399 号)を示す。なお、□は例示された仕様のいずれかを選択することを示し、■は必ず遵守しなければならない項目を示す。

(1) 間仕切壁（耐力壁（鉛直力を支持する壁）・非耐力壁（鉛直力を支持しない壁）ともに同じ）

被覆材（両面にそれぞれ張る）	
1 時間	<p>□強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、合計厚さが42mm以上のもの □強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、合計厚さが36mm以上のものの上に、厚さ8mm以上のけい酸カルシウム板を張ったもの □厚15mm以上の強化せっこうボードの上に、厚さ50mm以上の軽量気泡コンクリートパネルを張ったもの</p>

*強化せっこうボードはボード用原紙を除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

(2) 外壁（耐力壁（鉛直力を支持する壁）・非耐力壁（鉛直力を支持しない壁）ともに同じ）

屋外側被覆材（外壁）		屋内側被覆材（内壁）
1 時間	<p>□強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、合計厚さが42mm以上のものの上に、金属板、軽量気泡コンクリートパネル若しくは窯業系サイディングを張るかモルタル若しくはしっくいを塗ったもの □強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、合計厚さが36mm以上のものの上に、厚さ8mm以上のけい酸カルシウム板を張ったもの上に、金属板、軽量気泡コンクリートパネル若しくは窯業系サイディングを張るかモルタル若しくはしっくいを塗ったもの □厚15mm以上の強化せっこうボードの上に、厚さ50mm以上の軽量気泡コンクリートパネルを張ったもの</p>	<p>□強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、合計厚さが42mm以上のもの □強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、合計厚さが36mm以上のものの上に、厚さ8mm以上のけい酸カルシウム板を張ったもの □厚15mm以上の強化せっこうボードの上に、厚さ50mm以上の軽量気泡コンクリートパネルを張ったもの</p>

*強化せっこうボードはボード用原紙を除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

(3) 床

防火被覆する場合		
	床上被覆材	床下被覆材
	□強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、合計厚さ42mm以上のもの	□強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、合計厚さが46mm以上のもの

1 時間

※強化せっこうボードはボード用原紙を除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

(4) 屋根

防火被覆する場合		
	屋外側の葺き材・仕上げ材	屋内側の防火被覆材
■防火地域規制による		□強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、合計厚さが27mm以上のもの

木材の厚板

日本農林規格に規定する
使用環境A又はBの表示を
してある集成材、構造用
単板積層材(LVL)又は直交
集成板(CLT)

屋根：不燃材料等

屋内側防火被覆材

※勾配なりに
天井を張ってもよい

30分

※強化せっこうボードはボード用原紙を除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

(5) 階段

	段板上面被覆材	段板下面被覆材
30分	<p>□強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、合計厚さが27mm以上のもの</p>	<p>□強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、合計厚さが27mm以上のもの</p>

※強化せっこうボードはボード用原紙を除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

5.2 準耐火構造（45,60分）

間仕切壁(耐力壁・非耐力壁)、外壁(耐力壁・非耐力壁)、床、屋根、軒裏、階段について準耐火構造の告示仕様(45分、30分:平12建告第1358号、1時間:令元国交告第195号)を「防火被覆する場合」と「燃えしろ設計する場合」について示す。□は例示された仕様のいずれかを選択することを示し、■は必ず遵守しなければならない項目を示す。

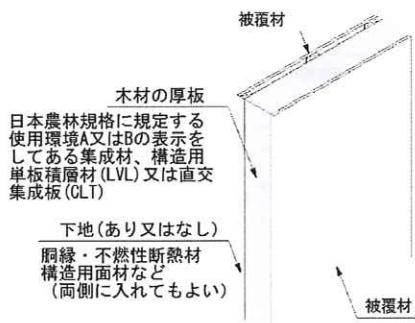
なお、45分準耐火構造は1時間準耐火構造の告示仕様、1時間準耐火構造は5.1節の耐火構造の告示仕様としてもよい。

(1) 間仕切壁

①耐力壁(鉛直力を支持する壁)

防火被覆する場合（片面または両面を1時間準耐火構造の仕様としてもよい）

- 厚さ15mm以上のせっこうボード（強化せっこうボードを含む、以下同じ）張り
- 厚さ12mm以上のせっこうボードの上に厚さ9mm以上のせっこうボード張り
- 厚さ12mm以上のせっこうボードの上に厚さ9mm以上の難燃合板張り
- 厚さ9mm以上のせっこうボードまたは厚さ9mm以上の難燃合板の上に厚さ12mm以上のせっこうボード張り
- 45分 □厚さ7mm以上のせっこうラスボードの上に厚さ8mm以上のせっこうプラスター塗り
- 厚さ20mm以上の鉄網モルタル塗または木ずりしつくい塗
- 木毛セメント板張またはせっこうボード張の上に厚さ15mm以上のモルタルまたはしつくい塗り
- モルタルの上にタイルを張ったもので総厚さ25mm以上
- セメント板または瓦の上にモルタルを塗ったもので総厚さ25mm以上
- 土蔵造
- 土塗真壁造で裏返し塗りをしたもの
- 厚さ12mm以上のせっこうボードの上に金属板張り
- 厚さ25mm以上のロックウール保温板の上に金属板張り



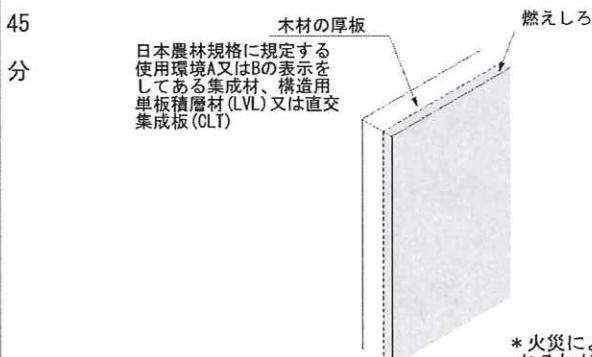
燃えしろ設計する場合

【燃えしろ寸法】

- フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、
レゾルシノール・フェノール樹脂の場合：35mm
- ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を12mm以上とする。
- 上記以外の場合：45mm
- ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を21mm以上とする。

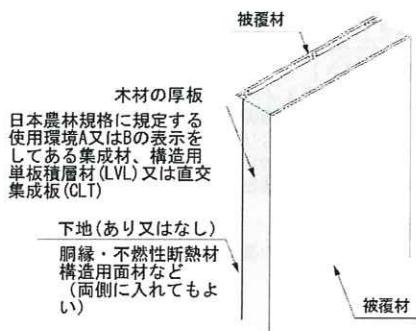
【接合部】

- ボルト等が、防火上有効に被覆されていること
- 接合部に用いる鋼材の添え板等が、埋め込まれるか、挟み込まれているか、防火上有効に被覆されていること



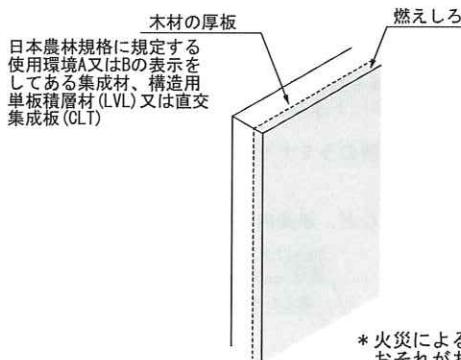
防火被覆する場合

- 1 時間
- 厚さ12mm以上のせっこうボードの上に厚さ12mm以上のせっこうボード張り
 - 厚さ8mm以上のスラグせっこう系セメント板の上に厚さ12mm以上のせっこうボード張り
 - 厚さ16mm以上の強化せっこうボード張り
 - 厚さ12mm以上の強化せっこうボードの上に厚さ9mm以上のせっこうボード張り
 - 厚さ12mm以上の強化せっこうボードの上に厚さ9mm以上の難燃合板張り
 - 厚さ9mm以上のせっこうボードまたは厚さ9mm以上の難燃合板の上に厚さ12mm以上の強化せっこうボード張り
 - 軽量気泡コンクリートパネル35mm以上張り



燃えしろ設計する場合

- 1 時間
- 【燃えしろ寸法】
- フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、
レゾルシノール・フェノール樹脂の場合：45mm
 - ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を12mm以上とする。
 - 上記以外の場合：60mm
 - ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を21mm以上とする。
- 【接合部】
- ボルト等が、防火上有効に被覆されていること
 - 接合部に用いる鋼材の添え板等が、埋め込まれるか、挟み込まれているか、
防火上有効に被覆されていること



* 火災による加熱が両側から同時に加えられる
おそれがある場合は、燃えしろを両側から差し引く

②非耐力壁(鉛直力を支持しない壁)

防火被覆する場合は、45分及び1時間ともに、①耐力壁(鉛直力を支持する壁)と同じ。

燃えしろ設計する場合（木材の最低厚さを規定する場合）	
45 分	<p>【木材厚さ】</p> <ul style="list-style-type: none"> □接着剤がフェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、レゾルシノール・フェノール樹脂の場合：65mm以上（燃えしろ35mm+残存厚さ30mm以上） □上記以外の場合（例えば、水性高分子イソシアネート系など）：75mm以上（燃えしろ45mm+残存厚さ30mm以上） <p>※直交集成板の場合は、残存断面が直交する複数層のラミナで構成されているものに限る</p> <p>【取合い部】 取合い等の部分の裏面に当て木が設けられているなど、建築内部への炎の侵入を有効に防止すること</p>

燃えしろ設計する場合（木材の最低厚さを規定する場合）	
1 時 間	<p>【木材厚さ（燃えしろ寸法+30mm）】</p> <ul style="list-style-type: none"> □接着剤がフェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、レゾルシノール・フェノール樹脂の場合：75mm以上（燃えしろ45mm+残存厚さ30mm以上） □上記以外の場合（例えば、水性高分子イソシアネート系など）：90mm以上（燃えしろ60mm+残存厚さ30mm以上） <p>※直交集成板の場合は、残存断面が直交する複数層のラミナで構成されているものに限る</p> <p>【取合い部】 取合い等の部分の裏面に当て木が設けられているなど、建築内部への炎の侵入を有効に防止すること</p>

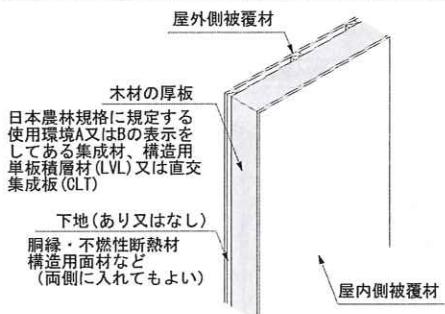
(2) 外壁

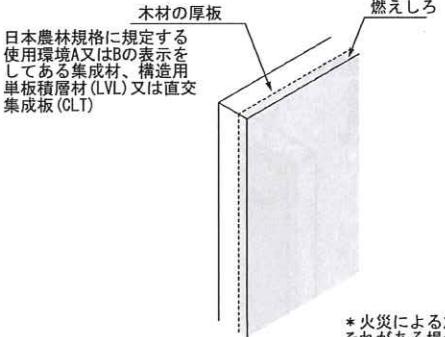
①耐力壁(鉛直力を支持する壁)

防火被覆する場合（片面または両面を1時間準耐火構造の仕様としてもよい）		
	屋外側被覆材	屋内側被覆材
45 分	<input type="checkbox"/> 厚さ12mm以上のせっこうボードの上に金属板張り <input type="checkbox"/> 木毛セメント板の上に厚さ15mm以上のモルタルまたはしつくい塗り <input type="checkbox"/> せっこうボードの上に厚さ15mm以上のモルタルまたはしつくい塗り <input type="checkbox"/> モルタルの上にタイルを張ったもので合計厚さ25mm以上 <input type="checkbox"/> セメント板または瓦の上にモルタルを塗ったもので合計厚さ25mm以上 <input type="checkbox"/> 厚さ25mm以上のロックウール保温板の上に金属板張り	<input type="checkbox"/> 厚さ15mm以上のせっこうボード（強化せっこうボード含む、以下同じ） <input type="checkbox"/> 厚さ12mm以上のせっこうボードの上に厚さ9mm以上のせっこうボード <input type="checkbox"/> 厚さ12mm以上のせっこうボードの上に厚さ9mm以上難燃合板 <input type="checkbox"/> 厚さ9mm以上のせっこうボードまたは厚さ9mm以上の難燃合板の上に厚さ12mm以上のせっこうボード <input type="checkbox"/> 厚さ7mm以上のせっこうラスボードの上に厚さ8mm以上のせっこうプラスター

燃えしろ設計する場合	
45 分	<p>【燃えしろ寸法】</p> <p><input type="checkbox"/> フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、レゾルシノール・フェノール樹脂の場合：35mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を12mm以上とする。</p> <p><input type="checkbox"/> 上記以外の場合：45mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を21mm以上とする。</p> <p>【接合部】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ボルト等が、防火上有効に被覆されていること ■接合部に用いる鋼材の添え板等が、埋め込まれるか、挟み込まれているか、防火上有効に被覆されていること <p>* 火災による加熱が両側から同時に加えられるおそれがある場合は、燃えしろを両側から差し引く</p>

防火被覆する場合		
	屋外側被覆材	屋内側被覆材
1時間	<ul style="list-style-type: none"> □厚さ18mm以上の硬質木片セメント板 □厚さ20mm以上の鉄網モルタル □軽量気泡コンクリートパネル35mm以上 □鉄網軽量モルタル20mm以上(有機量8%以下) □硬質木片セメント板12mm以上の上に鉄網 軽量モルタル10mm以上(有機量8%以下) 	<ul style="list-style-type: none"> □厚さ12mm以上のせっこうボードの上に 厚さ12mm以上のせっこうボード □厚さ8mm以上のスラグせっこう系セメント 板の上に厚さ12mm以上のせっこうボード □厚さ16mm以上の強化せっこうボード □厚さ12mm以上の強化せっこうボードの 上に厚さ9mm以上のせっこうボード □厚さ12mm以上の強化せっこうボードの 上に厚さ9mm以上の難燃合板 □厚さ9mm以上のせっこうボードまたは 厚さ9mm以上の難燃合板の上に厚さ12mm 以上の強化せっこうボード □軽量気泡コンクリートパネル35mm以上



燃えしろ設計する場合	
	【燃えしろ寸法】
1時間	<p>【燃えしろ寸法】</p> <ul style="list-style-type: none"> □フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、 レゾルシノール・フェノール樹脂の場合 : 45mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を12mm以上とする。 □上記以外の場合 : 60mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を21mm以上とする。 <p>【接合部】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ボルト等が、防火上有効に被覆されていること ■接合部に用いる鋼材の添え板等が、埋め込まれるか、挟み込まれているか、 防火上有効に被覆されていること <p></p> <p>* 火災による加熱が両側から同時に加えられるお それがある場合は、燃えしろを両側から差し引く</p>

②非耐力壁(鉛直力を支持しない壁)

防火被覆する場合は、45分及び1時間ともに、①耐力壁(鉛直力を支持する壁)に同じ。

燃えしろ設計する場合（木材の最低厚さを規定する場合）	
45 分	<p>【木材厚さ】</p> <p>□接着剤がフェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、レゾルシノール・フェノール樹脂の場合：65mm以上(燃えしろ35mm+残存厚さ30mm以上)</p> <p>□上記以外の場合(例えば、水性高分子イソシアネート系など)：75mm以上(燃えしろ45mm+残存厚さ30mm以上)</p> <p>※直交集成板の場合は、残存断面が直交する複数層のラミナで構成されているものに限る</p> <p>【取合い部】</p> <p>取合い等の部分の裏面に当て木が設けられているなど、建築内部への炎の侵入を有効に防止すること</p>

燃えしろ設計する場合（木材の最低厚さを規定する場合）	
1 時 間	<p>【木材厚さ（燃えしろ寸法+30mm）】</p> <p>□接着剤がフェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、レゾルシノール・フェノール樹脂の場合：75mm以上(燃えしろ45mm+残存厚さ30mm以上)</p> <p>□上記以外の場合(例えば、水性高分子イソシアネート系など)：90mm以上(燃えしろ60mm+残存厚さ30mm以上)</p> <p>※直交集成板の場合は、残存断面が直交する複数層のラミナで構成されているものに限る</p> <p>【取合い部】</p> <p>取合い等の部分の裏面に当て木が設けられているなど、建築内部への炎の侵入を有効に防止すること</p>

(3) 床

防火被覆する場合（片面または両面を1時間準耐火構造の仕様としてもよい）		
	床上被覆材	床下被覆材
45 分	<ul style="list-style-type: none"> □ 厚さ12mm以上の構造用合板・構造用パネル・パーティクルボード・ティッキプレート・その他類するもの（以下、「合板等」）の上に厚さ9mm以上のせっこうボード若しくは軽量気泡コンクリート、または、厚さ8mm以上の硬質木片セメント □ 厚さ12mm以上の合板等の上に厚さ9mm以上のモルタル・コンクリート・せっこう塗り □ 厚さ30mm以上の木材 □ 置（ポリスチレンフォームの畳床は除く） 	<ul style="list-style-type: none"> □ 厚さ15mm以上の強化せっこうボード □ 厚さ12mm以上の強化せっこうボードの上部に厚さ50mm以上のロックウール（かさ比重0.024以上）またはグラスウール（かさ比重0.024以上）

燃えしろ設計する場合	
45 分	<p>【燃えしろ寸法】</p> <ul style="list-style-type: none"> □ フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、レゾルシノール・フェノール樹脂の場合：35mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を12mm以上とする。 □ 上記以外の場合：45mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を21mm以上とする。 <p>【接合部】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ボルト等が、防火上有効に被覆されていること ■ 接合部に用いる鋼材の添え板等が、埋め込まれるか、挟み込まれているか、防火上有効に被覆されていること

防火被覆する場合		
	床上被覆材	床下被覆材
1時間	<p>□厚さ12mm以上の合板等の上に厚さ12mm以上のせっこうボード・軽量気泡コンクリート・硬質木片セメント板</p> <p>□厚さ12mm以上の合板等の上に厚さ12mm以上のモルタル・コンクリート・せっこう塗り</p> <p>□厚さ40mm以上の木材</p> <p>□畳(ポリスチレンフォームの畳床は除く)</p>	<p>□厚さ12mm以上のせっこうボードの上に厚さ12mm以上のせっこうボードを張り、その上部に厚さ50mm以上のロックウール(かさ比重0.024以上、以下同じ)またはグラスウール(かさ比重0.024以上、以下同じ)</p> <p>□厚さ12mm厚以上の強化せっこうボードの上に厚さ12mm以上の強化せっこうボード</p> <p>□厚さ15mm厚以上の強化せっこうボードの上に厚さ50mm以上のロックウールまたはグラスウール</p> <p>□厚さ12mm以上の強化せっこうボードの上に厚さ9mm以上のロックウール吸音板</p>
	<p>The diagram illustrates a floor joist system. At the top, a layer of '床上被覆材' (top insulation) is shown. Below it is a '木材の厚板' (thick wooden board). A note specifies: '日本農林規格に規定する使用環境A又はBの表示をしてある集成材、構造用単板積層材(LVL)又は直交集成板(CLT)' (Wooden panels, structural grade LVL or CLT, marked with environmental class A or B). Below the board is another layer of '床下被覆材' (bottom insulation). At the bottom, there is a note: '下地(あり又はなし) 吊り木・野縁受け・野縁・不燃性断熱材・構造用面材など(上面に入れててもよい)' (Subfloor (if any), hanger beams, eaves, non-combustible insulation, structural facing materials, etc., can be applied to the top surface).</p>	

燃えしろ設計する場合	
	【燃えしろ寸法】
1時間	<p>□フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、 レゾルシノール・フェノール樹脂の場合 : 45mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を12mm以上とする。</p> <p>□上記以外の場合 : 60mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を21mm以上とする。</p>
	【接合部】
	<p>■ボルト等が、防火上有効に被覆されていること</p> <p>■接合部に用いる鋼材の添え板等が、埋め込まれるか、挟み込まれているか、 防火上有効に被覆されていること</p>
	<p>The diagram shows a corner joint between two wooden panels. Labels indicate '木材の厚板' (thick wooden board) at the top and '燃えしろ' (flame spread) at the bottom right. A note specifies: '日本農林規格に規定する使用環境A又はBの表示をしてある集成材、構造用単板積層材(LVL)又は直交集成板(CLT)' (Wooden panels, structural grade LVL or CLT, marked with environmental class A or B).</p>

(4) 屋根

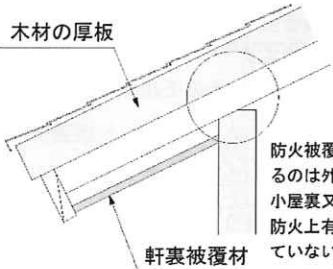
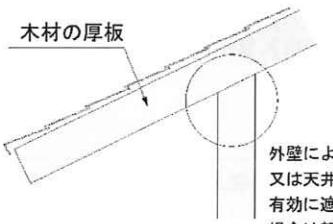
防火被覆する場合		
	屋外側の葺き材・仕上げ材	屋内側の防火被覆
30 分	<p>■不燃材料（瓦・金属板・平板スレート等）で葺くまたはつくる。</p> <p>木材の厚板 日本農林規格に規定する 使用環境A又はBの表示を してある集成材、構造用 単板積層材(LVL)又は直交 集成板(CLT)</p> <p>屋根 : 不燃材料</p> <p>屋内側防火被覆材</p> <p>*勾配なりに天井を張ってもよい</p>	<ul style="list-style-type: none"> □厚さ12mm以上の強化セッコウボード張り □厚さ9mm以上のセッコウボードの上に厚さ9mm以上のセッコウボード張り □厚さ12mm以上のセッコウボードの裏側に厚さ50mm以上のロックウール(かさ比重0.024以上)またはグラスウール(かさ比重0.024以上) □厚さ12mm以上の硬質木片セメント板張り □厚さ12mm以上のセッコウボードの上に金属板張り □木毛セメント板の上に厚さ15mm以上のモルタルまたはしつくい塗り □セッコウボードの上にモルタルまたはしつくい15mm厚以上塗り □モルタルの上にタイルを張ったもので総厚さ25mm以上 □セメント板の上にモルタルを塗ったもので総厚さ25mm以上 □瓦の上にモルタルを塗ったもので総厚さ25mm以上 □厚さ25mm以上のロックウール保温板の上に金属板張り □厚さ20mm以上の鉄網モルタル塗り □けい酸カルシウム板を2枚以上張ったもので総厚さ16mm以上
	<p>準耐火構造による規定なし (防火地域指定、法22条区域指定による)</p>	<ul style="list-style-type: none"> □厚さ15mm以上の強化セッコウボード張り □厚さ12mm以上の強化セッコウボードの裏側に厚さ50mm以上のロックウール(かさ比重0.024以上)またはグラスウール(かさ比重0.024以上) □セッコウボードを2枚以上張ったもので総厚さが21mm以上 □厚さが12mm以上のセッコウボードの上に厚さが9mm以上のロックウール吸音板張り □厚さ12mm以上の強化セッコウボード (ただし、野地板厚さ9mm以上の構造用合板・構造用パネル・パーティクルボード・硬質木片セメント板とする)

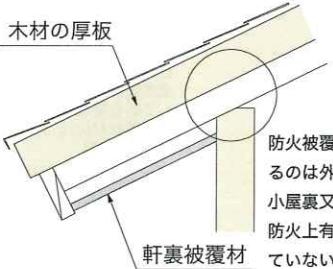
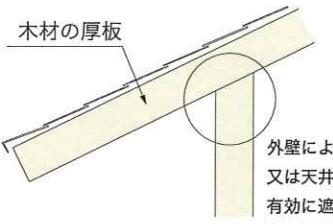
燃えしろ設計する場合	
30 分	<p>【燃えしろ寸法】</p> <p>□フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、 レゾルシノール・フェノール樹脂の場合：25mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を12mm以上とする。 □上記以外の場合：30mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を21mm以上とする。</p> <p>【接合部】</p> <p>■ボルト等が、防火上有効に被覆されていること ■接合部に用いる鋼材の添え板等が、埋め込まれるか、挟み込まれているか、 防火上有効に被覆されていること</p> <p>木材の厚板</p> <p>燃えしろ</p>

(5) 階段

木材厚板のみで構成する場合	
30 分	 <p>【段板】 厚さ60mm以上の木材 【段板を支える桁】 厚さ60mm以上の木材</p> <p>※厚さ60mm未満の木材を使用する場合は、防火被覆する（H12建設省告示第1358号第6による）</p>

(6) 軒裏

防火被覆する場合（1時間準耐火構造の仕様としてもよい）	
45 分	<ul style="list-style-type: none"> □厚さ12mm以上の硬質木片セメント板 □厚さ12mm以上のせっこうボードの上に 　金属板張り □木毛セメント板の上に厚さ15mm以上のモルタルまたはしつくい塗り □せっこうボードの上に厚さ15mm以上のモルタルまたはしつくい塗り □モルタルの上にタイルを張ったもので合計厚さ25mm以上 □セメント板または瓦の上にモルタルを塗つたもので合計厚さ25mm以上 □厚さ25mm以上のロックウール保温板の上に 　金属板張り  <p>木材の厚板 軒裏被覆材 木材の厚板</p> <p>防火被覆が必要となるのは外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に遮られていらない場合に限る</p>  <p>木材の厚板 外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に遮られている場合は軒裏の防耐火の規制はなし</p>

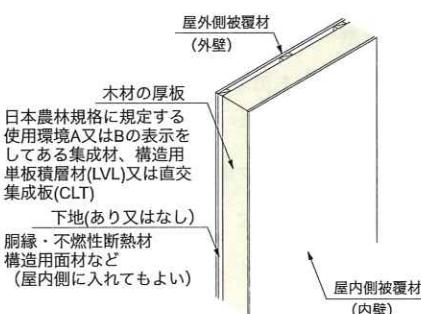
【垂木・野地板等を防火被覆する場合】	
1 時 間	<ul style="list-style-type: none"> □厚さ15mm以上の強化せっこうボードの上に 　金属板張り □けい酸カルシウム板を2枚以上はったもので合計厚さ16mm以上 □厚さ18mm以上の硬質木片セメント板 □厚さ20mm以上の鉄網モルタル □厚さ20mm以上の鉄網軽量モルタル（モルタルに含まれる有機物量が8%以下（以下同じ）） □厚さ12mm以上の硬質木片セメント板の上に 　厚さ10mm以上の鉄網軽量モルタル  <p>木材の厚板 軒裏被覆材 木材の厚板</p> <p>防火被覆が必要となるのは外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に遮られていらない場合に限る</p>  <p>木材の厚板 外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に遮られている場合は軒裏の防耐火の規制はなし</p>

5.3 防火構造

外壁、軒裏について告示仕様(平12建告第1359号)を示す。□は例示された仕様のいづれかを選択することを示し、■は必ず遵守しなければならない項目を示す。5.1 節、5.2 節の準耐火構造、耐火構造の告示仕様としてもよい。なお、法22条区域の延焼のおそれのある部分の外壁に使用する場合は、下記に例示した被覆材を平12建告第1362号に例示された仕様(準防火性能)に読み替えるか、防火構造、準耐火構造、耐火構造の仕様とする。

(1) 外壁（耐力壁（鉛直力を支持する壁）・非耐力壁（鉛直力を支持しない壁）ともに同じ）

外壁屋外側被覆材	外壁屋内側被覆材
<input type="checkbox"/> 厚さ20mm以上の鉄網モルタル塗り <input type="checkbox"/> 厚さ20mm以上の木曽り漆喰塗り <input type="checkbox"/> 木毛セメント板の上に厚さ15mm以上のモルタルまたは漆喰塗り <input type="checkbox"/> せっこうボードの上に厚さ15mm以上のモルタルまたは漆喰塗り <input type="checkbox"/> 厚さ20mm以上の土塗壁(下見板張り含む) <input type="checkbox"/> 厚さ12mm以上のせっこうボードの上に金属板張り <input type="checkbox"/> 厚さ25mm以上のロックウール保温板の上に金属板張り <input type="checkbox"/> 総厚25mm以上のモルタル塗りの上にタイル張り <input type="checkbox"/> 総厚25mm以上のセメント板張または瓦張の上にモルタル塗り <input type="checkbox"/> 厚さ12mm以上の硬質木片セメント板張り <input type="checkbox"/> 厚さ15mm以上の窯業系サイディング（中実品）張り <input type="checkbox"/> 厚さ18mm以上の窯業系サイディング張り（中空部を除く厚さが7mm以上）	<input type="checkbox"/> 厚さ9.5mm以上のせっこうボード張り <input type="checkbox"/> 厚さ4mm以上の合板・構造用パネル・パーティクルボード・木材張り（壁体内にグラスウールまたはロックウール厚さ75mm以上充填） <input type="checkbox"/> 厚さ30mm以上の土塗壁
<input type="checkbox"/> 厚さ15mm以上の鉄網軽量モルタル塗り（有機質量が8%以下）	<input type="checkbox"/> 厚さ12mm以上のせっこうボードの壁内に厚さ50mm以上のグラスウール（かさ比重0.01以上） <input type="checkbox"/> 厚さ12mm以上のせっこうボードの壁内に厚さ50mm以上のロックウール（かさ比重0.024以上）
<input type="checkbox"/> 厚さ15mm以上の窯業系サイディング（中実品） <input type="checkbox"/> 厚さ18mm以上の中空部を有する窯業系サイディング（中空部を除く厚さ7mm以上）	<input type="checkbox"/> 厚さ9mm以上のせっこうボードの壁内に厚さ50mm以上のグラスウール（かさ比重0.01以上） <input type="checkbox"/> 厚さ9mm以上のせっこうボードの壁内に厚さ55mm以上のロックウール（かさ比重0.03以上）



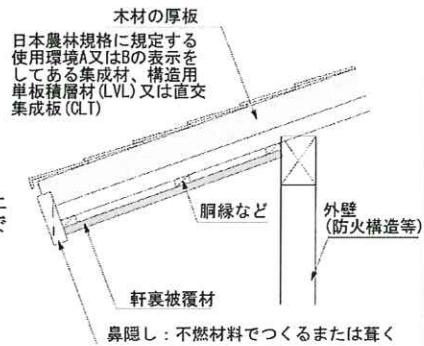
The diagram illustrates a wall section with the following layers from outside to inside:

- 屋外側被覆材 (外壁) - External insulation layer
- 木材の厚板 - Thick wooden board
- 日本農林規格に規定する使用環境A又はBの表示をしてある集成材、構造用単板積層材(LVL)又は直交集成板(CLT)
- 下地(あり又はなし) - Substrate (present or not)
- 胴縁・不燃性断熱材構造用面材など (屋内側に入れててもよい) - Internal insulation and facing materials (can be applied to the inner side)
- 屋内側被覆材 (内壁) - Internal insulation layer

(2) 軒裏

軒裏被覆材

- 土蔵造
- 鉄網モルタル20mm厚以上
- 木すり漆喰20mm厚以上
- 木毛セメント板の上にモルタルまたは漆喰15mm厚以上
- せっこうボードの上にモルタルまたは漆喰15mm厚以上
- 土塗壁20mm厚以上(下見板張り含む)
- せっこうボード12mm厚以上の上に金属板張り
- ロックウール保温板25mm厚以上の上に金属板張り
- モルタル塗りの上にタイルを張ったもので総厚25mm以上
- セメント板張または瓦張の上にモルタルを塗ったもので総厚25mm以上



※CLT等外壁(防火構造)によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に遮られている場合は軒裏被覆材を省略できる

5.4 耐火構造の貫貫通部・開口部の防火措置

設備配管等の貫通部は、壁や床に必要な防耐火性能(非損傷性、遮熱性、遮炎性)を損なわないよう防火措置を行う。また、防火区画の開口部(特に特定防火設備(1時間の遮炎性)や準耐火時間と同等の時間の防火設備の場合)は、扉等が所定の時間、燃え抜けないだけでなく、CLTパネル等の壁や床と扉等の取り合い部から燃え抜けないよう防火措置を行う。

(1) 配管配線等貫通部

配線・配管等が防火区画ではない準耐火構造の壁・床や外壁を貫通する場合は、配管・配線とCLTパネル等との隙間に、ロックウールまたはAESウールを充填する。なお、防火区画の床や壁を貫通する場合は、令第129条の2の4に従い、貫通部及びその両側1m以内の距離にある配管・配電管等を不燃材料でくる。また、硬質塩化ビニル管を用いる場合は、平12建告第1422号に従うこととする。さらに、CLTの小口に耐火構造の耐火被覆を張る。

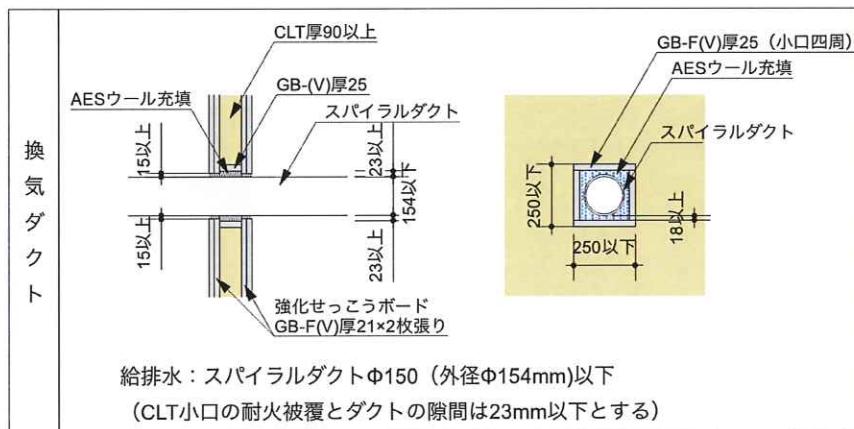


図5.4-1 1時間耐火構造壁の換気ダクトの場合

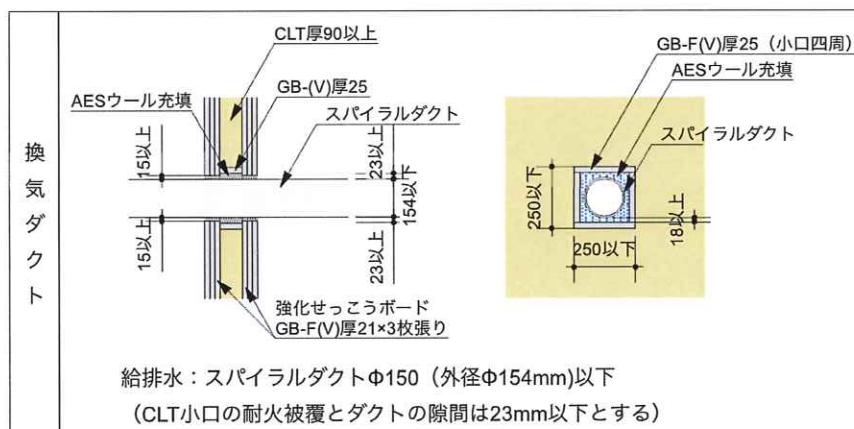


図5.4-2 2時間耐火構造壁の換気ダクトの場合

給排水管	<p>CLT厚90以上 GB-(V)厚15 鋼管 強化せっこうボード GB-F(V)厚21×2枚張り</p> <p>15以上 15以上 53以上 114以下</p>	<p>GB-F(V)厚15 (小口四周) AESウール充填 鋼管</p> <p>250以下 250以下 53以上</p>
	<p>給排水：鋼管（SGP管）100A（外径Φ114mm）以下 (CLT小口の耐火被覆と鋼管の隙間は53mm以下とする)</p>	
鋼管	<p>CLT厚90以上 GB-(V)厚15 鋼管 強化せっこうボード GB-F(V)厚21×2枚張り</p> <p>15以上 15以上 30以上 60.5以下</p>	<p>GB-F(V)厚15 (小口四周) AESウール充填 鋼管</p> <p>150以下 150以下 30以上</p>
	<p>給排水：鋼管（SGP管）50A（外径Φ60.5mm）以下 (CLT小口の耐火被覆と鋼管管の隙間は30mm以下とする)</p>	
給排水管	<p>CLT厚90以上 GB-(V)厚15 VP管 強化せっこうボード GB-F(V)厚21×2枚張り</p> <p>15以上 15以上 53以上 114以下</p>	<p>GB-F(V)厚15 (小口四周) AESウール充填 VP管</p> <p>250以下 250以下 53以上</p>
	<p>給排水：VP管150（外径Φ165mm）以下 (CLT小口の耐火被覆とVP管の隙間は53mm以下とする)</p>	
VP管	<p>CLT厚90以上 GB-(V)厚15 VP管 強化せっこうボード GB-F(V)厚21×2枚張り</p> <p>15以上 15以上 30以上 60.5以下</p>	<p>GB-F(V)厚15 (小口四周) AESウール充填 VP管</p> <p>150以下 150以下 30以上</p>
	<p>給排水：VP管50（外径Φ60.5mm）以下 (CLT小口の耐火被覆とVP管の隙間は30mm以下とする)</p>	

図 5.4-3 1 時間耐火構造壁の給排水管の場合

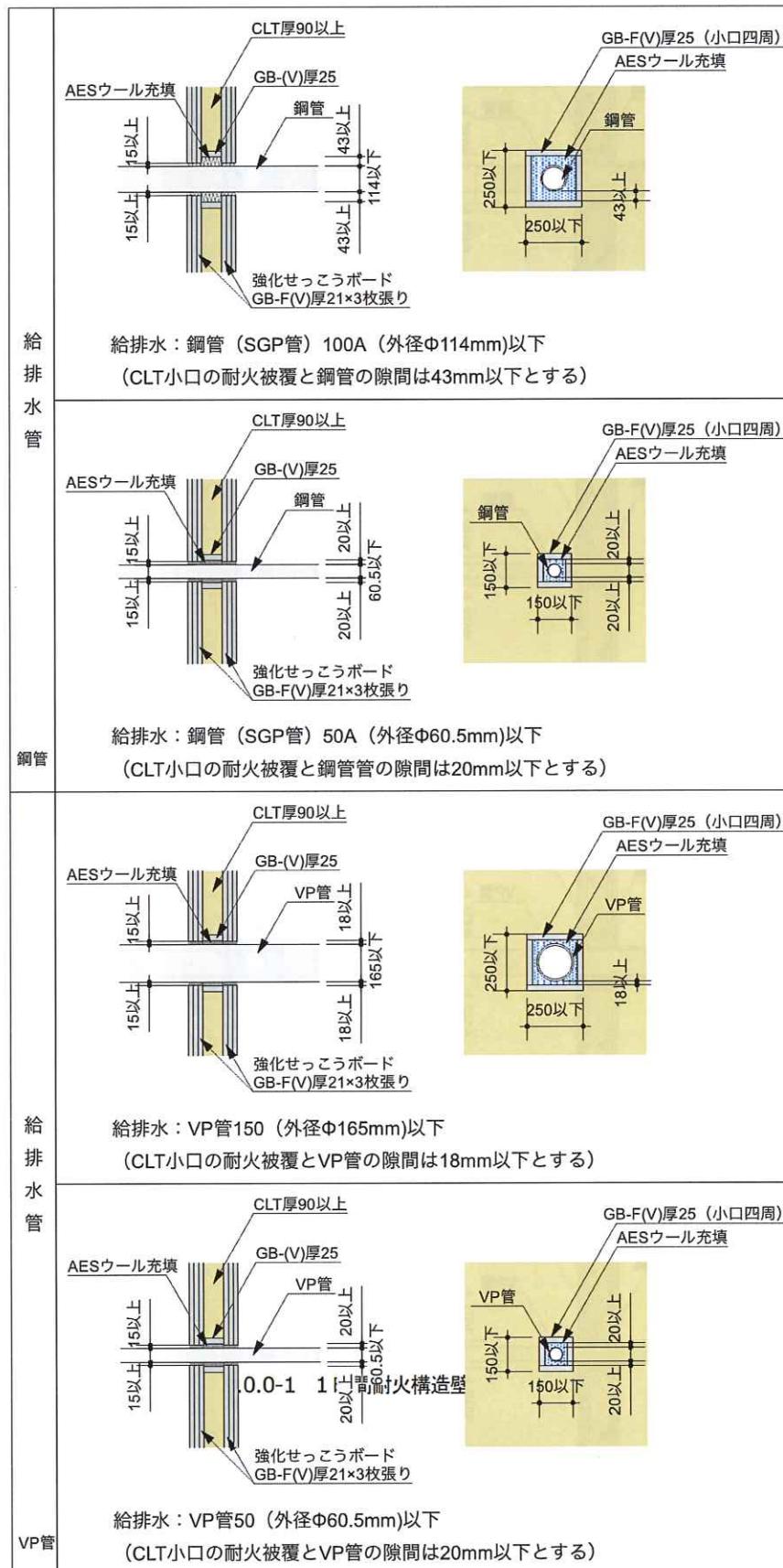


図 5.4-4 2 時間耐火構造壁の給排水管の場合

(2) サッシ、扉等開口部

防火区画等で、特定防火設備をCLTパネル等に取り付ける場合は、CLTパネル等の木口に耐火構造の耐火被覆を張るか、下記の耐火被覆を張る。

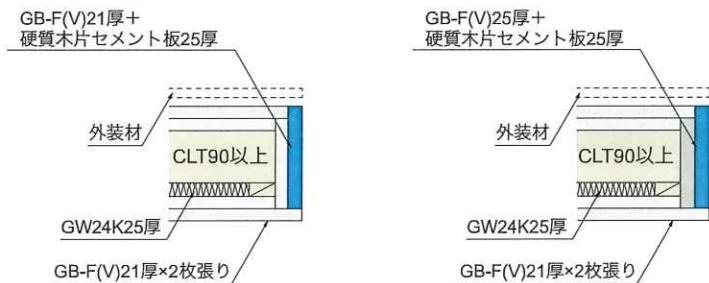


図 5.4-5 1 時間耐火構造壁のサッシ・扉等開口部の防火措置

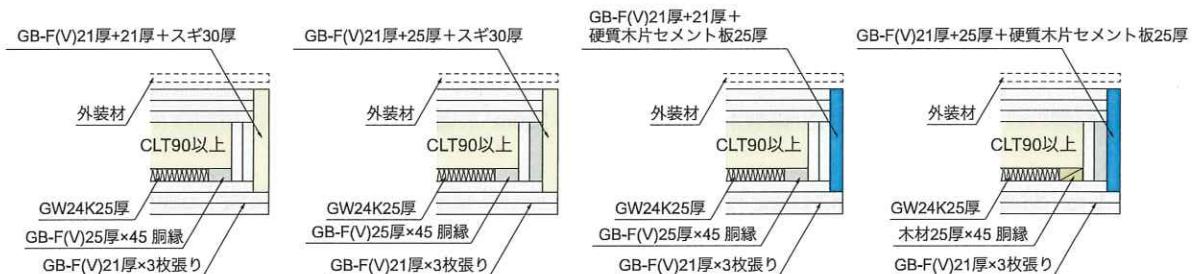


図 5.4-6 2 時間耐火構造壁のサッシ・扉等開口部の防火措置

第6章 火災時倒壊防止構造、避難時倒壊防止構造

平成26年建築基準法(以下、「法」と記す。)改正により、法第27条第1項において主要構造部に特定避難時間の準耐火性能を要求する建築物(避難時倒壊防止構造)が平27年国交告第255号に、令和30年の法改正により第21条第1項において主要構造部に通常火災終了時間の準耐火性能を要求する建築物(火災時倒壊防止構造)が令元国交告第193号に位置づけられたことで、耐火建築物とする以外に要求される仕様に適合することで主要構造部を準耐火構造とする建築物が実現できるようになった。その結果、燃えしろ設計が可能になり、CLTを現しとする設計が可能となった。

以下、それぞれの告示内容に基づいて主要構造部を避難時倒壊防止構造、火災時倒壊防止構造とする建築物の概要、燃えしろ設計、防火被覆設計について示す。

6.1 主要構造部を避難時倒壊防止構造・火災時倒壊防止構造とした建築物

6.1.1 避難時倒壊防止構造とした建築物の概要

法第27条第1項は、在館者の避難安全の観点から建築物の主要構造部に準耐火性能を要求する。従来、このような建築物に対してはその用途と規模により、耐火建築物または準耐火建築物を要求し、火災時の在館者の避難安全を確保してきた。平成26年の法改正により、在館者の避難に続き、公設常備消防による検索活動が行われる火災シナリオを想定し、その終了する時間(特定避難時間)までの準耐火性能を要求するよう性能規定化された。法第27条第1項の規制対象となる建築物は、平成26年法改正以前は単に「耐火建築物としなければならない」とされていたものであり、平成26年法改正により、建築物の在館者の避難安全性を確保するために主要構造部へ必要な耐火性能を要求するよう性能規定化され、以下の第1~4号に該当するものが対象である。そして平成30年の法改正において、就寝等を伴う用途には警報設備の設置を条件に、規模が「階数が3で延べ面積が200m²未満のもの」については規制緩和が行われた。

第1号 別表第一(ろ)欄に掲げる階を同表(い)欄(一)項から(四)項までに掲げる用途に供するもの(階数が3で延べ面積が200m²未満のもの(同表(ろ)欄に掲げる階を同表(い)欄(二)項に掲げる用途で政令で定めるものに供するものにあっては、政令で定める技術的基準に従つて警報設備を設けたものに限る。)を除く。)

第2号 別表第一(い)欄(一)項から(四)項までに掲げる用途に供するもので、その用途に供する部分(同表(一)項の場合にあっては客席、同表(二)項及び(四)項の場合にあっては2階の部分に限り、かつ、病院及び診療所についてはその部分に患者の収容施設がある場合に限る。)の床面積の合計が同表(は)欄の当該各項に該当するもの

第3号 別表第一(い)欄(四)項に掲げる用途に供するもので、その用途に供する部分の床面積の合計が3000m²以上のもの

第4号 劇場、映画館又は演芸場の用途に供するもので、主階が一階にないもの(階数が三以下で延べ面積が200m²未満のものを除く。)

法第27条第1項は、建築物の用途と規模(面積・階数等)の観点から火災時に建築物内に存する者の避難安全上、建築物に倒壊及び延焼を防止することを目的に、上記に記載する第1号~第4号に該当する特殊建築物に対して、

[1] 主要構造部に、

[1]-i) 当該特殊建築物に存する者の全てが当該特殊建築物から地上までの避難を終了するまでの間(特定避難時間)当該火災による建築物の倒壊及び延焼を防止するために主要構造部に必要とされる性能に関して政令(令第110条)で定める技術的基準に適合することが要求され、かつ、

[1]-ii) 国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとすることが要求される。

[2] 外壁の開口部で建築物の他の部分から当該開口部へ延焼するおそれがあるものとして政令(令第110条の2)で

定めるものに、

- [2]-i)防火戸その他の政令で定める防火設備(その構造が遮炎性能に関して政令で定める技術的基準(令第 110 条の3)に適合するものが要求され、かつ、
[2]-ii)国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとすることが要求される。

そして、この[1]-ii)の国土交通大臣が定めた構造方法が避難時倒壊防止構造として、また、[2]-ii)の国土交通大臣が定めた構造方法が、平27年国交告第255号に例示されている。

以下、この告示で例示された主要構造部を避難時倒壊防止構造とする建築物について概要を示す。なお、比較のために、主要構造部を火災時倒壊防止構造とする建築物についても併せて記載する。

図 6.1.1 に特定避難時間と通常火災終了時間を定める公設常備消防による活動のイメージを示す。これらの活動に必要となる時間がそれぞれ特定避難時間と通常火災終了時間となる。また、火災区画内の温度と経過時間を活動状況と合わせて、検索活動の観点から図 6.1.2 に、消火の観点から図 6.1.3 に示す。建築物の主要構造部に要求する準耐火時間については、消火活動の観点と検索活動の観点から決まる2つの時間があり、火災が発生した後、

- ① 自動火災報知設備による感知、公設常備消防への通報、公設常備消防が受信・出動
- ② 公設常備消防の移動・現地到着・情報収集・火災室の確認、火災室への移動、資材の搬送、放水のためのホース延長等の準備・確認等(在館者の避難含む)
- ③ 検索活動開始・放水活動開始
- ④ 検索活動終了・放水活動終了(=残火処理開始)
- ⑤ 退避完了

を実際に実施する上で必要な①～⑤全体の時間について、検索活動を含む避難の観点からは実特定避難時間、消火の観点からは実火災終了時間として、これを標準火災に置き換えた固有・補正固有特定避難時間、固有・補正固有通常火災終了時間との関係を示す。

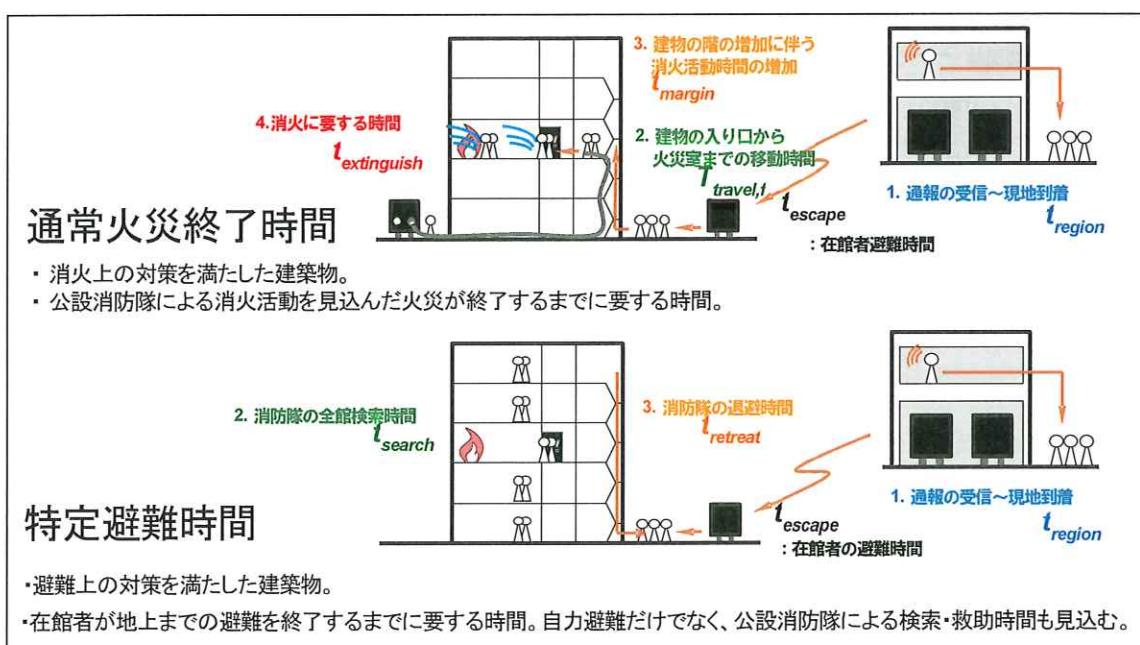


図 6.1.1 通常火災終了時間と特定避難時間を定める公設常備消防による活動のイメージ

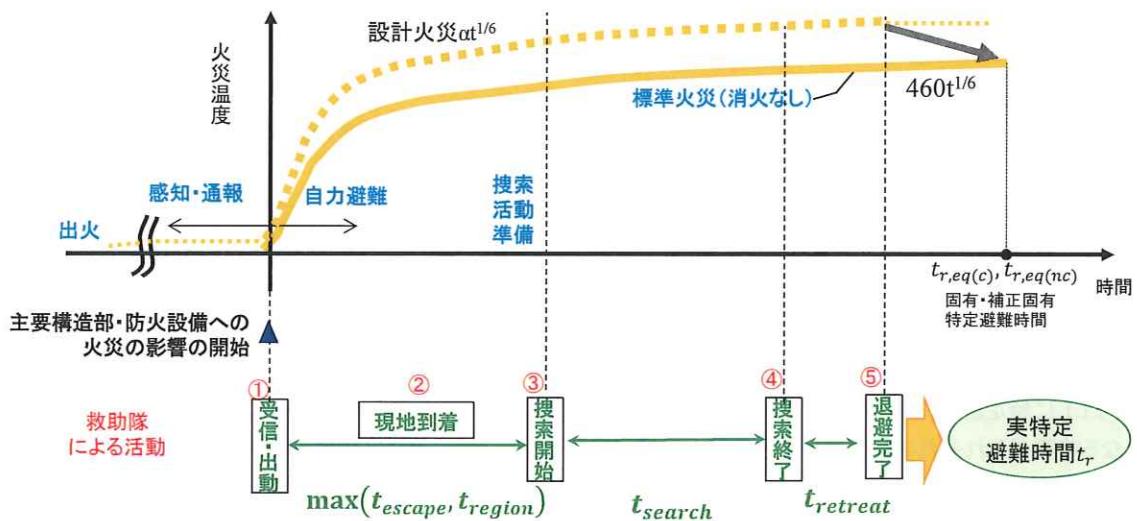


図 6.1.2 区画火災の進展と経過時間(特定避難時間)の関係

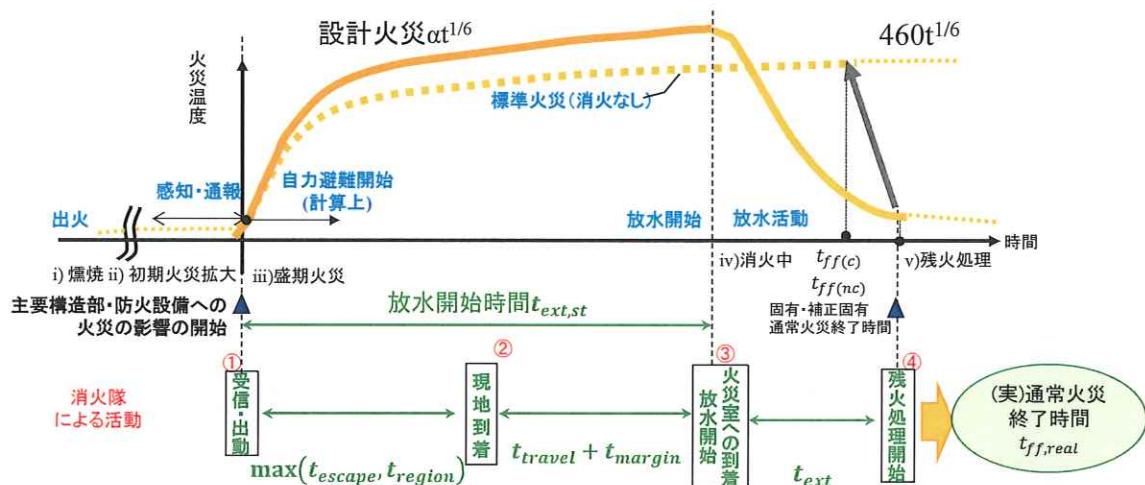


図 6.1.3 区画火災の進展と経過時間(通常火災終了時間)の関係

表 6.1.1 主要構造部を避難時・火災時倒壊防止構造とする建築物の前提条件となる要求仕様

目的	消火上の対策	避難時倒壊防止構造の建築物 (平27年国交告第255号第1項 第1号)	火災時倒壊防止構造の建築物 (令元年国交告第193号第1項 第1号)	75分間準耐火構造の建 築物(令元年国交告第 193号第1項第2号)
火災規模の制限	内装材料等に応じた区画・スプリンクラー設備等の設置	一(令第112条) ホ	イ・チ	ハ・ニ・ト
	区画貫通部等の措置	一(令第112条)	ロ・ハ	ホ・ヘ
上階延焼の防止	外壁開口部へ防火設備の設置	ロ	ホ(計算により評価)	リ(計算により評価)
在館者の早期避難・消防隊の早期活動開始、活動の円滑化	直通階段の設置	イ	ニ	チ
	自動火災報知設備の設置	ハ	ヘ	ヌ
	廊下への排煙設備の設置	平27年国交告第255号第1第7項の出火階における歩行速度により排煙設備を考慮	平27年国交告第255号第1第7項の出火階における歩行速度により排煙設備を考慮	ル
消防活動拠点の確保	区画された階段室・付室	イ	ニ	チ・ル
地上における安全確保	敷地内通路の確保	ニ	ト	ヌ
消防活動の円滑化	用途地域内外の別	ホ 平27年国交告第255号第1第4項の公設常備消防の現地到着時間により評価	チ 平27年国交告第255号第1第4項の公設常備消防の現地到着時間により評価	ヲ

なお、表中イ～ヲについては、各告示において内容が異なるため、告示を参照すること。

表 6.1.2 各種建築物の主要構造部の技術基準

要件	建築物の部分	準耐火構造 (令第107条の2)	1時間準耐火基準 (令第112条第2項)	避難時倒壊防止構造 (令第110条)	火災時倒壊防止構造 (令第109条の5)
非損傷性	間仕切壁(耐力壁)				
	外壁(耐力壁)				
	柱、床、はり	45分間	1時間	特定避難時間	通常火災終了時間
遮熱性	屋根(軒裏を除く)、階段	30分間	30分間	30分間	30分間
	壁 ^{※1} 、床、軒裏 ^{※2}	45分間	1時間	特定避難時間	通常火災終了時間
遮炎性	外壁 ^{※1}	45分間	1時間	特定避難時間	通常火災終了時間
	屋根	30分間	30分間	30分間	30分間

(※1)非耐力壁である外壁の延焼のおそれのある部分以外の部分にあっては30分間。

(※2)外壁によって小屋裏等と防火上有効に遮られているものを除き、延焼のおそれのある部分以外の部分にあっては30分間。

主要構造部を避難時倒壊防止構造とする建築物では、主要構造部に要求する準耐火時間について公設常備消防による全館の検索時間(t_{search})と建築物からの公設常備消防の退避時間($t_{retreat}$)を算定することとなる。主要構造部を避難時倒壊防止構造とする建築物の面積区画の制限は令第112条によるもの、主要構造部を火災時倒壊防止構造とする建築物においては通常の消火の措置により消火に要する時間(通常火災終了時間)を計算する上で共通する部分も多いため、併せて記載する。

法第27条第1項の主要構造部を避難時倒壊防止構造とする建築物では、平27年国交告第255号を適用できる建築物の条件が、同告示第1第1項に記載されている。その内容は表6.1.1及び以下イ～ホに示すとおりであり、前述した通り、主要構造部を火災時倒壊防止構造とする建築物の例示仕様の構成と類似であるものの区画の条件は多くない。ただし、それぞれの条件については、さらに要求仕様や緩和の等の条件が平27年国交告第255号に定められているので参考のこと。

- イ 二階以上の階に居室を有するものにあっては告示に定める直通階段(傾斜路を含む。)が設けられていること
- ロ 他の外壁の開口部から延焼するおそれがある外壁に設けられた開口部に法第2条第9号の2ロに規定する防火設備が設けられていること
- ハ 居室に避難上支障がないよう自動火災報知設備が設けられていること
- ニ 幅員3m以上の敷地内通路が設けられていること
- ホ 敷地が用途地域が定められている土地の区域内にない場合はスプリンクラー設備等を設けること

これらの条件を満たした上で、主要構造部等を表6.1.2の仕様とする。なお、本告示に基づき算定される時間は、建築物内の居室毎に算定し、そのうちの最大の時間を建築物全体の主要構造部に適用することになる。つまり、一の建築物に対して、特定避難時間はそれぞれ1つずつ定まることになる。

主要構造部を避難時倒壊防止構造とする建築物では排煙設備の設置を公設消防隊が廊下を歩行する速度の条件として考慮している。そして、消防活動の円滑化に関しては、平27年国交告第255号第1第4項において公設常備消防の現地到着時間に応じて評価することが可能となっている。なお、消防活動拠点に用いる付室付きの階段、外壁開口部の上階延焼防止に関する制限、敷地内通路の確保、自動火災報知設備の設置等は主要構造部を火災時倒壊防止構造(令元年国交告第193号第1項第1号)と75分準耐火構造(令元年国交告第193号第1項第2号)とする例示仕様と同様に規定されている。

図6.1.4の左に、主要構造部を避難時倒壊防止構造とする建築物の検証のフローを示す。なお、公設常備消機関が活動を開始する以前に、在館者が地上まで避難できていることが前提条件に含まれている。

次に、延焼するおそれがある範囲にある外壁の開口部に防火設備について要求条件に適合することを確認する。耐火建築物や耐火性能検証法を適用した建築物では、令第112条16項の規定を適用して上階を含む屋外を通じた延焼防止の対策としている。主要構造部を避難時倒壊防止構造とする建築物においても同様に令第112条16項の規定は適用されるが、主要構造部を避難時倒壊防止構造とする建築物においては、木造3階建て学校の実大火災実験¹⁾等で明らかのように、複層にわたる火災が発生すると通常の消防活動は困難となることから、外壁の開口部で建築物の他の部分から当該開口部へ延焼するおそれがあるものとして政令で定めるものに防火設備を設置することを求める。この防火設備は従来の20分間の遮炎性の防火設備ではなく、火災性状(火災室内温度や継続時間)、庇、スプリンクラー設備などを考慮した上で火災室への公設常備消防による放水が開始されるまでの間、有効に遮炎性能を確保できる上階延焼抑制防火設備とする必要がある。

また、従来の3階建て学校や共同住宅の例示仕様も、同様に平27国交告第255号に定められている。

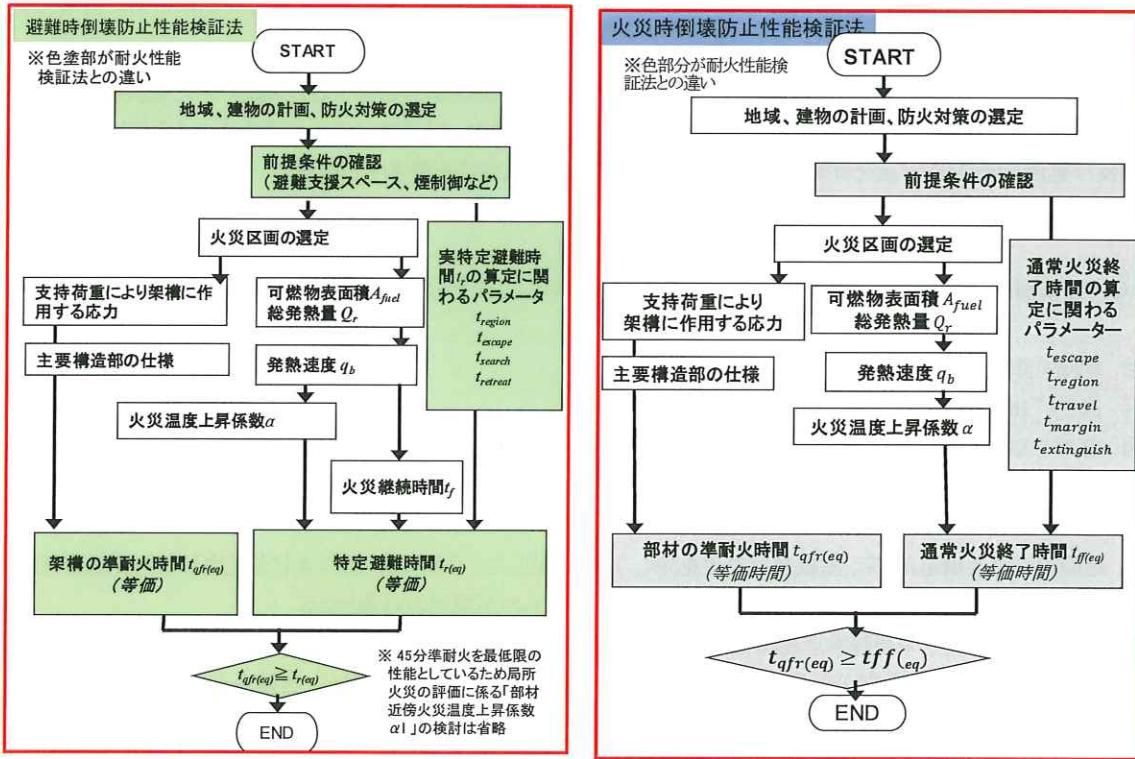


図 6.1.4 主要構造部を避難時・火災時倒壊防止構造とする建築物の検証のフロー図

6.1.2 火災時倒壊防止構造とした建築物の概要

法第 21 条第 1 項は、主要構造部に木材等の可燃材料を使用した建築物の規模(高さ)の観点から、火災時に倒壊する際の影響の大きさから、公設常備消防による消火の措置により消火され、結果的にその影響を少なくするように建築物に倒壊及び延焼を防止することを目的に主要構造部に必要な準耐火性能を要求する規制で、適用の対象は以下の通りである。

主として中高層木造建築物に関する規制として、図 6.1.5 に示すようにその階数・規模が、

第 1 号 地階を除く階数が 4 以上あるもの

第 2 号 高さが 16m をこえるもの

第 3 号 倉庫や車庫、工場等の用途に供する特殊建築物(法別表第 1(い)欄(5)項又は(6)項)で高さが 13m を超えるもの

を対象としている。

また、建築物の主要構造部(床、屋根及び階段を除く。)の材料として、令第 109 条の 4 に規定される主要構造部のうち自重又は積載荷重を支える部分に木材等の可燃材料を用いたものが規制の対象となる。

なお、ただし書きにより、中高層木造建築物であってもその周囲に延焼防止上有効な空地(令第 109 条の 6)として、図 6.1.6 のように当該建築物の各部分から当該空地の反対側の境界線までの水平距離が、当該各部分の高さに相当する距離以上あるものは規制の対象とはならない。

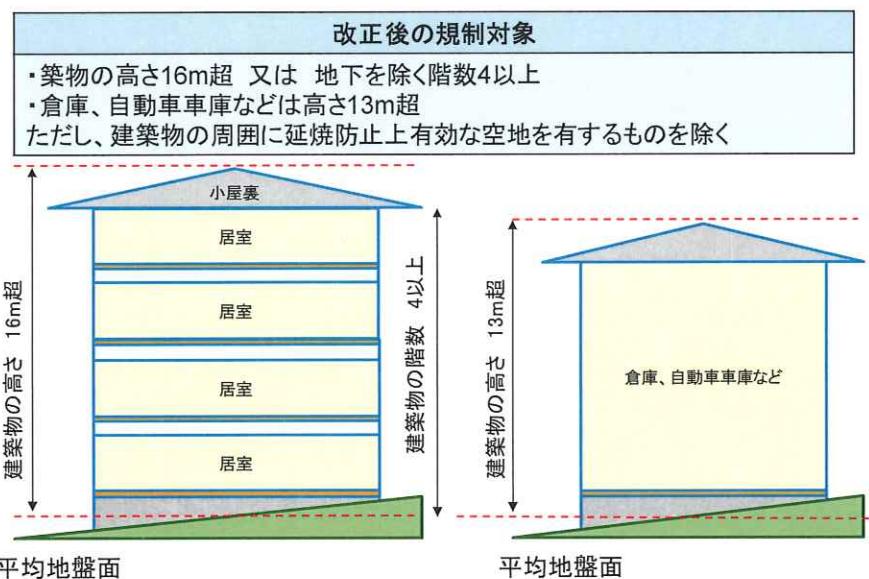
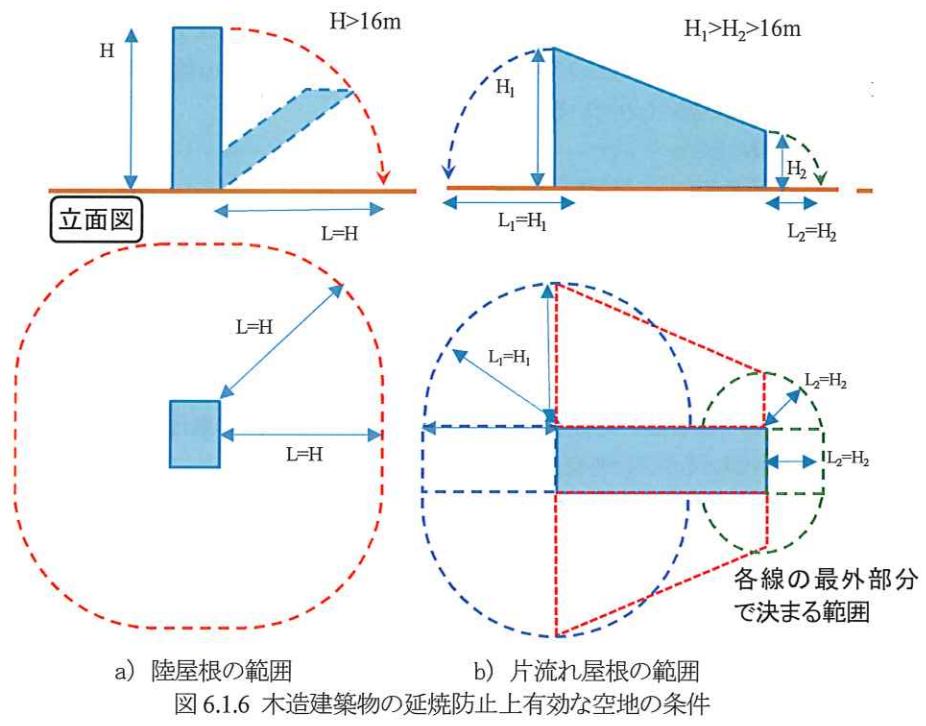


図 6.1.5 規制の対象となる木造建築物の階数・高さ



法第21条第1項は、上記の建築物に対して、

[3] 主要構造部に、

- [3]-i) 通常火災終了時間が経過するまでの間当該火災による建築物の倒壊及び延焼を防止するために主要構造部に必要とされる性能に関して政令(令第109条の5)で定める技術的基準に適合することが要求され、かつ、
[3]-ii) 土木大臣が定めた構造方法を用いるもの又は土木大臣の認定を受けたものとすることが要求される。

法第21条第1項の主要構造部を火災時倒壊防止構造とする建築物では、令元年国交告第193号を適用できる条件が、同告示「第1第1項」に記載されている。その内容は表6.1.1および以下イヘチに示すとおりである。

- イ 建築物を区画面積 100 m² 以内ごとに火災時倒壊防止構造の床若しくは壁又は通常火災終了時間防火設備で区画すること。ただし、表 6.1.3 に示すとおりスプリンクラー設備や内装の制限、防火設備の種類等に応じて、火災時のリスクが等価になるよう区画面積が設けられている。
 - ロ 給水管等が区画を貫通する部分に延焼防止措置をすること
 - ハ 換気等設備の風道が区画を貫通する部分に延焼防止措置をすること
 - ニ 二階以上の階に居室を有するものにあっては告示に定める直通階段(傾斜路を含む。)が設けられていること
 - ホ 他の外壁の開口部から延焼するおそれがある外壁に設けられた開口部に法第 2 条第 9 号の 2 ロに規定する防火設備が設けられていること
 - ヘ 居室に避難上支障がないよう自動火災報知設備が設けられていること
 - ト 幅員 3m 以上の敷地内通路が設けられていること
 - チ 敷地が用途地域が定められている土地の区域内にない場合はスプリンクラー設備等を設けること

また、法第21条第1項の主要構造部を75分間準耐火構造とする建築物が、令元年国交告第193号第1第2項に例示されている。その適用条件は表6.1.1および以下イ～ヲに示すとおりである。

- イ 地階を除く階数が4以下であること

- ロ 法別表第1(い)欄(五)項又は(六)項に掲げる用途に供するものではないこと
- ハ 建築物を区画面積 200 m² 以内ごとに 75 分間準耐火構造の床若しくは壁又は 75 分間防火設備で区画すること。
ただし、表 6.1.3 に示すとおりスプリンクラー設備や内装の制限、防火設備の種類等に応じて、火災時のリスクが等価になるよう区画面積が設けられている。
- ニ スプリンクラー設備を設けること
- ホ 給水管等が区画を貫通する部分に延焼防止措置をすること
- ヘ 換気等設備の風道が区画を貫通する部分に延焼防止措置をすること
- ト 天井の内装仕上を準不燃材料ですること
- チ 二階以上の階に居室を有するものにあっては告示に定める直通階段(傾斜路を含む。)が設けられていること
- リ 他の外壁の開口部から延焼するおそれがある外壁に設けられた開口部に法第2条第9号の2ロに規定する防火設備が設けられていること
- ヌ 居室に避難上支障がないよう自動火災報知設備が設けられ、幅員 3m 以上の敷地内通路が設けられていること
- ル 避難経路に排煙設備を設けるか又は外気に有効に開放されていること
- ヲ 敷地が用途地域が定められている土地の区域内にあること

このように、公設消防隊の活動のための廊下の排煙設備の設置については、火災時倒壊防止構造では排煙設備の設置を公設消防隊が廊下を歩行する速度の条件として考慮しており、主要構造部を 75 分準耐火構造とする例示仕様では設置を義務としている。そして、消防活動の円滑化に関しては、火災時倒壊防止性能検証法では平 27 年国交告第 255 号第 1 第 4 項に定める公設常備消防の現地到着時間に応じて評価することとなっており、主要構造部を 75 分準耐火構造とする例示仕様では、用途地域が定められている土地の区域内にある建築物であることを条件としている。

なお、消防活動拠点に用いる付室付きの階段、外壁開口部の上階延焼防止に関する制限、敷地内通路の確保、自動火災報知設備の設置等の仕様が告示に例示されている。

図 6.1.4 の右に、主要構造部を火災時倒壊防止構造とする建築物の告示適用への検証のフローを示す。

通常火災終了時間の算定のため、図 6.1.1 に示した公設消防隊の活動等に関する各時間が令元年国交告第 193 号第 1 第 4 項に規定されている。詳細は割愛するが、用途地域内外の別に応じた公設常備消防の現地到着時間(t_{region})と地上から公設常備消防が火災室へ移動するまでに要する時間(t_{travel})等が規定されている。また、公設常備消防が活動を開始する以前に、在館者が地上まで避難できていることが条件に含まれている。

表 6.1.3 主要構造部を火災時倒壊防止構造とする建築物の区画の条件

建築物の部分	床面積の合計の上限(単位 m ²)	
	火災時倒壊防止構造 (令元年 国交告第 193 号第 1 項第 1 号)	75 分間準耐火構(令元年国交 告第 193 号第 1 項第 2 号)
スプリンクラー設備等の設置:設置義務無し 内装制限 天井の仕上げ:準不燃材料 壁の仕上げ:制限無し 通常火災終了時間防火設備:常時閉鎖または隨時閉鎖	100 以内	
スプリンクラー設備等の設置:有り 内装制限 天井の仕上げ:準不燃材料 壁の仕上げ:制限無し 通常火災終了時間防火設備:常時閉鎖または隨時閉鎖	200 以内	
スプリンクラー設備等の設置:有り 内装制限 天井の仕上げ:準不燃材料 壁の仕上げ:制限無し 通常火災終了時間防火設備:常時閉鎖	500 以内	
スプリンクラー設備等の設置:有り 内装制限 天井の仕上げ:準不燃材料 壁の仕上げ:準不燃材料 通常火災終了時間防火設備:常時閉鎖	600 以内	

表 6.1.4 主要構造部を 75 分間準耐火構造とする建築物の主要構造部の仕様

主要構造部等への要求性能			
壁・柱・床・はり・屋根の軒裏	階段室の壁	外壁開口部	内部区画開口部
75 分間準耐火構造	120 分間(壁に木材使用の場合) 90 分間(壁に木材不使用の場合)	20 分間防火設備	75 分間防火設備

耐火建築物や耐火性能検証法を適用した建築物では、令第 112 条 16 項の規定を適用して上階を含む屋外を通じた延焼防止の対策としている。主要構造部を火災時倒壊防止構造とした建築物においても同様に令第 112 条 16 項の規定は適用されるが、木造 3 階建て学校の実大火災実験¹⁾ 等で明らかなように、複層にわたる火災が発生すると通常の消防活動は困難となることから、外壁の開口部で建築物の他の部分から当該開口部へ延焼するおそれがあるものとして政令で定めるものに防火設備を設置することを求める。この防火設備は従来の 20 分間の遮炎性の防火設備ではなく、火災性状(火災室内温度や計測時間)、庇、スプリンクラー設備などを考慮した上で公設常備消防による火災室への放水が開始されるまでの間、有効に遮炎性能を確保できる上階延焼抑制防火設備とする必要がある。

実際の建築物の区画火災では、区画の大きさや開口面積、区画内可燃物や区画を構成する材料の熱特性等様々な条件により区画内の温度が異なり、区画外への延焼がなければ火災が終了する時間も異なる。そのため、区画内の温度や火災が終了する時間は、区画の条件が決まらないと具体に「〇〇分間」とは決まらない。また、区画外へ延焼防止するために区画を構成する部位への要求性能は、「ものさし」としての「通常の火災」の温度(標準温度曲線)を決めた上で次の 2 つのいずれかの方法により確認ができる。

1] 区画内の温度を標準温度曲線に換算して要求時間として決め、この標準温度曲線に従った試験により確認できた部材の保有性能時間が要求時間を上回ることを確認する方法

2] 標準温度曲線に従った試験により確認できた部材の保有性能時間を区画内の温度に応じて換算した保有性能時間が区画内の火災継続時間を上回ることを確認する方法

法第 21 条第 1 項では、上記 1] の「区画内の温度」を示す指標として火災温度上昇係数 α 、通常の消火の措置を考慮した上で、上記 1] の「火災が終了する時間」が通常火災終了時間に相当するとしており、区画の条件に従って算出された「火災が終了する時間〇〇分間」を通常火災終了時間と区別するために、固有通常火災終了時間(建築物内の区画で最も長い時間をその建築物の通常火災終了時間)としている。

また、主要構造部に燃えしろを設けて準耐火性能を持たせる場合、「固有通常火災終了時間」を算定した構造とは異なる応力条件を想定していることから、火災時倒壊防止性能検証法においては「補正固有通常火災終了時間」として区別して定義する。

これらの名称の付け方は、主要構造部を避難時倒壊防止構造とした建築物においても同様である。

6.2 従来の燃えしろ設計と避難時・火災時倒壊防止構造の燃えしろ設計

避難時倒壊防止構造を例示する平27年国交告第255号、火災時倒壊防止構造を例示する令元年国交告第193号において、非損傷性、遮熱性・遮炎性をもつ耐力壁・非耐力壁・床の燃えしろが例示された。1時間超の準耐火構造においては、従来の1時間までの準耐火構造に比べて安全率を設けている。以下、1時間超の準耐火時間に関する安全率の考え方を示す。

通常火災終了時間・特定避難時間は、在館者や消防活動上の安全性を確保するために、個々の部材の崩壊や遮熱性の喪失等をさせないことで、建築物全体の倒壊と延焼を防止するものである。特に消火活動においては、火勢鎮圧後の収納可燃物の残火処理だけでなく、壁や床等の主要構造部内の残火処理も必要であるなど、直接的な火災加熱以後の性能も一定程度確保する必要がある。しかし、これまでの主要構造部の国土交通大臣の認定のための性能評価では、終局性能に達するまでの耐火試験を実施することは少なく、一定時間の加熱をもって試験を終了している。そのため、終局状態に達するまでの時間の余裕度や安全性が明確でない。

主要構造部について、耐火試験から得られる準耐火性能の終局点となる時間(性能限界時間 t_{limit})には、その材料の品質等により、一定のばらつきが見込まれる。主要構造部に使用される材料に関しては、木材では一定の品質を確保したJAS材、その他材料については、原則JIS等の公的規格等に適合した材料の使用が必要となるが、同一規格の材料であっても、品質には一定の幅が認められている。

1時間以下の準耐火構造にも安全率は考慮されているものの、1時間超の耐火試験や木造建築物の火災では加熱温度が1000°Cを超えるため、防火被覆等の材料の劣化が著しく、ばらつきも大きくなり²⁾、例えば、不燃性の防火被覆(せっこうボードなど)であっても熱分解³⁾が生じるなど、不安定な現象が生じやすくなる。さらに、同一規格JAS材の加熱実験における炭化深さの既往の測定結果²⁾を図6.2.1に示すが、50~60分付近を境に炭化深さのばらつきが大きくなることがわかる。

耐火試験は、実際の火災を理想化・単純化した標準加熱温度による加熱によって評価するため、標準加熱を超える火災温度と標準加熱との等価性確保、さらに、建築材料の品質等に起因するばらつき、試験により検証できる試験体が極めて限定的であることなど種々の不確定要因が影響するため、火災鎮圧後の建築物の安全性を確保するためには一定の安全性を確保する必要がある。

種々の設計法における安全率の設定方法には、一律の安全性を見込んだ割増し係数を設定する方法や、材料のばらつきを考慮した統計的な手法に基づく方法等がある⁴⁾。例えば、耐火性能等の評価に関する防火設備などの区画材の欧州規格(EN 1634-1)⁵⁾では、仕様の拡張などを含めて評価する際に、要求性能の約1.1~1.2倍の終局性能を要求するよう安全率を設定している。これらを踏まえ、準耐火構造の評価にあっては、性能評価試験の回数が2回に限られることや、前述の長時間加熱の不確実性を考慮し、より安全側となる $f_s=1.2$ をもって評価している。なお、複数の耐火試験によって得られる終局時間のうち、最も短い時間を性能限界時間 t_{limit} とし、安全率 f_s を見込んだ以下の式によって得られる時間を特定準耐火時間 t_{qfr} と定義している。

$$t_{qfr} = t_{limit} / f_s$$

f_s :長時間加熱時の性能喪失等に関係する種々の不確定要因に対する安全率

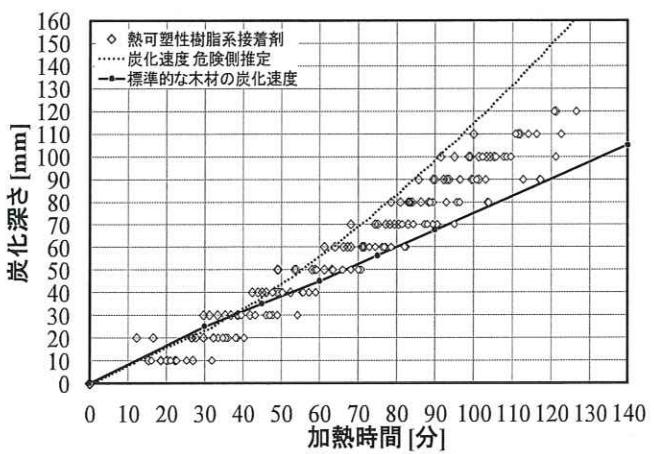


図 6.2.1 同一規格 JAS 材の加熱実験における炭化深さの既往の測定結果²⁾

【参考文献】

- 1) 成瀬友宏他、木造3階建て学校の火災安全～実大火災実験～、国立研究開発法人建築研究所、建築研究資料、No.186号、令和3年5月(国土技術政策総合研究所、国土技術政策総合研究所資料、No.970号)
- 2) 中野裕晶他:CLTパネルを用いた建築物の防耐火技術の開発:(その3)CLTパネルの炭化速度、p.155-156、2015
- 3) 平成22年度 国土交通省「木造建築基準の高度化推進事業」(研究代表者:長谷見雄二)報告書、平成23年3月
- 4) 「F6 防火被覆等の仕様にバリエーションを有する木・鉄骨系防耐火構造の壁および柱の合理的な性能評価に関する検討」建築基準整備促進事業成果報告資料,
http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/copy_jutakukentiku_house Tk_000064.html
- 5) EN1634-1 Fire resistance and smoke control tests for door and shutter assemblies, openable windows and elements of building hardware

6.3 火災時・避難時倒壊防止構造とした主要構造部に対する要求性能

(75分間準耐火構造、火災時・避難時倒壊防止性能検証法)

6.3.1 長時間の火災加熱を受ける木質材料の炭化速度と残存断面

法第21条、法第27条の規定に基づき、主要構造部を火災時・避難時倒壊防止構造とする場合、部材を防火被覆型として構造体の炭化を抑制して性能を確保する方法と、日本農林規格に適合する大断面の木質構造材料を現ししたい場合に適用する構造設計に基づく方法がある。

燃えしろ設計では、大断面集成材、CLTパネル、LVLパネル等の木質構造材料からなる主要構造部やその接合部に関する、要求準耐火時間(補正固有特定避難時間、補正固有通常火災終了時間)の性能を確保するためには、火災時における構造体の燃焼・炭化に伴う断面減少(燃えしろ)を考慮して、残存断面を十分に確保することで部材の性能を確保することになる。

木材は、火災時に火炎や高温ガスから加熱を受けると着火し、加熱を受けた表面から熱分解が進み、炭化層を形成する。木材は加熱初期には激しく燃える。しかし、木材の表面に炭化層が形成され、維持されると、炭が断熱材の役割を果たして、燃焼が緩やかになる。特に大断面の集成材や木質パネル等の厚さが大きい部材では、火災が一定の時間継続しても残存断面の荷重支持能力に期待することもできる。燃えしろ設計ではこのような木材の燃焼特性と残存断面の性能を生かして、部材や接合部の火災時の耐力設計を行うことになる。

燃えしろ設計の制定当時は、30分間の火災加熱に対して、燃えしろ寸法が、集成材で2.5cm、製材で3cm、残存断面の小径が10cm以上となることが想定されていた。しかし、火災による加熱が長時間継続すると、木材が炭化する厚さが増加し、炭化層が脱落しやすくなるため、より大きな部材断面が必要となる。さらに木材の残存断面が小さく、長時間高温に保持されると、部材の未炭化部の残余耐力が低下するおそれがあるため一定以上の残存断面が必要となる。火災が長時間化したとしても、木質部材に十分な断面厚さが確保されるとともに、断面内部に亀裂等の損傷が存在しなければ、従来の燃えしろ設計の考え方を利用することが可能となる¹⁴¹⁵。これらを考慮し、火災時倒・避難時倒壊防止性能検証法においては、残火処理等の消防活動時における内部温度の上昇を一定程度に抑制するために小径20cm以上の残存厚さを確保することとしている。以下では、木質構造材料の燃えしろ設計について、詳述する。

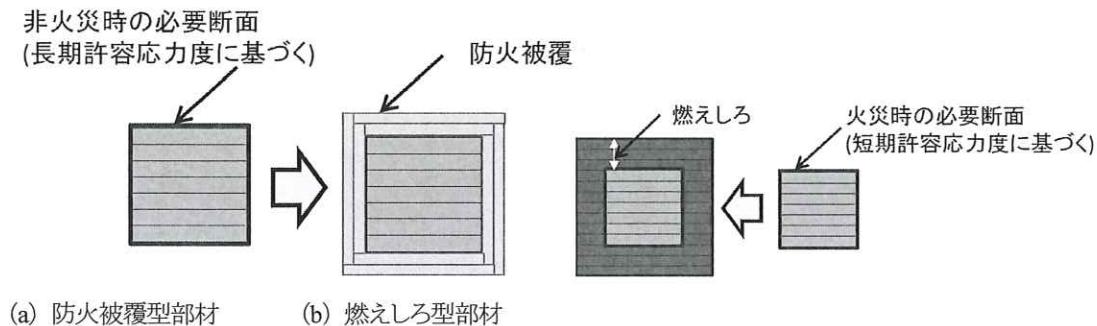


図6.3.1-1 燃えしろ型と防火被覆型部材における必要断面の概念

木質系構造材料を用いた部材は、火災時に火熱を受けて部材表面が約240~260°Cに達するとから木材の主成分であるセルロース、ヘミセルロースが急激に熱分解する。熱分解時には可燃性のガスを放出するとともに、表面に炭化層が形成される。木材の熱分解が進展し炭化するに従って収縮するため、炭化層には接着層や繊維方向に直交する多数

¹⁴ 令和元年度 建築基準整備促進事業 F13 屋根・軒裏の開口部等の建築物の部分における防火措置の検討 報告書

¹⁵ 石田誠忠(千葉大)・石田雄大・戸塚真里奈・平島岳夫 標準火災加熱を受ける集成材梁の耐力評価手法の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道) 2022年9月 p155-158

の亀裂が発生する。炭化のしやすさや亀裂の発生状況は、ラミナ厚さや樹種等によって異なるが、炭化層が剥離せずに部材に固着している場合には、その熱伝導率が小さいため熱を伝えにくく、未炭化の木材の熱分解速度が緩やかとなることが知られている¹⁶⁾。また、木材内部の含水率などの影響もあるが、未炭化の木材自体も断熱性が高いため、大断面の部材では内部や裏面温度が低温に保たれることができている¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾。

図 6.3.1-2 は、通常の火災を再現した標準加熱温度曲線による 3 時間を超える加熱試験時のスギ CLT パネル内部の温度推移である。図には、熱硬化性のレゾルシノール・フェノール系樹脂接着剤(使用環境 A:フェノール樹脂等「PRF」)と、熱可塑性の水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤(使用環境 B 相当のフェノール樹脂等以外の接着剤、「API」と記す。)によって、積層面を接着された CLT パネル(ラミナ厚さ 30mm)の部材内部温度が示されている²⁰⁾。この CLT パネルは、幅はぎ部分(ラミナの側面)の接着がなされていないものである。

標準火熱温度曲線による加熱試験では、60 分時点の火災温度は約 950°C になる。このとき、CLT パネルの内部温度は、加熱表面から 30mm の位置で 300°C 程度に達するが、深さ 60mm の位置では、60°C 程度までにしか上昇せず、部材内部ほど温度が低温となることがわかる。その一方、60 分前後のフェノール樹脂等の CLT パネルと API 系樹脂接着剤の部材内部温度を比較すると、API 系樹脂接着剤の部材内部温度が急激に上昇していることがわかる。これは、接着剤の耐熱性が低いため、炭化したラミナが接着層部分で剥離して脱落したためである。このように、接着層で炭化層が脱落すると断熱材の役割を果たせず、内部の温度も上昇しやすくなる。90mm や 120mm では接着剤による内部温度の上昇の差がより顕著となることから、長時間の火災となる場合には大きな影響を及ぼすことが分かる。図 6.2.1-3 に示したとおり、耐熱性の低い接着剤を用いると、剥離した面が高温の火熱に曝されるため、火災温度が高くなるとより炭化速度が大きくなる傾向がある。

接着剤については、フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂及びレゾルシノール・フェノール樹脂(以下、「フェノール樹脂等」と記す。)を用いる場合は、それ以外の接着剤を用いる場合に比べて炭化速度が遅く、燃えしろ設計上是有利に働くことから、防火関連告示では、これらの結果を踏まえて、「直交集成板(CLT)」、「構造用集成材」、「構造用単板積層材(LVL)」の 3 種の日本農林規格に適合する木質材料(以下、「CLT パネル等」と記す。)を用いた壁、床、屋根の燃えしろ設計が規定されている。特に、燃えしろ設計で利用する場合は、火災時においても高度の接着性能を要求される環境として、日本農林規格で定める使用環境 A 又は B に適合する木質材料であることが求められる。また、CLT パネル、集成材パネルについては、接着剤の種類に応じて、最低ラミナ厚さも規定されており、フェノール樹脂等ではラミナ厚が 12mm 以上、それ以外ではラミナ厚が 21mm 以上のラミナを用いたパネルを燃えしろ設計に用いる必要がある。

API 系樹脂接着剤等で接着した CLT パネルを燃えしろ設計を利用する場合には、直交集成板の日本農林規格に基づき、加熱時間に応じて使用環境 A 又は B に掲げられる樹脂と同等以上の性能を有することが確かめられたものである必要がある。なお、美観を目的とした層や造作用集成材、造作用単板積層材等については、炭化速度に関する知見が十分でないため、燃えしろ寸法として含むことができないことに留意する必要がある。

図 6.3.1-3 は、長時間の標準火熱に曝される木質構造材料(スギ集成材、スギ CLT パネル)の加熱時間と炭化深さ(同様に 260°C に達した時点を炭化としている)との関係を示している。図中には、検証法上に規定される炭化速度係数に基づく加熱時間と炭化深さの関係(検証法:フェノール樹脂等、検証法:フェノール樹脂等以外)に基づく、加熱時間と炭化深さの推定値も併記している。1 時間程度の加熱に比べて、長時間の加熱を受ける場合、熱硬化性の接着剤を用いた材料では炭化速度が徐々に緩やかになる傾向がある。しかし、API 樹脂などの熱可塑性の接着剤を用いた材料では、ラミナの脱落によって炭化速度が増加していく傾向がある。120 分を超える時間で CLT パネル(API)の炭化深さが幾緩やかとなる傾向もみられるが、炭化の程度は、接着剤中の架橋剤等によって変化する高温時の接着性能に依存する²¹⁾。また、

16) 日本建築学会編:構造材料の耐火性ガイドブック, 2009

17) 中村賢一ら:木材工業, 40(12), 1985 あるいは 上川大輔ら:建築学会環境系論文集, 657 号, 2010

18) CLT パネルを用いた建築物の防耐火技術の開発 その 3 CLT パネルの炭化速度:中野裕晶(首都高速道路)・鈴木淳一・水上点晴・成瀬友宏・安井昇・原崇之・河合誠・長谷見雄二, 日本建築学会学術講演梗概 A-2 分冊, p.154-155, 2015

19) CLT パネルを用いた建築物の防耐火技術の開発 その 6 CLT パネルを用いた耐力壁の耐火性能:鈴木淳一(国土技術政策総合研究所)・河合誠・成瀬友宏・水上点晴・安井昇・原田浩司・長谷見雄二・塙崎征男, 日本建築学会学術講演梗概 A-2 分冊, p.160-161, 2015

20) 令和元年度 建築基準整備促進事業 F13 屋根・軒裏の開口部等の建築物の部分における防火措置の検討 報告書

21) 原田 寿郎, 宮武 敦, 上川 大輔, 平松 靖, 新藤 健太, 井上 明生, 宮本 康太, 塔村 真一郎, 秦野 恭典, 宮林 正幸, 木材の

集成材の出隅部分などでは、2方向からの加熱を受けるため一般部と比較して同じ時間でも炭化深さは大きくなる。既往の推定モデルによれば、木質構造材料の一般部の加熱時間と炭化深さの関係は概ね推定されることもわかる。

これらの結果に基づき、検証法においては木質構造材料の加熱時間と炭化深さの関係(隅角部を除く)を包含するよう接接着剤の種類をフェノール樹脂等、フェノール樹脂等以外に区分して、炭化速度係数により算定することとしている。表6.3.1-1、表6.3.1-2に示す通り、火災時・避難時倒壊防止構造の燃えしろ設計においては、標準火災時のスギ集成材・CLTパネル(使用環境A)の標準炭化速度を $CR_0=0.75\text{mm/min}$ としている。フェノール樹脂等では、それに炭化速度係数 $k_1=1.1$ を乗じた 0.825mm/min と $t(nc)$ (補正固有特定避難時間、補正固有通常火災終了時間)により炭化深さDを算出するものとしている。一方、フェノール樹脂等以外のものでは、加熱時間の区分に応じた炭化速度係数 k_2 を用いて炭化深さを算定するものとしている。

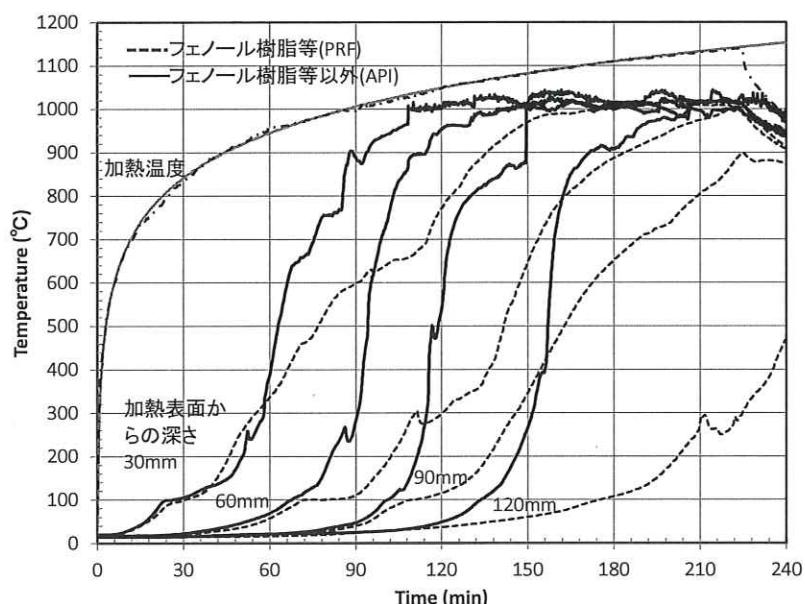


図 6.3.1-2 異なる接着材を用いた CLT パネルの内部温度

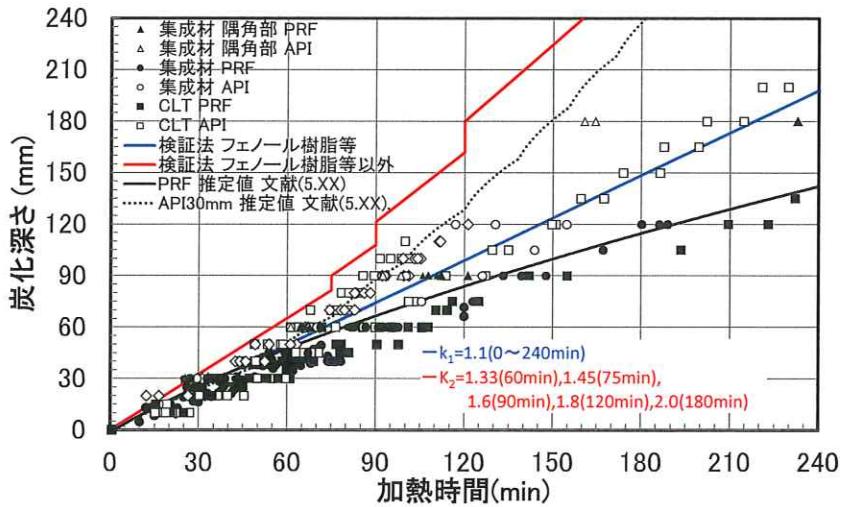


図 6.3.1-3 長時間加熱を受ける木質構造部材(スギ集成材、スギ CLT パネル)の炭化深さ

表 6.3.1-1 接着剤の種類に応じた燃えしろ深さ D

接着剤の種類	燃えしろ深さ D(cm)
フェノール樹脂等(フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂又はレゾルシノール・フェノール樹脂)	$D_1 = 7.5 \times 10^{-2} k_1 \cdot t_{(nc)}$
フェノール樹脂等以外のもの	$D_2 = 7.5 \times 10^{-2} k_2 \cdot t_{(nc)}$

ここに、 k_1 、 k_2 (告示中は k_c と表記される)は、それぞれ、フェノール樹脂等、フェノール樹脂等以外のものを接着剤に用いた木材等の炭化速度係数で、 $t_{(nc)}$ の区分に応じて、表 6.3.1-2 に掲げる値以上の値となる。

表 6.3.1-2 接着剤の種類に応じた炭化速度係数 k_c

$t_{(nc)}$ (min)	フェノール樹脂等 k_1	フェノール樹脂等以外のもの k_2
$t_{(nc)} \leq 75$		1.45
$75 < t_{(nc)} \leq 90$		1.6
$90 < t_{(nc)} \leq 120$	1.1	1.8
$120 < t_{(nc)} \leq 180$		2.0
$180 < t_{(nc)} \leq 240$		規定されていない(使用不可)

ここに、 $t_{(nc)}$ は、補正固有特定避難時間 $t_{r,qe(nc)}$ 又は、補正固有通常火災終了時間 $t_{ff(nc)}$ である。

(1) 壁、床、屋根

火災時・避難時倒壊防止構造とした建築物の主要構造部の壁、床、屋根に CLT パネル等を用いた場合の部材の必要断面寸法は、建築物の部分に要求される準耐火性能に応じた燃えしろ寸法(表 6.3.1-3)や必要厚さに基づき、構造計算により決定する。長期荷重による鉛直力を支持する主要構造部の非損傷性にあっては、表 6.2.1-1 に示す寸法が部材の火熱を受ける面から欠損したものとして構造計算を行う。防火被覆や主要構造部等で防火上有効に被覆されている部分については、欠損させなくてもよい。

準耐火性能のうち、遮熱性と遮炎性が求められる、鉛直力を支持しない非耐力壁(外壁、間仕切壁)にあっては、表表 6.3.1-4 に示す必要厚さ以上の部材断面寸法とする必要がある。CLT パネルにあっては、3cm 以上の残存断面が存在することと、互いに接着された平行層と直交層が存在する必要がある。これには、炭化が進み平行層や直交層が 1 層のみ残存する状況ではパネルとして面を構成することが期待できなくなることを防止する意図がある。また、炭化が進んだとしても遮熱性と遮炎性が損なわれないように、炎や高温ガスなどが裏面に貫通するような節や隙間が CLT パネルにあってはならない。

なお、CLT パネル等の壁、床、屋根に用いた燃えしろ設計は、準耐火構造及び 1 時間準耐火構造の構造方法に規定されており、法第 26 条第二号ロに基づく防火壁の設置を要しない建築物に関する技術的基準等(令第 115 条の 2 第一項第八号及び第九号)の規定による燃えしろ設計に利用できない。

表 6.3.1-3 準耐火性能(非損傷性)に応じた外壁・間仕切壁(耐力壁)、床及び屋根の燃えしろ寸法と条件

壁、床、屋根		準耐火性能					条件
直交集成板(CLT) 構造用集成材 構造用单板積層材(LVL)		30 分間 (屋根に限る)	45 分間	1 時間	75 分間	補正固有通常火災終了時間 $tr.eq(nc)$ 補正固有特定避難時間 $tff(nc)$	日本農林規格適合品に限る 使用環境:A 又は B に限る
接着剤の種類	フェノール樹脂等	2.5 cm	3.5 cm	4.5cm	6.5 cm*2	$Dt1=8.25 \times 10^2 tr.eq(nc)$ $D1=8.25 \times 10^2 tff(nc)$	*ラミナ厚さ:12mm 以上に限る *2 残存断面の厚さ 20cm 以上
	上記以外の接着剤	3 cm	4.5 cm	6 cm	8.5 cm*2	$D2=7.5 \times 10^2 kctff(nc)$ $D2=7.5 \times 10^2 kc tr.eq(nc)$	*ラミナ厚さ:21mm 以上に限る *2 残存断面の厚さ 20cm 以上

* 集成材・CLT の場合

表 6.3.1-4 要求準耐火時間(遮熱性、遮炎性)に応じた外壁・間仕切壁(非耐力壁)の必要厚さと条件

外壁・間仕切壁 (非耐力壁)		要求準耐火時間					条件
直交集成板(CLT) 構造用集成材 構造用单板積層材 (LVL)		30 分	45 分	1 時間	75 分 間	補正固有通常火災終了時間 $tr.eq(nc)$ 補正固有特定避難時間 $tff(nc)$	日本農林規格適合品に限る 使用環境:A 又は B に限る
接着剤の 種類	フェノール 樹脂等	6.5cm		7.5 cm	9.5 cm *2	$Dt1=8.25 \times 10^2 tr.eq(nc)+3$ $D1=8.25 \times 10^2 tff(nc)+3$	*ラミナ厚さ:12mm 以上に限る **残存断面(3 cm)に互いに接着された平行層と直交層が存在すること
	上記以外 の接着剤	7.5 cm		9 cm	11.5 cm*2	$D2=7.5 \times 10^2 kctff(nc)+3$ $D2=7.5 \times 10^2 kc tr.eq(nc)+3$	*ラミナ厚さ:21mm 以上に限る **残存断面(3 cm)に互いに接着された平行層と直交層が存在すること

* 集成材・CLT の場合

**CLT パネルの場合

(2) 柱、梁

建築物の主要構造部の柱、梁に集成材、LVL 等を用いた場合の部材の必要寸法は、建築物の部分に要求される準耐火性能に応じた燃えしろ寸法(表 6.3.1-5)に基づき、構造計算により決定する。長期荷重による鉛直力を支持する柱、梁の非損傷性にあっては、材料の種類に応じて表 6.3.1-5 に示す寸法が部材の火熱を受ける面から欠損したものとして構造計算を行う。防火被覆や主要構造部等で防火上有効に被覆されている部分については、欠損させなくてもよい。

表 6.3.1-5 準耐火性能（非損傷性）に応じた柱、梁の燃えしろ寸法と条件

外壁・間仕切壁(非耐力壁)	準耐火性能				条件
直交集成板(CLT) 構造用集成材 構造用单板積層材(LVL)	30 分間 45 分間	1 時間	75 分間	補正固有通常火災終了時間 $tr_{eq(nc)}$ 補正固有特定避難時間 $tff(nc)$	日本農林規格適合品に限る 使用環境:A 又は B に限る
接着剤の種類	フェノール樹脂等	6.5cm	7.5 cm	9.5 cm*2 $Dt1=8.25 \times 10^{-2} tr_{eq(nc)}$ $D1=8.25 \times 10^{-2} tff(nc)$	*ラミナ厚さ:12mm 以上に限る **残存断面(3 cm)に亘りに接着された平行層と直交層が存在すること
	上記以外の接着剤	7.5 cm	9 cm	11.5 cm *2 $D2=7.5 \times 10^{-2} kctff(nc)$ $D2=7.5 \times 10^{-2} kc tr_{eq(nc)}$	*ラミナ厚さ:21mm 以上に限る **残存断面(3 cm)に亘りに接着された平行層と直交層が存在すること

構造用製材 規定無し 規定無し

* 集成材・CLT の場合

**CLT パネルの場合

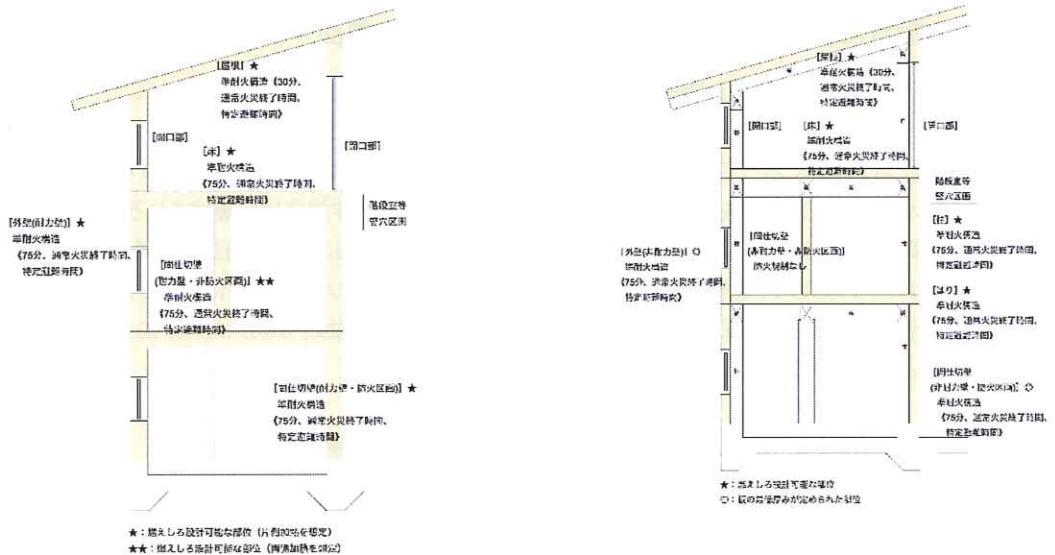
6.3.2 燃えしろ設計における火災外力（要求耐火時間、加熱面）の設定

主要構造部を火災時・避難時倒壊防止構造とした建築物においては、表 6.3.2-1 及び図 6.3.2-1 に示す柱、梁、壁、床、屋根及び軒裏に燃えしろ設計が適用可能である。特に CLT パネル等については壁、床及び屋根への利用が想定されることになる。なお、軒裏にあっては、CLT パネル等を用いた面戸板による構造を想定している。主要構造部のうち、表 6.3.2-2 に示すとおり長期荷重を負担する建築物の部分にあっては、非損傷性が要求されるとともに、「屋内において発生する通常の火災」(以下、「屋内火災」と記す。)又は「建築物の周囲において発生する通常の火災」(以下、「屋外火災」と記す。)の別に応じて、遮熱性もしくは遮炎性が要求されることになる。屋根に関しては、屋内火災に対する非損傷性と遮炎性が要求される。屋根の葺き材については、別途、防火地域、準防火地域、法 22 条区域などの規定に適合するものとする必要がある。

表 6.3.2-1 燃えしろ設計が可能な建築物の部分（仕口・接合部を含む）

30 分 (昭 62 建告第 1901 号、1902 号)	45 分準耐火構造 (平 12 建告第 1358 号)	1 時間準耐火構造 (令元国交告第 195 号)	75 分間準耐火構造	補正固有通常火災終了時間 $t_{req(nc)}$ (令元国交告第 193 号) 補正固有特定避難時間 $t_{ff(nc)}$ (平 27 国交告第 255 号)
柱 梁	柱 梁 間仕切壁（耐力壁） 間仕切壁（非耐力壁） 外壁（耐力壁） 延焼のおそれのある部分 の外壁（非耐力壁） 延焼のおそれのある部分 以外の外壁（非耐力壁） 床	柱 梁 間仕切壁（耐力壁） 間仕切壁（非耐力壁） 外壁（耐力壁） 外壁（耐力壁） 外壁（非耐力壁） 床	柱 梁 間仕切壁（耐力壁） 間仕切壁（非耐力壁） 外壁（耐力壁） 延焼のおそれのある部分の外 壁（非耐力壁） 延焼のおそれのある部分以外 の外壁（非耐力壁） 床 軒裏	柱 梁 間仕切壁（耐力壁） 間仕切壁（非耐力壁） 外壁（耐力壁） 延焼のおそれのある部分の外 壁（非耐力壁） 延焼のおそれのある部分以外 の外壁（非耐力壁） 床 軒裏
仕口・接合部	屋根（30 分準耐火構造）* 仕口・接合部	仕口・接合部	屋根（30 分準耐火構造）* 仕口・接合部	屋根（30 分準耐火構造）* 仕口・接合部

* 防耐火設計の観点からは、ルーフバルコニーや屋上等のように在館者が床として使用することが想定される屋根については、屋内火災に対しては床としての性能を満足することが望ましい。



(a) CLT パネル工法

(b) 軸組構造と CLT パネルの混構造

図 6.3.2-1 CLT パネル等による主要構造部の燃えしろ設計

表 6.3.2-2 主要構造部に要求される準耐火性能

主要構造部	要求性能				
	通常の火災		屋内火災		屋外火災
	非損傷性	遮熱性	遮炎性	遮熱性	遮炎性
柱	○	*	*	*	*
梁	○	*	*	*	*
間仕切壁（耐力壁）	○	○	○	—	—
間仕切壁（非耐力壁）	—	○	○	—	—
外壁（耐力壁）	○	—	○	○	○
延焼のおそれのある部分の外壁 （非耐力壁）	—	○	○	○	○
延焼のおそれのある部分以外の外壁 （非耐力壁）	—	○	○	○	○
床	○	○	○	○	○
屋根	○	—	○	—	—
軒裏(面戸板を含む)	—	—	—	○	○
階段	○	—	—	—	—

*柱、梁が火災区画又は防火区画の一部を構成する場合、木質系の柱、梁の構造は壁や床より部材断面が大きい、遮熱性と遮炎性が高いことが通常であることから、これらの性能については、要求準耐火性能として規定されていない。しかし、鋼構造等の柱や梁で被覆厚さが薄いもの等に関しては、部材に遮熱性と遮炎性能がないと、区画としての役割が果たせないため、当然に壁や床と同等以上の性能が必要となる。

主要構造部の燃えしろ設計では、通常の火災として屋内火災と屋外火災に対して検証することになる。具体には、要求される通常火災終了時間又は特定避難時間に対して、建築物の各部の準耐火性能を部位に対する要求性能に応じて検証することになる。以下では、屋内火災、屋外火災に対する各主要構造部の加熱面の設定の方法について解説する。

図 6.3.2-2 に示す建築物の場合、室内で発生する火災に対しては、法第 21 条の規定に関しては、令和元年 6 月 21 日国土交通省告示第 193 号第 1 第 1 項一号の規定に従い、原則 100m^2 以内毎に火災時倒壊防止構造の床若しくは壁又は通常火災終了時間防火設備で区画し、通常の消火措置を可能なるように防耐火設計がなされる。この区画を火災区画と呼び、区画面積の大きさは、建築物の部分の内装や防火設備、スプリンクラー設備の設置状況に応じて表 6.3.2-3 に示す 600m^2 まで拡大することが可能となる。また、法第 27 条の規定に関しては、令第 112 条に規定される防火区画内に火災が封じ込められるように適切に防耐火設計がなされる。

この火災区画及び防火区画(以下、火災区画等)を構成する壁や床の燃えしろ設計にあっては、壁や床は当該区画ごとに発生する火災を想定し、それぞれの火災区画等に面する表面ごとに加熱を受けるものとする。屋外火災に対しては、外壁の屋外に面する部分が加熱を受けることになる。火災区画で発生した火災による影響の及ぶ範囲を、火災区画等として図中に示している。

階段室、バルコニー及び付室を囲う壁(階段区画)には、火災時・避難時倒壊防止構造とした主要構造部に要求される通常火災終了時間又は特定避難時間よりも高い性能が要求される。当該壁を CLT パネル等の木材で構成した場合には他の主要構造部の 1.6 倍、不燃材料とした場合には 1.2 倍の準耐火性能を有する構造とする必要がある。また、階段区画については、燃えしろ設計とはできない。階段区画の内装制限については、不燃材料が要求される。防火被覆は、壁だけでなく、全ての部材が連続しておくことで弱点部分が生じにくくなることから、階段区画内の床、階段を含めて、防火被覆型の部材とすることが推奨される。

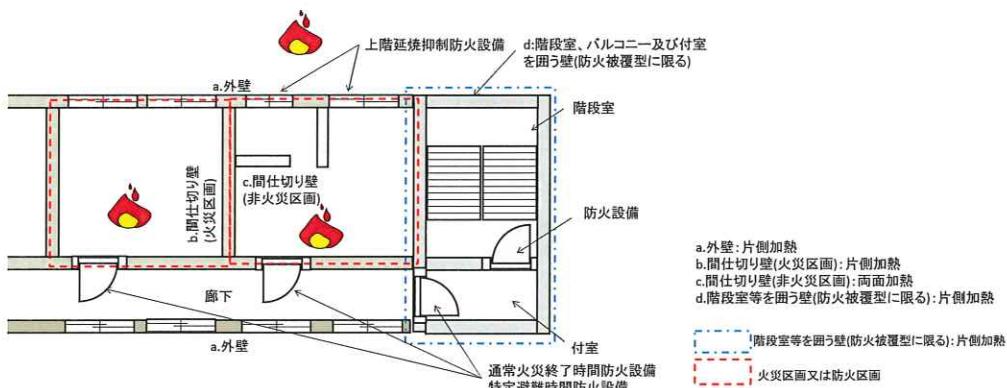


図 6.3.2-2 通常の火災と防火区画の関係

表 6.3.2-3 火災区画の条件と区画面積の上限

建築物の部分	床面積の合計の上限	
	火災時倒壊防止構造の規定 (第 1 項第一号)	75 分間準耐火構造の規定 (第 1 項第二号)
スプリンクラー設備等の設置: 設置義務無し 内装制限 天井の仕上げ: 準不燃材料 壁の仕上げ: 制限無し 通常火災終了時間防火設備: 常時閉鎖または随時閉鎖	100 m^2 以内	
スプリンクラー設備等の設置: 有り 内装制限 天井の仕上げ: 準不燃材料 壁の仕上げ: 制限無し 通常火災終了時間防火設備: 常時閉鎖または随時閉鎖		200 m^2 以内
スプリンクラー設備等の設置: 有り 内装制限 天井の仕上げ: 準不燃材料		500 m^2 以内

壁の仕上げ:制限無し 通常火災終了時間防火設備:常時閉鎖 スプリンクラー設備等の設置:有り 内装制限 天井の仕上げ:準不燃材料 壁の仕上げ:準不燃材料 通常火災終了時間防火設備:常時閉鎖	600 以内	
--	--------	--

(1) 屋内火災（火災区画又は防火区画に面する部材（床、壁、屋根）、区画内の部材）

図 6.3.2-3 は屋内において発生した火災による壁の加熱面を示している。また、表 6.3.2-4 は、間仕切壁の種別(耐力壁・非耐力壁)と想定する加熱である。なお、表中の火災区画又は防火区画を構成しない非耐力壁でも、防火上主要な間仕切り壁として、小屋裏又は天井裏に達せしめなければならない場合などは、耐力壁、非耐力壁の別に応じて加熱面を想定する。

主要構造部の残存断面を設定する際には、火災による火熱が部材表面に同時に加えられる恐れがあるかを考えれば良いので、火災区画等に面する外壁、間仕切壁は、屋内火災によって、壁の片側から加熱を受けることになる。それぞれのパネルに対して、パネルの構成、準耐火時間等に応じた燃えしろ寸法をその表面から減じて、残存断面を想定する。また、火災区画等に面する外壁や間仕切壁等から室内に突出する間仕切壁(耐力壁)は、壁の三面から加熱を受けることになる。そのような突出する壁にあっては、その一面に防耐火性能を有する壁が密着していれば、その面から加熱を受けることはない。ただし、単に突きつけの納まりとするだけではなく、火災時に部材に変形等が生じたとしても、火炎や高温ガスなどが侵入しないように、火炎侵入防止構造となるように、当て木、気密材等を設置するとともに両者が分離しないように留め付けられている必要がある。

一方、火災区画等の内部にある独立した間仕切壁(耐力壁)は壁の四面から加熱を受けることになる。間仕切壁が区画を構成する壁から独立して、T型やL型、十字型などの壁を形成する場合には、その接合面が加熱を受けないように納まつていれば、当該接合面の表面からは燃えしろ寸法を取らなくてもよい。

壁の上下面が防耐火性能を有する床によって覆われる場合等のように、壁や床が他の建築物の部分により防火上有効に被覆される部分の部材表面は、鉛直荷重により圧縮され隙間が生じにくく、炭化が抑制されるため、当該部分の部材表面からは燃えしろ寸法を見込まなくてよい。詳細は、金物との関係を含めて 6.4.○項を参照されたい。

図 6.3.2-4 は火災区画等の内部において発生した火災による水平部材(床及び屋根)と壁の加熱面を示している。壁と同様に、表 6.3.2-4 は水平部材と火災区画等の構成に応じた加熱面を示している。火災区画等を構成する床は、最下階の床を除き、上面または下面からの加熱を受ける。火災区画等の区画ごとに加熱面を想定し、その表面から燃えしろ寸法を減じて、残存断面を設定する。ただし、火災時倒壊防止構造等の床の上面にあっては、火災区画内部での消防隊の活動が想定されるため、表 6.3.2-5 に従って、防火被覆を設置する必要がある。120 分を超える防火被覆の厚さについては、現時点では規定されていない。

吹き抜けの一部に床を設置する場合は、床の上面を除く表面からの加熱を想定して、残存断面を設定する必要がある。吹き抜けのような空間で、複数層同時火災が発生すると、煙突効果によって上昇気流が発生するため、火災の燃焼が激しくなるため、上部から大きな噴出火炎が発生するなどの恐れがあるので、火災安全上、十分な配慮が必要である。火災時・避難時倒壊防止性能検証法にあっては、アトリウムなどを除き、複数層が同時に火災になる場合については、性能検証を適用することが出来ない。

燃えしろ設計における非歩行の屋根の加熱面にあっては、屋内火災のみを想定し、30 分の燃えしろ寸法を減ずればよい。建築計画上、屋根を在館者が歩行することを想定した屋根や屋上として利用する場合のように床としての機能を必要とする場合にあっては、床と同じ燃えしろ寸法とすることが防火設計上は望ましい。

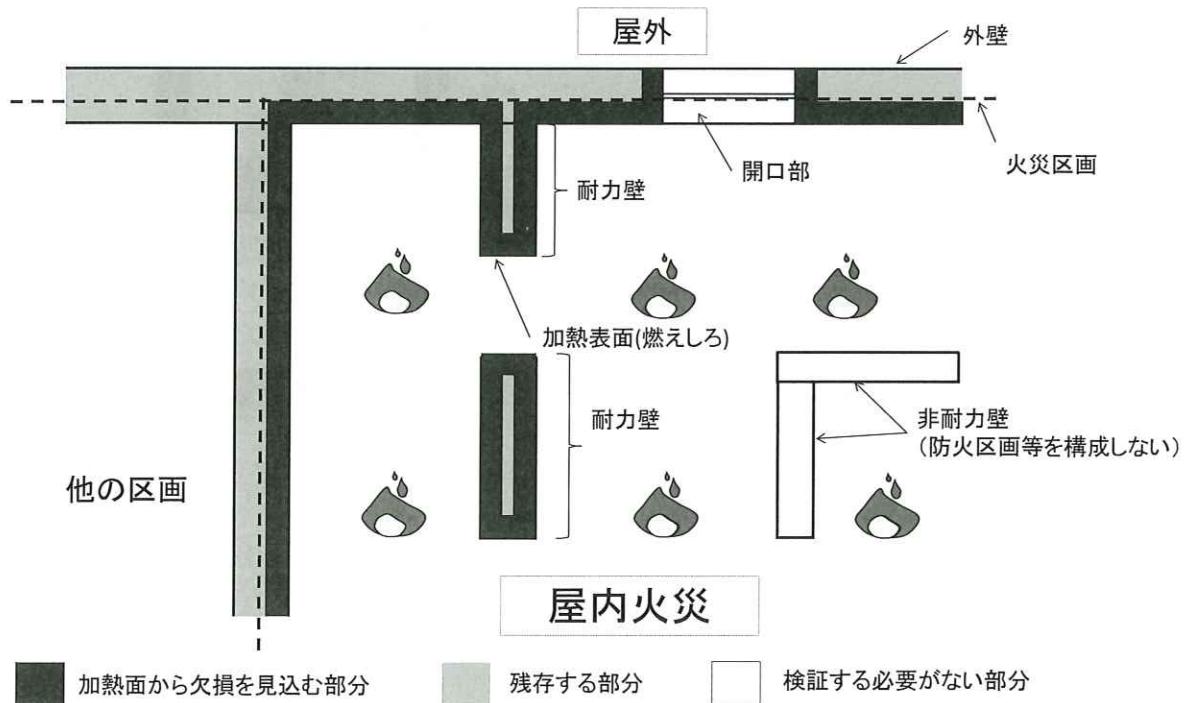


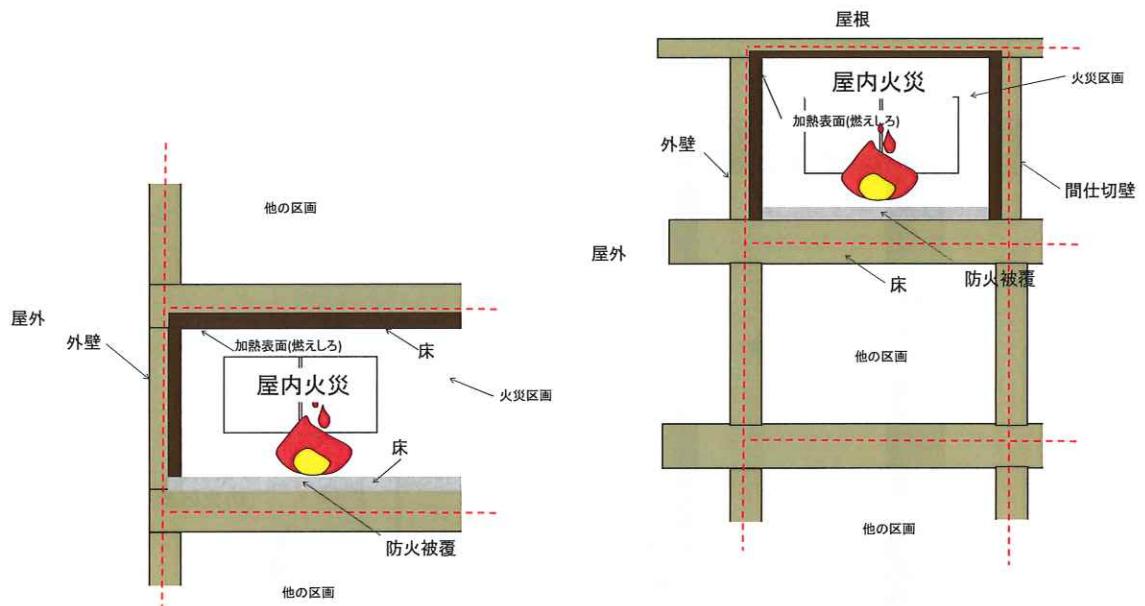
図 6.3.2-3 屋内火災における防火区画内の燃えしろ想定面（平面図）

表 6.3.2-4 間仕切壁の種別と想定する加熱面

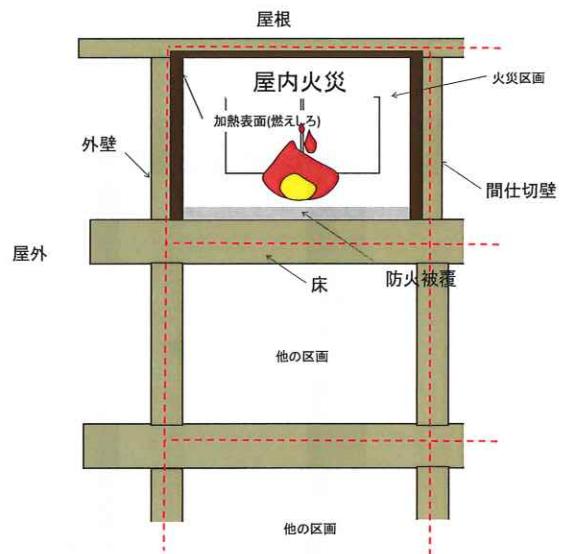
区画	壁の種類		水平部材の種類	
	耐力壁	非耐力壁	床	屋根
火災区画又は防火区画に面する場合	1面加熱	1面加熱	1面加熱	1面加熱
火災区画又は防火区画の内部にある場合	2~4面加熱	防耐火性能は不要 ただし、防火上主要な間仕切壁となる場合は、火災区画内の配置に応じて、加熱面を設定する。	2~4面加熱 (上面は防火被覆型)	—
階段室又は付室を構成する場合(燃えしろ設計は適用できない)	1面加熱	1面加熱	1面加熱	1面加熱

表 6.3.2-5 固有通常火災終了時間の区分と床の上面の防火被覆

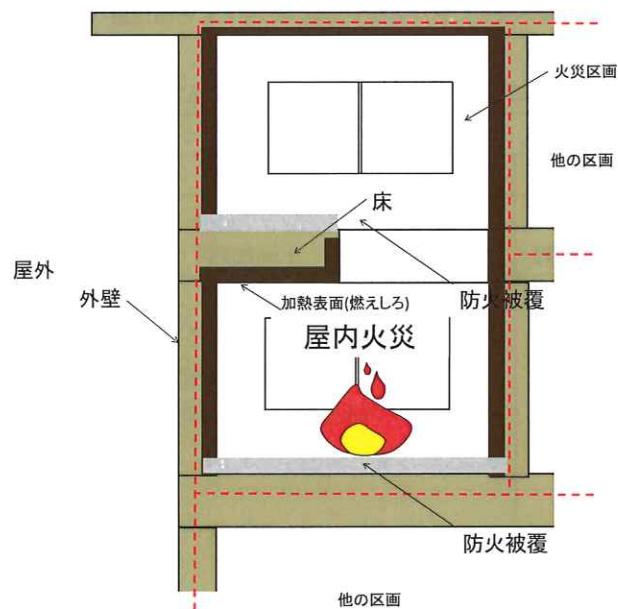
固有通常火災終了時間の区分	防火被覆の種類と厚さ	
	種類	合計厚さ
105分を超える、120分以下	強化セッコウボードを三枚以上張ったもの	61mm以上
90分を超える、105分以下	強化セッコウボードを二枚以上張ったもの	55mm以上
75分を超える、90分以下	強化セッコウボードを二枚以上張ったもの	50mm以上
75分以下	強化セッコウボードを二枚以上張ったもの	42mm以上



(a) 床及び外壁



(b) 屋根、床及び壁



(c) 2層で防火区画を構成する場合

図 6.3.2-4 屋内火災における火災区画又は防火区画内の燃えしろ想定面（断面図）

(2) 屋外火災（外壁独立壁、突出壁、屋根の軒裏）

図 6.3.2-5、図 6.3.2-6 は屋外火災による壁、床及び屋根の軒裏の加熱面を示している。屋外火災に関しても、屋内火災と同様に主要構造部の加熱を受ける面を設定する。基本的に、外壁は片側から加熱表面を想定して燃えしろを減じた残存断面を設定すればよい。ただし、外壁面から突出する耐力壁や、屋外に他の外壁から独立して存在する耐力壁にあっては、外部に面する部分すべてを加熱表面として、想定すればよい。

屋根にあっては、屋外については、防火地域、準防火地域、法 22 条区域、その他法第 21 条等に基づき要求される葺き材の性能を満足すればよい。図 6.3.2-6(b)に示す通り、CLT パネル工法における屋根の軒裏にあっては、屋根パネルを壁パネルによって支える部分は、屋外火災により加熱されても、軒裏部分は外壁により防火上有効に遮られるため、軒裏自体に準耐火性能を求めなくてもよい。ただし、CLT パネルを面戸板として用いる場合には、要求準耐火時間に応じて非耐力壁と同様に必要となる厚さを確保する必要がある。また壁の上に小屋組を設置して、軒裏を設ける屋根の構造の場合には、要求される準耐火性能を有する軒裏の防火被覆を設置する必要がある。

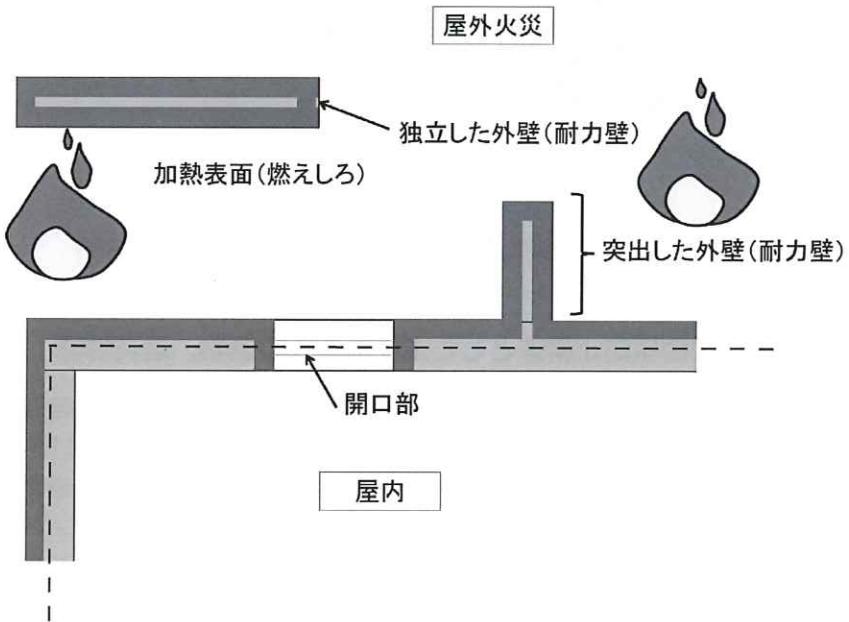
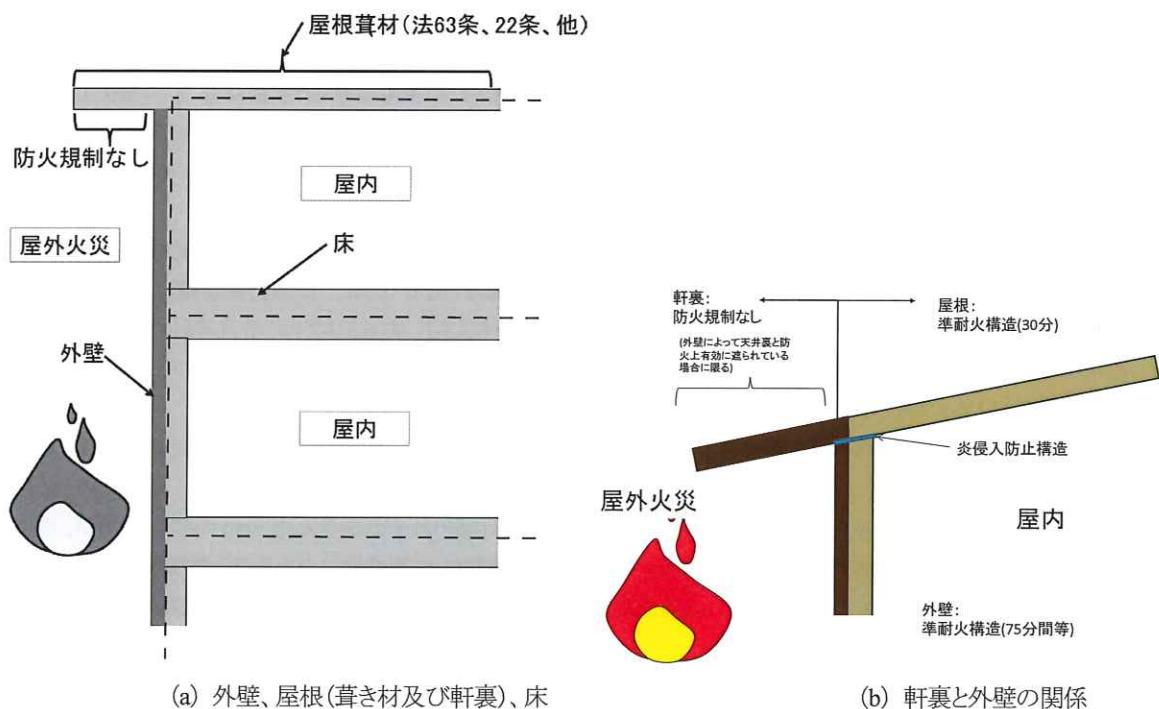
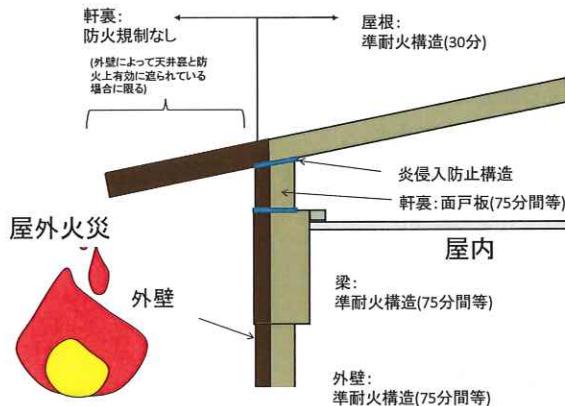


図 6.3.2-5 屋外火災における防火区画内の燃えしろ想定面（平面図）





(c) CLT パネルを面戸板とした軒裏と外壁等の関係

図 6.3.2-6 屋外火災における防火区画内の燃えしろ想定面（断面図）

6.3.3 火災時・避難時倒壊防止構造とした主要構造部の遮熱、遮炎性能

主要構造部を火災時・避難時倒壊防止構造とした建築物の耐力壁の間仕切り壁及び外壁、床、屋根等には、非損傷性だけではなく、遮熱性または遮炎性が要求される。一般に、火災時において建築物に作用する荷重を支持し続けなければならない構造部材は、非構造部材に比べて部材断面が大きい。また、火災時・避難時倒壊防止構造の燃えしろ型の部材にあっては、所定の火災加熱を受けた時点の残存断面は 20 cm 以上とすることが求められている。そのため、非損傷性に対する検討を行うことで、CLT パネル等を用いた主要構造部については遮熱性と遮炎性が満たされることになる。

非耐力の外壁及び間仕切壁においては、残存断面に生じる応力に対する非損傷性については検証する必要性はないため、CLT パネル等を用いた主要構造部の遮熱性または遮炎性についてのみ、燃えしろ設計によって検証することになる。CLT パネル等の遮熱性と遮炎性は、要求される準耐火性能が確保されるように、接着材の種類に応じて CLT パネル等を用いた部材の最低厚さを確保すればよい。具体的には、遮熱性及び遮炎性を確保するには、要求準耐火時間、接着剤の種類に応じて、表 6.3.1-2 に示した寸法以上の CLT パネルの厚さとすればよい。つまり、CLT パネル等の木質材料の厚板では、燃えしろを除いた部材の遮熱性と遮炎性を確保するためには、図 6.3.3-1 に見られるように木材の炭化位置となる 260°C 木材部分の残存寸法が 3 cm 以上あれば、非加熱側温度が 160°C(温度上昇 140 °C)を超えて、炎や高温ガスが貫通しないことを意味している。

ただし、非耐力壁に用いる CLT パネル等についても、それぞれの日本農林規格に適合する木質材料を用いる必要がある。これは、材料の品質によって火災時の炭化速度が大きく異なるように、日本農林規格に適合する木質材料を用いることで木質材料の品質を確保することが目的である。表 6.3.3-1、表 6.3.3-2 は、それぞれ 75 分間、90 分間の要求準耐火時間に応じた遮熱性及び遮炎性を有する CLT パネルを用いた非耐力壁(接着材:フェノール樹脂等、フェノール樹脂等以外)の例である。

CLT パネルは、パネル内に平行層と直交層が交互に存在する(図 6.3.1-5)。火災時に平行層または直交層が1層のみ残存する状況になると、CLT パネルはパネルの形状を保って、壁を構成できるという保証はない。そのため、幅はぎ接着がなされている CLT パネルを用いたとしても、直交層及び平行層それぞれを含んだ 3cm の残存断面が、壁のいずれの部分においても確保されるようにする必要がある。なお、遮熱性や遮炎性に与えるラミナの幅はぎ接着をしたことの効果は十分に把握されていない。また、幅はぎ接着については、炭化速度を低減する効果は積極的には期待できないとの報告²²⁾もされている。

22) 木質壁式構造の燃えしろ設計、評価法の開発 CLT パネルの加熱実験:櫛田紘敬、鈴木淳一、萩原一郎、増田秀昭、荒木康弘、中川貴文、山口修由、中島史郎、安井昇、長谷見雄二、小宮祐人、日本建築学会学術講演梗概 A-2 分冊, p. 347-348, 2012

図 6.3.3-2 に CLT パネルの燃えしろ深さと残存厚さの概念の通り、部材の遮熱性と遮炎性が損なわれないように、欠損部分や炎や高温ガスなどが貫通するような節や隙間が非加熱面にないことが必要である。そのため、残存断面の非加熱面を構成する層のラミナの幅はぎ部分は隣接するラミナと密着している必要があり、図 6.3.3-3 のように炎や高温ガスが貫通する隙間や欠損があってはならない。残存する層に隙間や抜け節や死に節があれば、遮熱性と遮炎性に影響は生じない。また、残存する平行層と直交層で、抜け節等が重なるとその部分で、遮熱性や遮炎性を喪失する恐れがある。これらの節は、加熱裏面から 3cm の深さには存在しないことが原則である。抜け節等が存在する場合には、当該部分を欠損部と見なして、節を取り除いた部分から、3cm の残存厚さを確保すればよい。または、木材や木工用パテ(アクリル樹脂系またはエポキシ樹脂系接着剤)で隙間なく埋め戻して補修するか、当て木をしててもよい。

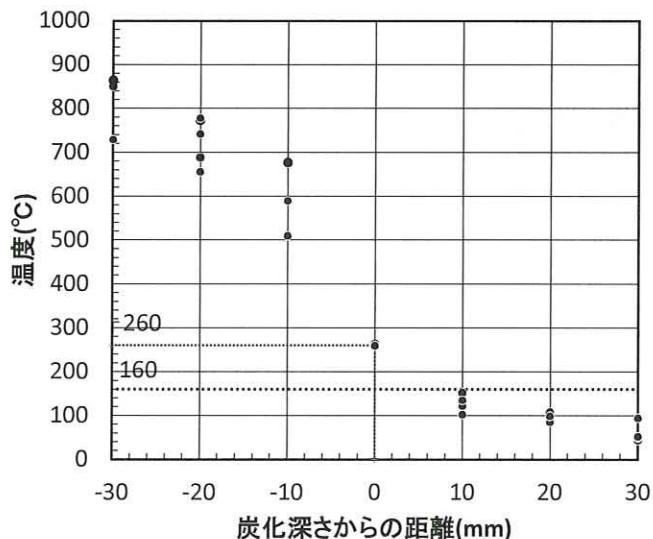


図 6.3.3-1 木質部材の炭化深さからの距離と部材温度(スギ集成材)

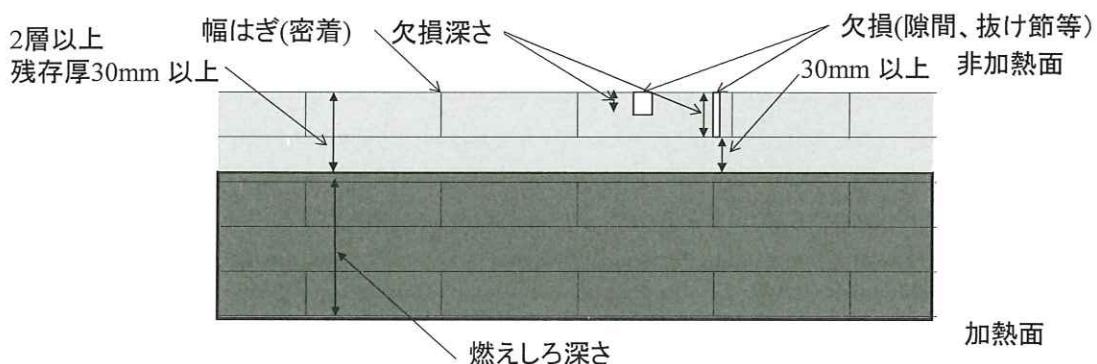


図 6.3.3-2 遮熱性及び遮炎性を有する CLT パネルの燃えしろ深さと残存厚さ

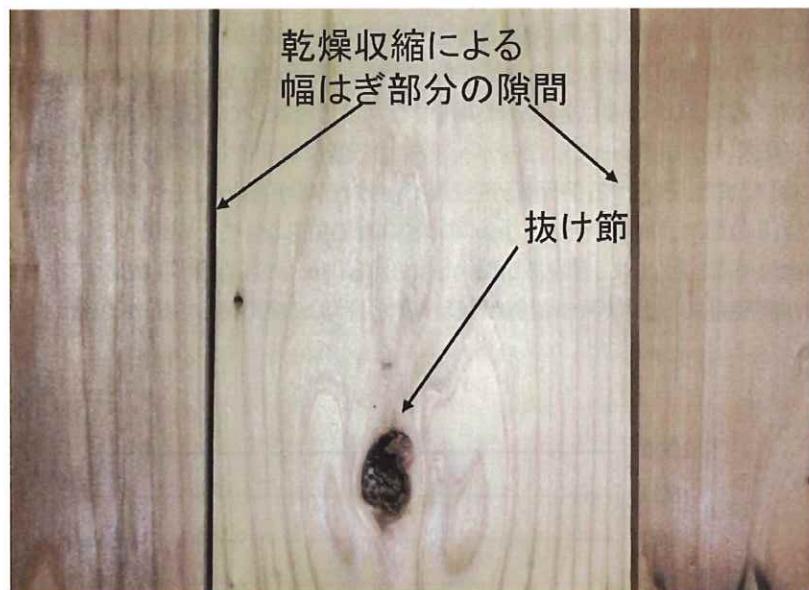


図 6.3.3-3 残存厚さと見なせない部分の一例(CLT パネル)

表 6.3.3-1 75 分間準耐火の遮熱性及び遮炎性を有する非耐力壁の例

非耐力壁	CLT パネル の最低 厚さ	構成 Mx60～Mx120 S60～S120	パネル厚さ (mm)					
			ラミナ厚さ					
フェノール樹脂等 ラミナ厚さ: 12 mm以上	9.5 cm 以上	3-3	—	—	—	—	—*	150
		3-4	—	—	—*	—*	—*	200
		5-5	—	—*	—*	—*	180	250
		5-7	—	147	189	210	252	350
		7-7	—	147	189	210	252	350
		9-9	—*	189	243	270	324	450
上記以外の接着剤 ラミナ厚さ: 21 mm以上	11.5 cm 以上	3-3	—	—	—	—	—	—*
		3-4	—	—	—	—*	—*	200
		5-5	—	—	—*	150	180	250
		5-7	—	147	189	210	252	350
		7-7	—	147	189	210	252	350
		9-9	—	189	243	270	324	450

*残存層は 30mm 存在するが、2 層残存しないため、利用できない。

表 6.3.3-2 90 分間準耐火の遮熱性及び遮炎性を有する非耐力壁の例

非耐力壁	CLT パネル の最低厚さ	構成 Mx60～Mx120 S60～S120	パネル厚さ (mm)					
			ラミナ厚さ					
フェノール樹脂等 ラミナ厚さ: 12 mm以上	12.9 cm 以上	3-3	—	—	—	—	—	—*
		3-4	—	—	—	—	—*	200
		5-5	—	—	—	—	180	250
		5-7	—	—*	189	210	252	350
		7-7	—	—*	189	210	252	350
		9-9	—	189	243	270	324	450
上記以外の接着剤 ラミナ厚さ: 21 mm以上	17.4 cm 以上	3-3	—	—	—	—	—	—*
		3-4	—	—	—	—	—	—*
		5-5	—	—	—	—	—*	250
		5-7	—	—	—*	210	252	350
		7-7	—	—	—*	210	252	350
		9-9	—	—*	243	270	324	450

*残存層は 30mm 存在するが、2 層残存しないため、利用できない。

6.3.4 壁、床、屋根（耐力部材）の火災時の耐火性能

火災時倒壊防止構造においては、通常の火災が消火の措置により終了するまでの間、建築物の倒壊を防止するため、避難時倒壊防止構造においては、在館者の全てが建築物から地上までの避難を終了するまでの間、通常の火災による建築物の倒壊及び延焼を防止することが必要となる。そのため、火災時・避難時倒壊防止構造の燃えしろ設計においては、従来の準耐火構造に比べてより長時間、長期荷重を支持する部材が作用荷重に対して非損傷性を喪失しないことを構造計算により検証する必要がある。CLT パネルを用いた木質構造の壁、床、屋根の断面寸法から要求準耐火時間(補正固有通常火災終了時間又は補正固有特定避難時間)に応じて表 6.3.1-1 に示す寸法を加熱表面から減じ、その残存断面に対して長期荷重による部材の作用応力 σ を計算する。その際、残存断面の最小寸法が 20 cm 以上である必要がある。残存断面に関する直交集成板の基準強度に基づき、圧縮、曲げ等に対する短期許容応力度 f を算定し、作用応力が短期許容応力度を下回ること ($\sigma \leq f$) を確認すればよい。長期荷重の設定は、常温時の構造計算(「荷重・外力」を参照されたい。)で用いる値と同じである。積載荷重は令第 85 条の規定に従い、実況に応じた荷重とする。壁には架構用の荷重を、床には床用の荷重を用いる。

最終的に、残存断面に関する CLT パネルの基準強度に基づき、圧縮、曲げ等に対する短期許容応力度 f を算定し、式(6.3.4-1)によって作用応力が短期許容応力度を下回ることを検定すればよいことになる。また、複合応力を受ける材(圧縮と曲げ、曲げと引張、2 軸曲げ等)については、通常の許容応力度計算法と同様に、断面内の応力状態を設定し、式(6.3.4-2))により作用する複数の応力と許容応力度との比の総和が 1 以下となることを検定する。特に、柱や耐力壁などのような圧縮材については、片側の面が火熱を受けて炭化することで、作用荷重が偏心するため、保有準耐火時間の低下が実験的にも明らかとなっている²³⁾²⁴⁾。そのため、燃えしろ設計においても炭化による作用荷重の偏心の影響を圧縮と曲げの複合応力を受けるもの等としてモデル化する必要がある。

$\sigma /f \leq 1$	(4.3.4-1)
$(\sigma_1/f_1) + (\sigma_2/f_2) \leq 1$	(4.3.4-2)

(1) 残存断面の曲げ強度

曲げに関する強度、許容応力度の算定方法は、非火災時と同じである。「第IV部 積層方向の曲げ」と同様に等価断面法に基づき、フェノール樹脂等の接着材を用いた 9 層 9 プライの CLT パネルに関して、75 分間の残存断面の曲げ強度と短期許容応力度の算定例を以下に示す。なお、特記が無い限り表及び図中の記号は、「第IV部 積層方向の曲げ」のそれと同じである。残存断面に生じる曲げモーメントと残存断面の断面係数により、残存断面に生じる応力が、短期に生ずる力に対する許容応力度を確かめればよい。

①S60-9-9(厚さ 270mm、フェノール樹脂)の積層方向の曲げ強度(強軸方向)

強度等級:S60-9-9 外層:M60A、内層:M60A)

部材幅(B):1000mm、部材厚さ(H):270 mm

各層厚さ(hi):全層等厚 30 mm

外層用ラミナ等級:M60(等級区分機による等級)、E1, E9=6,000N/mm²、 $\sigma_{b_oml}=27.0 \text{ N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:M60(等級区分機による等級)、E2, E4, E6=0N/mm²

内層用ラミナ等級:M60(等級区分機による等級)、E3, E5, E7=3,000N/mm² $\sigma_{b_oml}=27.0 \text{ N/mm}^2$

接着材:フェノール樹脂等

燃えしろ寸法:0mm(非火災時:表 6.3.4-1、図 6.3.4-1)、65mm(75 分間:表 4.3.4-2、図 4.3.4-2)

23) 成田敏基、鈴木淳一、中野裕晶、成瀬友宏、水上点睛、李元羽、安井昇、長谷見雄二:LVL を用いた木質壁式構造壁の耐火性能に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、防火、pp.89-90、2015.9

24) Jun-ichi Suzuki, Tensei Mizukami, Tomohiro Naruse, Yasuhiro Araki:Fire Resistance of Timber Panel Structures Under Standard Fire Exposure, Fire Technology, Volume52, pp.1015-1034, 2016

表 6.3.4-1 非火災時の S60-9-9 (270mm) 積層方向の曲げ剛性・強軸の場合の計算例

層	ラミナ等級	応力負担	E_i (N/mm ²)	B (mm)	h_i (mm)	炭化深さ (mm)	残存厚さ (mm)	A_i (mm ²)	y (mm)	z_i (mm)	① $E_i I_i$ ($\times 10^9$ N · mm ²)	② $E_i A_i z_i^2$ ($\times 10^9$ N · mm ²)	Σ (①+②) ($\times 10^{12}$ N · mm ²)
1	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000	135	120	13.5	2,592	6.55
2	M60A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		90	0.0	0	
3	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		60	14	648	
4	M60A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		30	0.0	0	
5	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		0	14	0	
6	M60A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-30	0.0	0	
7	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-60	13.5	648	
8	M61A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-90	0.0	0	
9	M62A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-120	13.5	2,592	

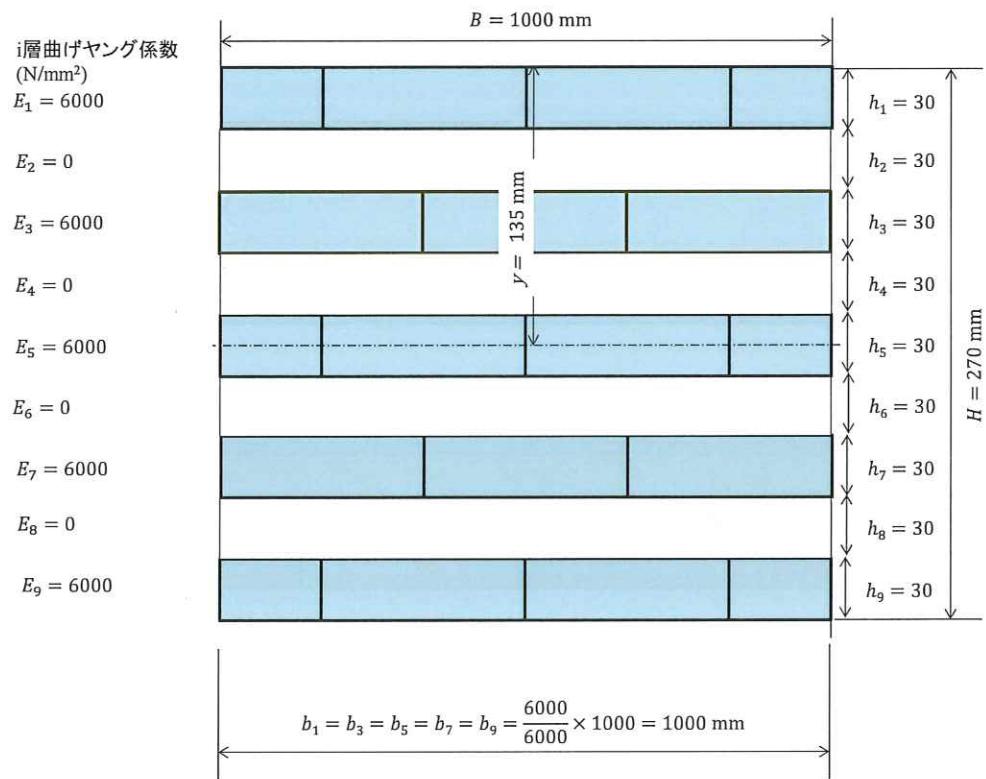


図 6.3.4-1 非火災時の断面
y:図中のパネル上端からパネルの重心までの距離(単位:mm)

表 6.3.4-2 75 分間準耐火構造の S60-9-9 (270mm) 積層方向の曲げ剛性・強軸の場合の計算例

層	ラミナ等級	応力負担	E_i (N/mm ²)	B(mm)	h_i (mm)	炭化深さ(mm)	残存厚さ(mm)	A_i (mm ²)	y(mm)	z_i (mm)	$\textcircled{1} E_i I_i (\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2)$	$\textcircled{2} E_i A_i z_i^2 (\times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2)$	$\Sigma (\textcircled{1} + \textcircled{2}) (\times 10^{12} \text{ N} \cdot \text{mm}^2)$
1	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000	100.54	85.5	13.5	1,317	2.97
2	M60A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		55.5	0.0	0	
3	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		25.5	14	117	
4	M60A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-4.5	0.0	0	
5	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-34.5	14	214	
6	M60A	なし	0	1,000	30.0	0.0	30.0	30,000		-64.5	0.0	0	
7	M60A	あり	6,000	1,000	30.0	5.0	25.0	25,000		-92.0	7.81	1,268	
8	M61A	なし	0	1,000	30.0	30.0	0.0	0			0	0	
9	M62A	あり	0	1,000	30.0	30.0	0.0	0			0	0	

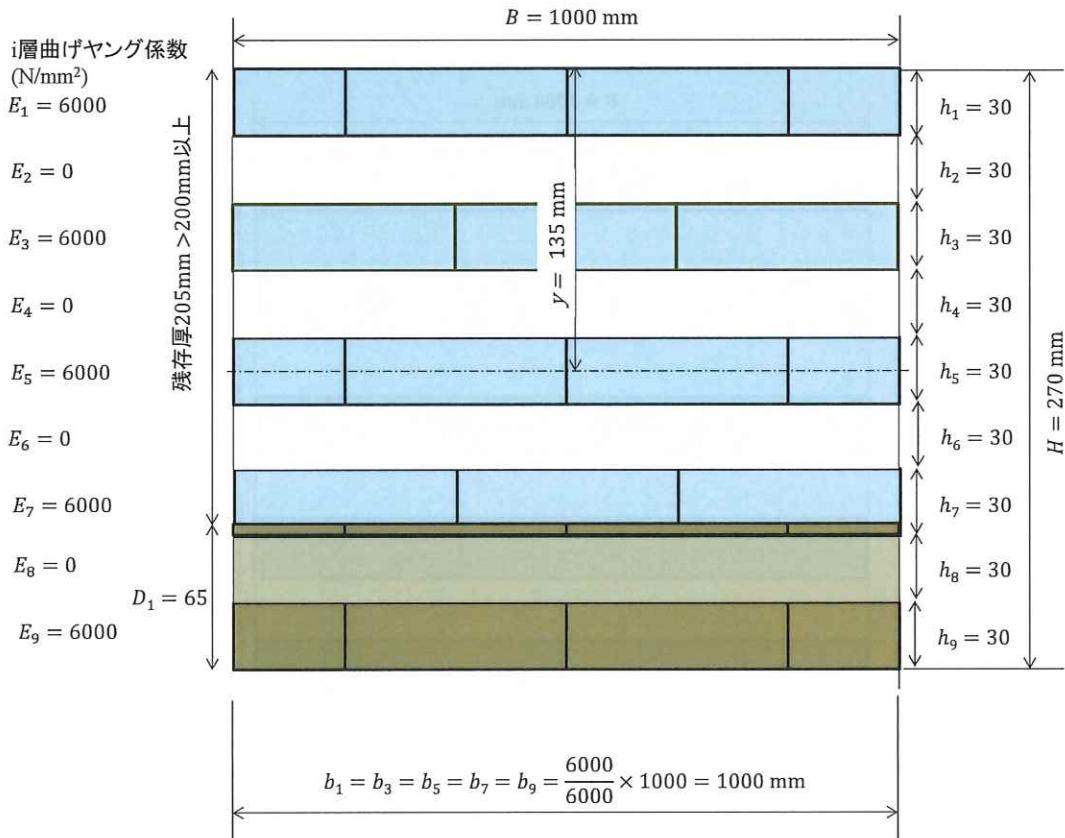


図 6.3.4-2 75 分燃えしろの残存断面

表 6.3.4-3 S60-9-9 (270mm) 積層方向の曲げ強度・強軸の場合の計算例

構造等	構成	パネルの残存厚さ(mm)	炭化深さ(mm)	$I_A (\times 10^8 \text{ mm}^4)$	$I_0 (\times 10^8 \text{ mm}^4)$	$F_b (\text{N/mm}^2)$	$2/3 F_b (\text{N/mm}^2)$
非火災時	S60-9-9	270	0	10.91	16.40	8.75	5.83
75 分間準耐火	S60-9-9	205	65	4.94	7.18	9.06	6.04

(2) 残存断面の圧縮強度

圧縮の基準強度の算出方法は、非火災時と同じく等価断面法を用いて算出する。「第IV部 圧縮」と同様に等価断面法に基づき、9 層 9 プライ残存断面の圧縮強度の算定例を以下に示す。圧縮を受ける壁は、片面加熱時には炭化

による残存断面の非対称性と外力の作用点との差により、非火災時に比べて大きな偏心圧縮荷重を受けることになる。算出された圧縮強度及び(1)で算出した基準強度に基づく曲げ強度に基づき、偏心による座屈が生じないことを検証する必要がある。

鉛直荷重の偏心に関して、残存断面の重心(図心)位置は、曲げを受ける CLT パネルの中立軸位置と同様に算出する。また、火災時の鉛直荷重は、非火災時の鉛直荷重の作用位置から移動しないものとして、火災前の断面の重心とする。なお、特記が無い限り表及び図中の記号は、「第IV部 圧縮」のそれと同じである。

②機械等級区分によるラミナを用いた S60-9-9 の圧縮強度(強軸方向)の場合

強度等級:S60-9-8「(外層:M60A、内層:M60A)」

部材幅(B):1000mm、部材厚さ(H):210 mm

各層厚さ(h_i):全層等厚 30 mm

外層用ラミナ等級:M60(等級区分機による等級)、E1, E9=6,000N/mm²、 $\sigma_{c_oml}=21.6 \text{ N/mm}^2$

内層用ラミナ等級:M60(等級区分機による等級)、E2, E4, E6=0N/mm²

内層用ラミナ等級:M60(等級区分機による等級)、E3, E5, E7=3,000N/mm² $\sigma_{c_oml}=21.6 \text{ N/mm}^2$

接着材:フェノール樹脂等

燃えしろ寸法:0mm(非火災時:表 6.3.4-1、図 6.3.4-1)、65mm(75 分間:表 6.3.4-4、図 6.3.4-2)

表 6.3.4-4 非火災時 S60-9-9 (270mm) 強軸の場合の計算例

層	ラミナ 等級	応力 負担	E _i (N/mm ²)	B (mm)	h _i (mm)	炭化 深さ (mm)	残存 厚さ (mm)	A _i (mm ²)	E _i A _i (×10 ⁶ N)	Σ E _i A _i (×10 ⁶ N)	A _A (mm ²)	A ₀ (mm ²)	F _c (N/mm ²)
1	M60A	あり	6,000	1,000	30	0.0	30.0	30,000	180				
2	M60A	なし	0	1,000	30	0.0	30.0	30,000	0				
3	M60A	あり	6,000	1,000	30	0.0	30.0	30,000	180				
4	M60A	なし	0	1,000	30	0.0	30.0	30,000	0				
5	M60A	あり	6,000	1,000	30	0.0	30.0	30,000	180	900	150,000	270,000	9.00
6	M60A	なし	0	1,000	30	0.0	30.0	30,000	0				
7	M60A	あり	6,000	1,000	30	0.0	30.0	30,000	180				
8	M60A	なし	0	1,000	30	0.0	30.0	30,000	0				
9	M60A	あり	6,000	1,000	30	0.0	30.0	30,000	180				

表 6.3.4-5 75 分間準耐火構造 S60-9-9 (270mm) 強軸の場合の計算例

層	ラミナ 等級	応力 負担	E _i (N/mm ²)	B (mm)	h _i (mm)	炭化 深さ (mm)	残存 厚さ (mm)	A _i (mm ²)	E _i A _i (×10 ⁶ N)	Σ E _i A _i (×10 ⁶ N)	A _A (mm ²)	A ₀ (mm ²)	F _c (N/mm ²)
1	M60	あり	6,000	1,000	30	0.0	30.0	30,000	180				
2	M60	なし	0	1,000	30	0.0	30.0	30,000	0				
3	M60	あり	6,000	1,000	30	0.0	30.0	30,000	180				
4	M60	なし	0	1,000	30	0.0	30.0	30,000	0				
5	M60	あり	6,000	1,000	30	0.0	30.0	30,000	180	690	115,000	205,000	9.09
6	M60	なし	0	1,000	30	0.0	30.0	30,000	0				
7	M60	あり	6,000	1,000	30	5.0	25.0	25,000	150				
8	M60	なし	0	1,000	30	30.0	0.0	0	0				
9	M60	あり	6,000	1,000	30	30.0	0.0	0	0				

6.3.5 接合部の耐火性能

1 時間を超える準耐火構造(燃えしろ設計の場合)の壁一壁、壁一床(屋根)、床(屋根)一床(屋根)などの部材同士が取り合う接合部に関する配慮点は、原則として、前述の「4.2.5 接合部の耐火性能」(30 分準耐火構造、45 分準耐火構造、1 時間準耐火性能の場合)に従う。ただし、接合金物やビスが、CLT の燃えしろ部にかかる仕様(たとえば、図 4.2.5-6 金物の保護の例の一部の仕様)については、燃えしろをのぞいた部分で接合できるように配慮する。

なお、1 時間を超える準耐火構造のうち、R1 国交告第 193 号、194 号の 75 分準耐火構造、90 分準耐火構造の告示仕様で耐火被覆する場合は、耐火被覆により、CLT 表面温度上昇が抑制され、CLT の燃焼による断面減少がほぼないため、部材同士の接合方法に特に制限はない。

(1) 壁間の接合部

前述の「4.2.5 接合部の耐火性能」に従う。

(2) 床間の接合部

前述の「4.2.5 接合部の耐火性能」に従う。

(3) 床と壁の接合部

前述の「4.2.5 接合部の耐火性能」に従う。

(4) 垂れ壁

前述の「4.2.5 接合部の耐火性能」に従う。

(5) 梁との接合部

前述の「4.2.5 接合部の耐火性能」に従う。

(6) 金物の保護方法

接合金物は、燃えしろを除いた部分で有効に接合することを原則とする。

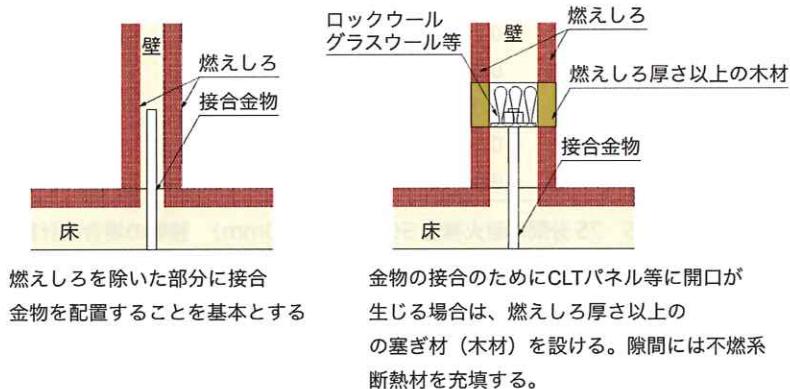


図 6.3.5-1 金物の保護の例

(7) 防火上有効に被覆する方法

接合金物が準耐火構造の防火被覆の内側に配置される場合は接合金物に対して防火的な措置は必要ない。ただし、金物接合が壁パネルの燃えしろ部分に金物がかかる場合は、壁や床の準耐火構造の要求時間に応じた耐火被覆を張る。

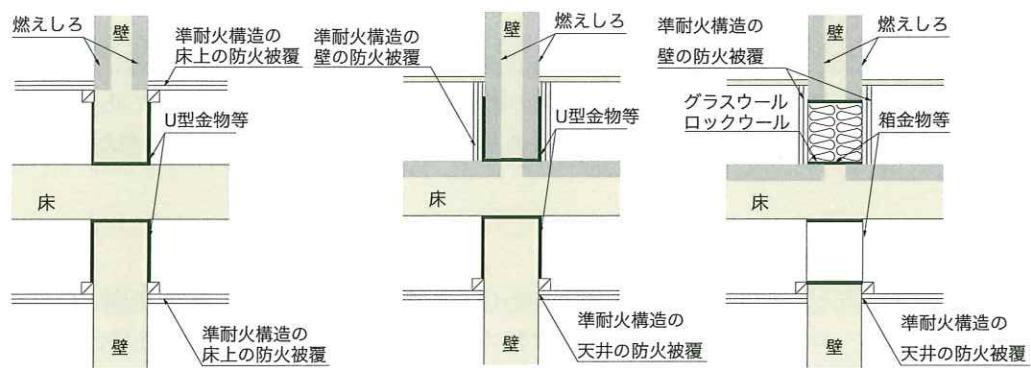


図 6.3.5-2 防火被覆の内側に配置される接合金物

6.3.6 貫通部・開口部の防火措置

設備配管等の貫通部は、壁や床に必要な防耐火性能(非損傷性、遮熱性、遮炎性)を損なわないよう防火措置を行う。また、防火区画の開口部(特に特定防火設備(1時間の遮炎性)や準耐火時間と同等の時間の防火設備の場合)は、扉等が所定の時間、燃え抜けないだけでなく、CLTパネル等の壁や床と扉等の取り合い部から燃え抜けないよう防火措置を行う。

(1) 配管配線等貫通部

配線・配管等が防火区画ではない準耐火構造の壁・床や外壁を貫通する場合は、配管・配線とCLTパネル等との隙間に、ロックウールまたはAESウールを充填する。なお、防火区画の床や壁を貫通する場合は、令第129条の2の4に従い、貫通部及びその両側1m以内の距離にある配管・配電管等を不燃材料でつくる。また、硬質塩化ビニル管を用いる場合は、平12建告第1422号に従うこととする。さらに、R1国交告示第193号に従い、75分準耐火構造の場合は、CLTの開口小口に強化せっこうボード厚さ21mmを張る。

壁や床をくり抜いて、コンセントボックス(鋼製のものに限る)を設ける場合は、裏面に準耐火構造の防火被覆等を設け、かつ、空洞にロックウールまたはAESウールを充填する。

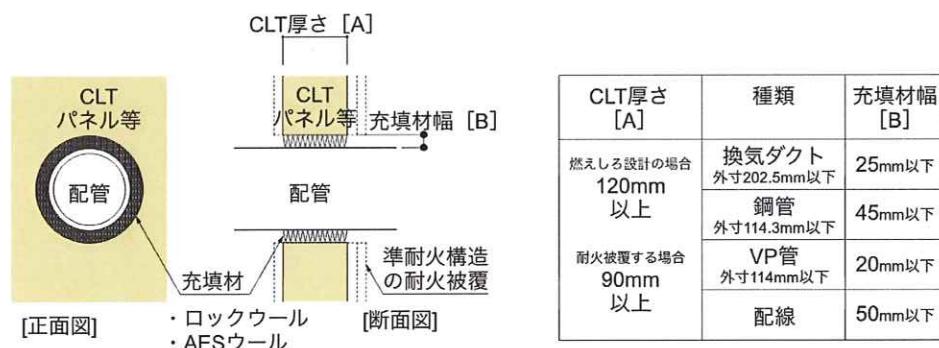


図6.3.6-1 配管・配線の場合



図6.3.6-2 コンセント・スイッチボックスの場合

(2) サッシ、扉等開口部

防火区画等で、特定防火設備を CLT パネル等に取り付ける場合は、特定防火設備と CLT パネル等の取り合い部の木材が消失し火炎貫通があるので、CLT パネル等の木口に準耐火構造の壁の防火被覆を張り、その上に取り付ける。さらに、この木口の防火被覆を留め付けている木材が消失しないように、特定防火設備からの距離が 100mm の部分まで準耐火構造の壁の防火被覆を設ける。

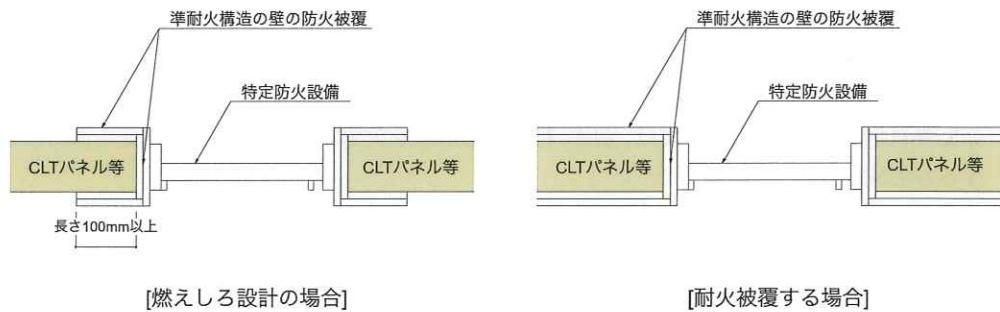


図 6.3.6-3 サッシ・扉等開口部の防火措置

6.3.7 燃えしろ設計した壁・床・屋根の表面仕上げ

燃えしろ設計した壁・床・屋根は、CLTパネル等のみで準耐火構造の要求性能を満足している。その表面に仕上げや断熱材を設ける場合の取り扱いについては、準不燃材料を表面に設ける場合は特に問題はないが、可燃性の材料を表面に設ける場合は素材により配慮が必要である。

(1) 断熱材

壁・床・屋根に設置する断熱材としては、無機系の断熱材(ロックウール、グラスウール等)が有害な発熱がなく、遮熱性・遮炎性が向上することが実験等から確認されているため使用可能である。しかし、有機系断熱材については、木材が熱分解や炭化するよりも低い温度で溶融する可能性がある等、防火上支障がないことについて性能確認がなされていないため、燃えしろ設計した部材の仕上げ材としては使用することはできない。なお、有機系断熱材を使った仕様については、別途、性能評価試験を実施し、国土交通大臣認定を取得して準耐火構造とする方法がある。

(2) 仕上げ材

燃えしろ設計した壁・床・屋根の表面に木材(無垢材、合板等面材など特に樹種や製造方法に制限はない)を張ることは特に問題ない²⁵⁾。ただし、内装制限に従う。

仕上げの木材が燃え抜けるまで、燃えしろ設計したCLTパネル等が加熱を受けないため、張らない場合と同等以上の非損傷性・遮熱性・遮炎性となる。なお、有機系断熱材を金属板でサンドイッチしたパネル等については火災時にCLTパネル等にどのような影響を与えるか確認されていないため、安全性を確認して使用する。

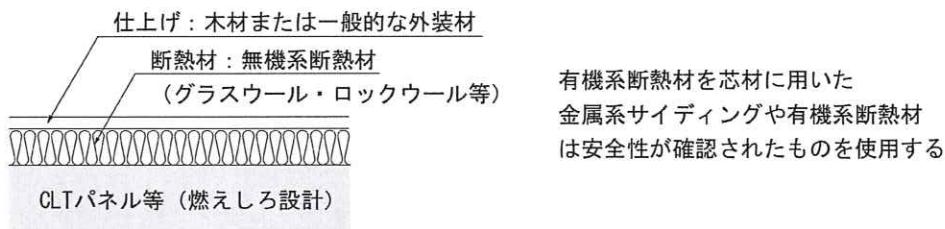


図 6.3.7-1 断熱材+仕上げ材の例

25) 建築物の防火避難規定の解説 2016, 編集:日本建築行政会議

6.4 防火被覆設計

6.4.1 75分準耐火構造

間仕切壁(耐力壁・非耐力壁)、外壁(耐力壁・非耐力壁)、床、屋根、軒裏、階段について 75 分準耐火構造の告示仕様(令元国交告第 193 号)を「防火被覆する場合」と「燃えしろ設計する場合」について示す。□は例示された仕様のいずれかを選択することを示し、■は必ず遵守しなければならない項目を示す。

(1) 間仕切壁

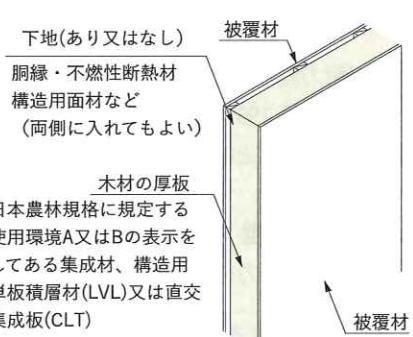
①耐力壁(鉛直力を支持する壁)

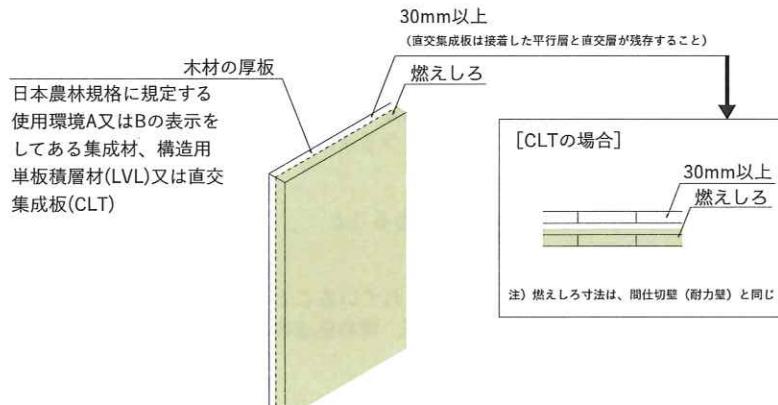
75 分		防火被覆する場合（被覆材を両面にそれぞれ張る）
		<p>□強化せっこうボード※を2枚以上張り、その厚さの合計を42mm以上とする。</p> <p>注) 被覆材の取り合い等の部分の裏面に当て木が設けられているなど、建築内部への炎の侵入を有効に防止すること</p>

※強化せっこうボードは、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（GB-F(V)）。

75 分		燃えしろ設計する場合
		<p>【燃えしろ寸法】</p> <p>□フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、レゾルシノール・フェノール樹脂の場合：65mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を12mm以上とする。</p> <p>□上記以外の場合（例えば、水性高分子イソシアネート系など）：85mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を21mm以上とする。</p> <p>【残存断面】</p> <p>□残存断面の厚さが200mm以上であること</p> <p>【接合部】</p> <p>■ボルト等が、防火上有効に被覆されていること ■接合部に用いる鋼材の添え板等が、埋め込まれるか、挟み込まれているか、防火上有効に被覆されていること</p> <p>注) 火災による加熱が両側から同時に加えられるおそれがある場合は、燃えしろを両側から差し引く</p>

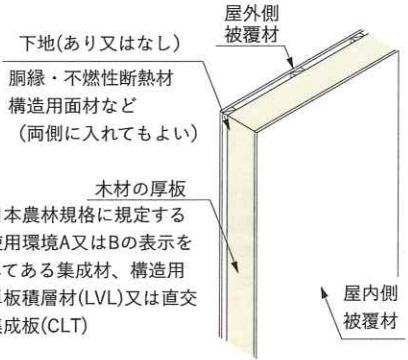
②非耐力壁(鉛直力を支持しない壁)

	防火被覆する場合（被覆材を両面にそれぞれ張る）
75 分	<p>□強化せっこうボード※を2枚以上張り、 その厚さの合計を42mm以上とする。</p> <p>注) 被覆材の取り合い等の部分の裏面 に当て木が設けられているなど、 建築内部への炎の侵入を有効に 防止すること</p>  <p>※強化せっこうボードは、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（GB-F(V)）。</p>

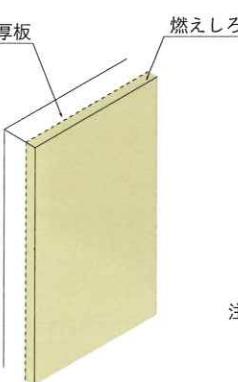
	燃えしろ設計する場合（木材の最低厚さ規定する場合）
75 分	<p>【木材の厚さ（燃えしろ寸法 + 残存断面】</p> <p>□接着剤がフェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、レゾルシノール・フェノール樹脂の場合 ：95mm以上（燃えしろ65mm + 残存30mm以上） ※集成材の場合は、ラミナ厚を12mm以上とする。 ※直交集成板の場合は、ラミナ厚を12mm以上かつ加熱面から65mm燃えた際に接着された平行層と直交層が残存する。</p> <p>□上記以外の場合（例えば、水性高分子イソシアネート系など） ：115mm以上（燃えしろ85mm + 残存30mm以上） ※集成材の場合は、ラミナ厚を21mm以上とする。 ※直交集成板の場合は、ラミナ厚を21mm以上かつ加熱面から85mm燃えた際に接着された平行層と直交層が残存する。</p>  <p>注) 燃えしろ寸法は、間仕切壁（耐力壁）と同じ</p>

(2) 外壁

①耐力壁(鉛直力を支持する壁)

防火被覆する場合		
	屋外側被覆材（外壁）	屋内側被覆材（内壁）
	<p>□強化せっこうボード※を2枚以上張り、 その厚さの合計を42mm以上とした上に 金属板、軽量気泡コンクリートパネル、 窯業系サイディング、モルタル塗りまたは しっくい塗り</p>	<p>□強化せっこうボード※を2枚以上張り、 その厚さの合計を42mm以上</p>
75 分	 <p>下地(あり又はなし) 胴縁・不燃性断熱材 構造用面材など (両側に入れてもよい)</p> <p>木材の厚板 日本農林規格に規定する 使用環境A又はBの表示を してある集成材、構造用 単板積層材(LVL)又は直交 集成板(CLT)</p> <p>屋外側被覆材 屋内側被覆材</p> <p>注) 被覆材の取り合い等の部分の裏面 に当て木が設けられているなど、 建築内部への炎の侵入を有効に 防止すること</p>	

※強化せっこうボードは、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（GB-F(V)）。

燃えしろ設計する場合	
75 分	<p>【燃えしろ寸法】</p> <p>□フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、レゾルシノール・フェノール樹脂の場合：65mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を12mm以上とする。</p> <p>□上記以外の場合（例えば、水性高分子イソシアネート系など）：85mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を21mm以上とする。</p> <p>【接合部】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ボルト等が、防火上有効に被覆されていること ■接合部に用いる鋼材の添え板等が、埋め込まれるか、挟み込まれているか、 防火上有効に被覆されていること  <p>木材の厚板 日本農林規格に規定する 使用環境A又はBの表示を してある集成材、構造用 単板積層材(LVL)又は直交 集成板(CLT)</p> <p>燃えしろ</p> <p>注) 火災による加熱が両側から同時に 加えられるおそれがある場合は、 燃えしろを両側から差し引く</p>

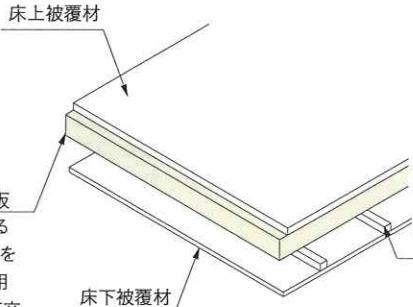
②非耐力壁(鉛直力を支持しない壁)

	防火被覆する場合	
	屋外側被覆材（外壁）	屋内側被覆材（内壁）
75 分	<input type="checkbox"/> 強化せっこうボード※を2枚以上張り、その厚さの合計を42mm以上とした上に金属板、軽量気泡コンクリートパネル、窯業系サイディング、モルタル塗りまたはしっくい塗り	<input type="checkbox"/> 強化せっこうボード※を2枚以上張り、その厚さの合計を42mm以上

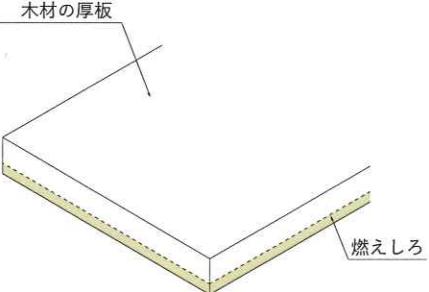
※強化せっこうボードは、せっこうの含有率が95%以上、ガラス繊維の含有率が0.4%以上、ひる石の含有率が2.5%以上のものに限る (GB-F(V))。

	燃えしろ設計する場合（木材の最低厚さ規定する場合）
75 分	<p>【木材厚さ（燃えしろ寸法 + 残存断面）】</p> <p><input type="checkbox"/>接着剤がフェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、レゾルシノール・フェノール樹脂の場合 ：75mm以上(燃えしろ45mm + 残存30mm以上)</p> <p><input type="checkbox"/>上記以外の場合(例えば、水性高分子イソシアネート系など) ：90mm以上(燃えしろ60mm + 残存30mm以上)</p> <p>※直交集成板の場合は、残存断面が直交する複数層のラミナで構成されているものに限る</p> <p>注) 燃えしろ寸法は、間仕切壁（耐力壁）と同じ</p>

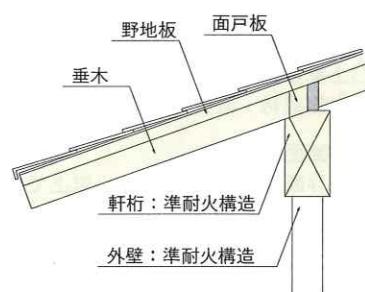
(3) 床

防火被覆する場合		
	床上被覆材	床下被覆材
	<input type="checkbox"/> 強化せっこうボード※を2枚以上張り、 その厚さの合計を42mm以上とする	<input type="checkbox"/> 強化せっこうボード※を2枚以上張り、 その厚さの合計が46mm以上とする
75 分	 <p>床上被覆材 木材の厚板 日本農林規格に規定する 使用環境A又はBの表示を してある集成材、構造用 単板積層材(LVL)又は直交 集成板(CLT)</p>	<p>注) 防火被覆の取合い等の部は、 裏面に当て木を設ける等、 内部への炎の侵入を有効に 防止する。</p> <p>下地(あり又はなし) 吊り木・野縁受け・野縁 ・不燃性断熱材 ・構造用面材など (上面に入れててもよい)</p>

※強化せっこうボードは、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(GB-F(V))。

燃えしろ設計する場合	
	【燃えしろ寸法】
	<input type="checkbox"/> フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、レゾルシノール・フェノール樹脂の場合: 65mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を12mm以上とする。
	<input type="checkbox"/> 上記以外の場合(例えば、水性高分子イソシアネート系など): 85mm ※集成材・直交集成板の場合は、ラミナ厚を21mm以上とする。
	<p>【残存断面】</p> <p>□残存断面の厚さが200mm以上であること</p>
75 分	<p>【接合部】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ボルト等が、防火上有効に被覆されていること ■接合部に用いる鋼材の添え板等が、埋め込まれるか、挟み込まれているか、防火上有効に被覆されていること  <p>木材の厚板 日本農林規格に規定する 使用環境A又はBの表示を してある集成材、構造用 単板積層材(LVL)又は直交 集成板(CLT)</p> <p>燃えしろ</p> <p>注) 取り合い等の部分が 火侵入防止構造で あること</p>

(4) 軒裏

	垂木・野地板等を防火被覆する場合	垂木・野地板等を木材現しとする場合
75 分	<p>□強化せっこうボード※を2枚以上張り、その厚さの合計を46mm以上とする。</p>  <p>※強化せっこうボードは、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 (GB-F(V))。</p>	<p>【木材厚さ (燃えしろ寸法 + 30mm)】</p> <p>□フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、レゾルシノール・フェノール樹脂の場合 : 95mm以上 (燃えしろ65mm + 残存厚さ30mm以上) ※集成材の場合は、ラミナ厚を12mm以上とする。 ※直交集成板の場合は、ラミナ厚を12mm以上かつ加熱面から65mm燃えた際に接着された平行層と直交層が残存する。</p> <p>□上記以外の場合 (例えば、水性高分子イソシアネート系など) : 115mm以上 (燃えしろ85mm + 残存厚さ30mm以上) ※集成材の場合は、ラミナ厚を21mm以上とする。 ※直交集成板の場合は、ラミナ厚を21mm以上かつ加熱面から85mm燃えた際に接着された平行層と直交層が残存する。</p>  <p>注) 野地板及びたるきと軒桁との取り合い等の部分を垂木欠きを設ける等、建物内部への炎の侵入を有効に防止する。</p>

6.4.2 90分準耐火構造

外壁(耐力壁・非耐力壁)、軒裏について 90 分準耐火構造の告示仕様(令元国交告第 194 号)を「防火被覆する場合」と「燃えしろ設計する場合」について示す。

(1) 外壁

防火被覆する場合		
	屋外側被覆材（外壁）	屋内側被覆材（内壁）
75 分	<input type="checkbox"/> 強化せっこうボード※を3枚以上張り、 その厚さの合計を63mm以上とした上に 金属板、軽量気泡コンクリートパネル、 窯業系サイディング、モルタル塗りまたは しっくい塗り	<input type="checkbox"/> 強化せっこうボード※を3枚以上張り、 その厚さの合計を63mm以上

※強化せっこうボードは、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 (GB-F(V))。

(2) 軒裏

垂木・野地板等を防火被覆する場合	
	強化せっこうボード※を3枚以上張り、 その厚さの合計を63mm以上とする
90 分	<input type="checkbox"/> 強化せっこうボード※を3枚以上張り、 その厚さの合計を63mm以上とする

※強化せっこうボードは、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 (GB-F(V))。

第7章 防火地域又は準防火地域内の建築物の部分及び防火設備の構造方法を定める件（令元国交告第194号（最終改正 令和2年4月1日）の解説）

法第61条は、防火地域・準防火地域において、建築物間の延焼による市街地全体の大規模火災の発生を防止することを目的として、建築物の外壁の開口部で延焼のおそれのある部分と主要構造部への要求を行う。法第61条の関連法令、告示の構成は以下の通りである。

- 法第61条 防火地域及び準防火地域内の建築物

- 令第136条の2 防火地域又は準防火地域内の建築物の壁、柱、床その他の部分及び防火設備の性能に関する技術的基準
- 令和元年国土交通省告示第194号 防火地域又は準防火地域内の建築物の部分及び防火設備の構造方法を定める件

法第61条は、防火地域又は準防火地域内にある建築物について、防火地域及び準防火地域の別、並びに建築物の規模に応じて、次のような要求を行っている。

- 1) 外壁の開口部で延焼のおそれのある部分に防火戸その他の政令で定める防火設備を設けること
- 2) 壁、柱、床その他の建築物の部分及び当該防火設備を通常の火災による周囲への延焼を防止するためこれらに必要とされる性能に関する以下の要求をいずれにしても満足すること
 - a) 防火地域及び準防火地域の別並びに建築物の規模に応じて政令(令第136条の2)で定める技術的基準に適合するもの
 - b) 国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたもの

令和元年国土交通省告示第194号(以下、告示第194号)では、上記a), b)に掲げる基準に適合する建築物の部分及び外壁開口部設備の構造方法を規定している。このうち、同告示第一及び第二第1項第一号の内容は以下の通りである。

令元国交告第194号第一

第一 建築基準法施行令(昭和二十五年政令第三百三十八号。以下「令」という。)第136条の2第一号イに掲げる基準に適合する建築物の部分及び外壁開口部設備(同号イに定める外壁開口部設備をいう。以下同じ。)の構造方法は、次に定めるものとする。

- 一 主要構造部は、耐火構造又は令第108条の3第1項第一号若しくは第二号に該当する構造とすること。
- 二 外壁開口部設備は、建築基準法(以下「法」という。)第2条第九号の二〇に規定する防火設備とすること。

令元国交告第194号第二第1項第一号

第二 令第136条の2第一号ロに掲げる基準に適合する建築物の部分及び外壁開口部設備の構造方法は、次の各号に掲げる建築物の区分に応じ、それぞれ当該各号に定めるものとする。

- 一 次に掲げる基準に適合する建築物 次の表二に掲げる建築物の区分に応じ、それぞれ同表に定める構造方法イ 地階を除く階数が三以下であること。
 - ロ 延べ面積が三千平方メートル(一戸建ての住宅にあっては、二百平方メートル)以下であること。
 - ハ 各階における外壁の開口部の面積の合計の当該外壁の面積に対する割合が、次の表一に掲げる場合の区分に応じ、それぞれ同表に定める数値以下であること。

$s \leq 1$ の場合	0.05
$1 < s \leq 3$ の場合	s を10で除して得た数値から0.05を減じて得た数値
$3 \leq s$ の場合	0.25

この表において、 s は、当該外壁の開口部から隣地境界線、当該建築物と同一敷地内の他の建築物(同一敷地内の建築物の延べ面積の合計が五百平方メートル以内である場合における当該他の建築物を除く。第

四第一号イ(1)(ii)(三)において同じ。)との外壁間の中心線(第四第一号において「隣地境界線等」という。)又は道路中心線までの水平距離(単位 メートル)を表すものとする。

ニ 次の表二の(一)から(三)までに掲げる建築物のうち延べ面積が五百平方メートル(同表の(二)に掲げる建築物にあっては、百平方メートル)を超えるものにあっては、床面積の合計五百平方メートル(同表の(二)に掲げる建築物にあっては、百平方メートル)以内ごとに一時間準耐火基準に適合する準耐火構造の床若しくは壁又は特定防火設備で区画され、かつ、当該区画された部分ごとにスプリンクラー設備(水源として、水道の用に供する水管を連結したものを除く。)、水噴霧消火設備、泡消水設備その他これらに類するもので自動式のものが設けられていること。

ホ 次の表二の(四)に掲げる建築物にあっては、令第 112 条第 11 項に規定する堅穴部分と当該堅穴部分以外の部分とが準耐火構造の床若しくは壁又は令第 112 条第 12 項ただし書に規定する十分間防火設備で区画されていること。

二

	建築物	主要構造部(外壁、屋根及び階段を除く。)の構造方法	外壁及び屋根の軒裏の構造方法	屋根(軒裏を除く。)及び階段の構造方法	外壁開口部設備の構造方法
(一)	別表第一(い)欄(一)項、(三)項若しくは(四)項に掲げる用途(物品販売業を営む店舗を除く。)又は事務所の用途に供する建築物	一時間準耐火基準に適合する準耐火構造とすること。	七十五分準耐火構造とすること。	準耐火構造とすること。	法第 2 条第九号の二ロに規定する防火設備とすること。
(二)	法別表第一(い)欄(二)項に掲げる用途に供する建築物	一時間準耐火基準に適合する準耐火構造とすること。	九十分間準耐火構造とすること。	準耐火構造とすること。	法第 2 条第九号の二ロに規定する防火設備とすること。
(三)	物品販売業を営む店舗の用途に供する建築物	一時間準耐火基準に適合する準耐火構造とすること。	九十分間準耐火構造とすること。	準耐火構造とすること。	三十間防火設備とすること。
(四)	一戸建ての住宅	準耐火構造とすること。	七十五分間準耐火構造とすること。	準耐火構造とすること。	法第 2 条第九号の二ロに規定する防火設備とすること。

以下、a), b)の別に応じて具体的な要求内容を解説する。

a) 防火地域及び準防火地域の別並びに建築物の規模に応じて政令（令第 136 条の 2）で定める技術的基準に適合するもの

従来、防火地域・準防火地域における一定の規模を超える建築物には一律に「耐火建築物」等とすることを要求してきた。「耐火建築物」等は、外壁・間仕切壁・床・柱・はりなどの主要構造部を一律に耐火構造等とし、外壁の開口部に 20 分遮炎性能を有する防火設備を設けることが求められる建築物である。このため、例えば外壁や防火設備の性能を強化することで大規模火災の発生を防止する対策を講じたとしても、内部の主要構造部を準耐火構造とすることは許容されなかつた。そこで平成 30 年の法改正では、「通常の火災による周囲への延焼を防止するため」という目的が明確化された技術的基準を政令で定め、その技術的基準として「通常の火災による当該建築物から周囲への延焼を防止することができる時間」（以下、延焼防止時間）という指標が位置付けられた。これにより、個々の建築物における延焼の起こり難さを「延焼防止時間」として定量化することが可能となり、「耐火建築物」等によらない建築物であっても、それと同等以上の「延焼防止時間」が確保されていれば、主要構造部を準耐火構造とした建築物であっても許容されることとなった。建築物間の延焼防止に関して、「耐火建築物」および「準耐火建築物」と同等以上の性能を有している建築物は、それぞれ「延焼防止建築物」および「準延焼防止建築物」と呼ばれる。

a)については、令第 136 条の 2 の第一号から第四号までにおいて、防火地域及び準防火地域の別、並びに建築物の規模に応じて、次のいずれかの基準に適合することを求めている。

イ 従来要求されてきた技術的基準(耐火建築物、準耐火建築物等) (各号イ)

ロ 上記イの技術的基準による建築物と同等以上の「延焼防止時間」を確保するために必要な技術的基準(各号ロ)

各号において規制対象となる建築物の規模を整理すると図 7.1 のようになる。

地域	防火地域			準防火地域		
	50m ² 以下	100m ² 以下	100m ² 超	500m ² 以下	500m ² 超 1500m ² 以下	1500m ² 超
4階以上				第一号イ（耐火建築物） 第一号ロ（延焼防止建築物）	第一号イ（耐火建築物） 第一号ロ（延焼防止建築物）	
3階建		第一号イ（耐火建築物） 第一号ロ（延焼防止建築物）		第二号イ（準耐火建築物） 第二号ロ（準延焼防止建築物）		
2階建	第二号イ（準耐火建築物） 第二号ロ（準延焼防止建築物）			第三号イ・ロ 第四号イ・ロ		
平屋建						

図 7.1 令第 136 条の 2 の記述的基準により規制対象となる防火地域・準防火地域内の建築物の規模

このうち、イに示す技術的基準に適合する建築物の部分及び外壁開口部設備の構造方法は、告示第 194 号第一に示されている。また、ロに示す技術的基準に適合する建築物の部分及び外壁開口部設備の構造方法は、同告示第二～第六に示されている。これらの関係を整理したものが表 7.1 となる。令第 136 条の 2 の各号ロに掲げる技術的基準に適合する建築物については、説明の都合上、①～④の番号を付してある。これらは、規模あるいは火災荷重が小さいといった理由により、改正前の制度において例外規定として扱われていたものである。また、令第 136 条の 2 の各号ロに規定される延焼防止建築物等のうち、告示第 194 号において具体的な構造方法が規定されるものは、同告示第二第 1 項第一号の延焼防止建築物のみとなっており、その他の準延焼防止建築物、木造延焼防止建築物、非木造延焼防止建築物の構造方法は定められていない。

表 7.1 告示第 194 号に規定される防火地域・準防火地域内の建築物の構造方法

政令		告示	具体的な構造方法
第一号	イ	第一	耐火建築物
	ロ	第二第 1 項第一号	延焼防止建築物(耐火建築物と同等で、下記①以外のもの)
		第二第 1 項第二号	①主要構造部が不燃材料で、開口部に片面防火設備を設けた卸売市場の上家等
第二号	イ	第三	準耐火建築物(イ準耐・ロ準耐)
	ロ	一	準延焼防止建築物(準耐火建築物と同等で、下記②～④以外のもの)
		第四第一号	②主要構造部が旧令第 136 条の2に適合し*、開口部に片面防火設備を設けた階数 3 かつ 500 m^2 以下の建築物
		第四第二号	③外壁・軒裏が防火構造で、開口部に片面防火設備を設けた平屋建の附属建築物
		第四第三号	④主要構造部が不燃材料で、開口部に片面防火設備を設けた卸売市場の上家等
第三号	イ	第五	外壁・軒裏を防火構造とし、延焼のおそれのある部分の外壁開口部に片面防火設備を設けた建築物
	ロ	一	木造延焼防止建築物(イと同等で、木造のもの)
第四号	イ	第六	延焼のおそれのある部分の外壁開口部に片面防火設備を設けた建築物
	ロ	一	非木造延焼防止建築物(イと同等で、非木造のもの)

*「旧令第 136 条の2に適合」とは、旧法第 62 条第 1 項の政令で定める地階を除く階数が 3 である建築物の技術的基準(令和元年国土交通省告示第 194 号第四に規定)に適合することである。

建築物の「延焼防止時間」を評価する上で考慮すべき要素として、以下の 4 点を挙げることができる。

- (1) 敷地内の位置
- (2) 用途
- (3) 断面及び平面の形状
- (4) 主要構造部、防火設備及び消火設備の構造

このうち(1)の敷地内の位置は、火災による建築物間の熱の伝わり方を変化させるものである。周囲の建築物からの離隔距離を大きくとることで延焼防止時間を長くすることができる。(2)の用途は、建築物の内部に収納される可燃物量を代表するものであり、これによって火災継続時間が左右される。(3)の断面及び平面の形状は、室及び外壁面上の開口部の大きさを制限するものである。室については、内部に収納される可燃物量を制限するとともに、内部空間を分節化することで、内部における火災の拡大速度を抑制し、延焼防止時間を長くすることができる。外壁面上の開口部については、大きさを制限することで建築物間の延焼経路を小さくし、延焼防止時間を長くすることができる。(4)の主要構造部及び防火設備の構造は、(3)と同様、内部空間の分節化を目的とするものである。より性能の高い構造方法を採用することで延焼防止時間を長くすることができる。同じく消火設備の構造は、内部で発生した火災の拡大抑制を図るものである。

以下に示す告示第 194 号第二第 1 項第一号のイ～ロに定められている延焼防止建築物の具体的な構造方法はこうした考え方の下に定められている。イ～ロと上記(1)～(4)の関係を整理すると表 6.7-4 のようになっており、建築物の延焼防止に寄与する要素を幅広く評価することができる。

- イ 地階を除く階数が 3 以下であること。
- ロ 延べ面積が $3,000 \text{ m}^2$ (一戸建ての住宅は 200 m^2)以下であること。
- ハ 各階における外壁の開口部の面積の合計の当該外壁の面積に対する割合が、表 7.2 に掲げる区分に応じ、それぞれ同表に定める数値以下であること。
- ニ 表 7.3 の(一)から(三)までに掲げる建築物のうち延べ面積が 500 m^2 (同表の(二)に掲げる建築物

は 100 m^2 を超えるものにあっては、

- i) 床面積の合計 500 m^2 (同表の(二)に掲げる建築物は 100 m^2) 以内ごとに一時間準耐火基準に適合する準耐火構造の床若しくは壁又は特定防火設備で区画すること。
 - ii) 当該区画された部分ごとにスプリンクラー設備(水源として、水道の用に供する水管を連結したものを除く。)、水噴霧消火設備、泡消火設備その他これらに類するもので自動式のものが設けられていること。
- ホ 表 7.3 の(四)に掲げる建築物にあっては、令第 112 条第 11 項に規定するたて穴部分と当該堅たて穴部分以外の部分とが準耐火構造の床若しくは壁又は令第 112 条第 12 項ただし書に規定する 10 分間防火設備で区画されていること。

表 7.2 各階における外壁の開口部の面積の合計の当該面積に対する割合

$s \leq 1$ の場合	0.05
$1 < s \leq 3$ の場合	s を10で除して得た数値から0.05を減じて得た数値
$3 \leq s$ の場合	0.25
この表において、 s は、当該外壁の開口部から隣地境界線、当該建築物と同一敷地内の他の建築物(同一敷地内の建築物の延べ面積の合計が五百平方メートル以内である場合における当該他の建築物を除く。第四第一号イ(1)(ii)(三)において同じ。)との外壁間の中心線(第四第一号において「隣地境界線等」という。)又は道路中心線までの水平距離(単位 メートル)を表すものとする。	

表 7.3 主要構造部および外壁開口部設備の構造方法

建築物	構造方法	準耐火性能時間			外壁開口部設備
		主要構造部 (外壁、屋根及び階段を除く)	外壁・屋根の軒裏	屋根(軒裏を除く)及び階段	
(一) 別表第一(い)欄(一)項、(三)項若しくは(四)項に掲げる用途(物品販売業を営む店舗を除く。)又は事務所の用途に供する建築物		60 分間	75 分間	30 分間	20 分間防火設備*
			90 分間		30 分間防火設備
					20 分間防火設備*
(四) 一戸建ての住宅		45 分間	75 分間		

*20 分間防火設備:法第 2 条第九号の二〇に規定する防火設備

表 7.4 延焼防止時間を評価する上で考慮すべき要素

延焼防止時間を評価する上で考慮すべき要素	告示第 194 号第二第 1 項第一号の該当規定				
	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
(1) 敷地内の位置			○		
(2) 用途				○	○
(3) 断面及び平面の形状	○	○	○	○	○
(4) 主要構造部、防火設備及び消火設備の構造			○	○	○

b) 国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたもの

b)については、法第 61 条に規定されるように、次のいずれかの構造方法を選択する。

① 国土交通大臣が定めた構造方法(告示第 194 号に例示される構造方法によるもの)

② 国土交通大臣の認定を受けた構造方法(指定性能評価機関により試験と性能評価を受けて国土交通大臣の認定を受けたもの)

③ ①及び②以外に国土交通大臣の認定を受けた構造方法(指定性能評価機関により高度な専門知識に基づく性能評価を受けたもの)

従来告示により位置づけられてきた準防火地域における 3 階建ての建築物の構造方法については、引き続き告示第 194 号において例示されている。上記①および②の方法のうち、告示第 194 号に例示される建築物の構造方法に従って要求される性能時間に応じて構造方法を選択する方はをルート A、③による方法はルート C と呼ばれる。これらとは別に、「延焼防止時間」を一般的な計算方法に従って計算する方法はルート B と呼ばれるが、これまでのところ位置付けられていない。

第Ⅱ部 防耐火試験による性能検証

1章 1時間及び2時間耐火構造壁の貫通部等の防火的な措置に関する加熱実験

1.1 はじめに

平成30年6月の改正建築基準法施行により、従来、建築基準法第21条（規模）、27条（用途）、61条（地域）から、耐火構造や耐火建築物が要求された建築物について、「高度な準耐火構造」＋「追加の防耐火上の措置」により、必ずしも耐火構造等による建築が可能となった。

具体的には、主要構造部を75分準耐火構造などとするが、その手法については、令和元年国土交通省告示第193号に例示されている。この告示では、①軸体（柱・壁・はり・床・屋根）の木材をあらわしとする燃えしろ設計や、②セッコウボード等で軸体を被覆する手法が位置づけられている。

昨年度の検討では、これら75分準耐火構造の壁や床に対して、コンセント、窓、シャッターボックス、ダウンライト等が取り付いて被覆材の一部が切り欠かれたり、設備配管等が貫通する場合の防火的な措置について、加熱実験から防耐火上弱点とならない仕様を明確にした。

一方、4～5階建ての建築物をつくる際には、75分（90分）準耐火構造による建築物と並んで、1時間、2時間耐火構造による耐火建築物が採用されることも多い（図1.1）。そこで、本年度の事業（以降、本事業と呼ぶ）は、CLTによる中層建築物を設計する際に必要な1時間・2時間耐火構造の壁に設備配管が貫通したり、窓が取り付く場合等に、被覆材の一部が切り欠き、代替えされたとしても防耐火上弱点とならない仕様を加熱実験により明らかにする。

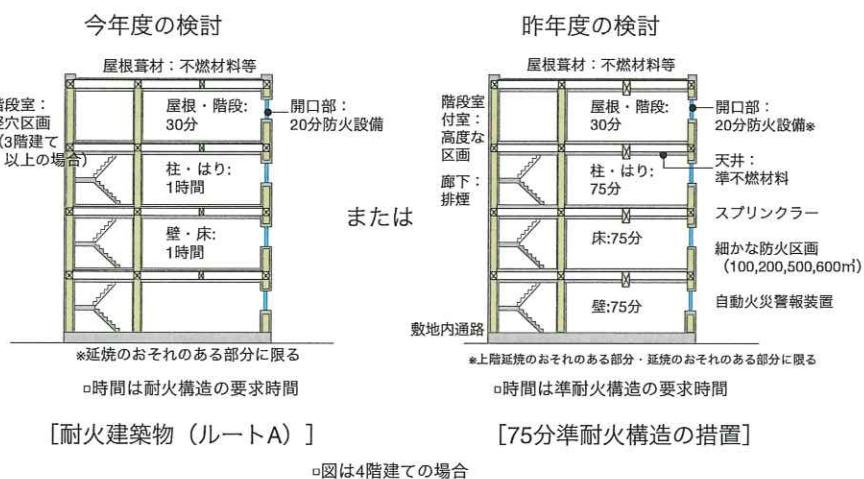


図1.1 4階建て建物を設計するための耐火建築物と75分準耐火構造の建築物の違い

1.2 各部の防火的な措置の考え方

1 時間・2 時間耐火構造の主要構造部には、法令上、表 1.2 の耐火性能が求められる。

表 1.2 耐火構造の主要構造部に求められる耐火性能

部 位			通常の火災		屋内側の火災
		最上階から数えた階数	非損傷性	遮熱性	遮炎性
壁	間仕切壁	階数15以上の階	2時間	1時間	—*
		階数5～14の階			
		最上階、階数2～4の階	1時間		
	非耐力壁	—	—	1時間	—*
	外壁	階数15以上の階	2時間	1時間	1時間
		階数5～14の階			
		最上階、階数2～4の階	1時間		
柱	耐力壁	階数15以上の階	3時間	—	—
		階数5～14の階	2時間		
		最上階、階数2～4の階	1時間		
	非耐力壁	階数15以上の階	2時間	1時間	—*
		階数5～14の階	—		
		最上階、階数2～4の階	1時間		
床	耐力壁	階数15以上の階	3時間	—	—
		階数5～14の階	2時間		
		最上階、階数2～4の階	1時間		
	非耐力壁	階数15以上の階	2時間	—	—
		階数5～14の階	—		
		最上階、階数2～4の階	1時間		
はり	屋根	—	30分	—	30分
	階段	—	30分	—	—

非損傷性：構造耐力上支障のある変形、溶融、破壊等の損傷を生じない

遮熱性：加熱面以外の面（屋内に面するもの）の温度が可燃物燃焼温度以上に上昇しない

遮炎性：屋外に火炎を出す原因となる亀裂等の損傷を生じない

*：壁及び床の遮炎性は、遮熱性を確保することにより性能を満たす

ここで、「非損傷性」は、構造耐力上支障のある変形・溶融・破損等の損傷を生じない性能（壊れない）、「遮熱性」は、加熱面以外の面（屋内に面するもの）の温度が可燃物燃焼温度以上に上昇しない性能（裏面の温度が上昇しすぎない）、「遮炎性」は、屋外に火炎を出す原因となる亀裂等の損傷を生じない性能（火炎貫通しない）である。

耐火構造の国土交通大臣認定を取得するための性能評価試験では、「非損傷性」の評価基準に、構造躯体の木材が炭化・燃焼しないことが追加されており、本事業でも同様の

基準で評価することとする。

また、防火区画の耐火構造の壁に、設備配管が貫通する場合の評価（区画貫通部）では、その部分に「遮炎性」が求められる。一方で、本事業が検討の対象とする防火区画以外の壁に配管が貫通する場合は、法令上は特に規制はない。しかし、配管の貫通や、設備設置のために被覆材を切欠く場合に、被覆材裏面や貫通穴部の CLT の燃焼が生じると、非損傷性が低下する可能性がある。そこで、本事業では、通常の貫通部等に必要とされる遮炎性に加えて、切欠部や、被覆が省略される部分について、非損傷性が損なわない納まりを検討することとした（図 1.2）。

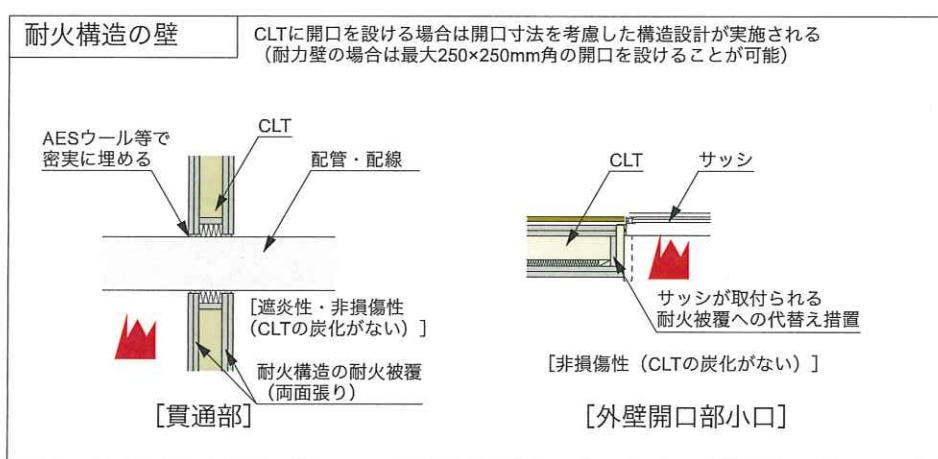


図 1.2 耐火構造の壁の設備貫通部・被覆材代替え部に求められる防耐火性能の例

1.3 加熱実験

1時間耐火構造、2時間耐火構造の壁には、それぞれ1時間または2時間の加熱に耐えた後も躯体が燃焼継続しないことが求められている。本実験では各加熱時間に対して、開口部の壁小口（以下、開口部小口）及び設備配管等の貫通・切り欠き部位に、防耐火上の措置を施し、貫通や切欠がない一般的な部位と同じ遮炎性を有する使用を明確にすることを目的とする。あわせて、壁の非損傷性に影響を与える、開口部及び貫通部・切り欠き部周辺のCLTの燃焼性状についてもCLT表面温度と実験後の目視観察にて確認することとした。

なお、防火区画以外の壁は建物内での設置状況によっては、両面加熱を受ける可能性があるが、本実験では外壁や出火室から隣室へ延焼する以前の状況を想定し、片面加熱を受けた場合の遮炎性を中心に確認することとした。

なお、試験体に用いる木材はすべてスギとして、CLT、製材とともに、含水率を15%以下（詳細は2章の各機関の報告書参照）に調整した。

また、試験体各部の温度は、K(CA)熱電対を用いて測定した。

1.3.1 実験計画

(1) 試験体

試験体は1時間耐火構造壁1体、2時間耐火構造壁2体の合計3体とした。試験体加熱面の様子を写真1.3.1-1～1.3.1-7に、試験体仕様一覧を表1.3.1-1～1.3.1-3に、試験体図を図1.3.1-1～1.3.1-12に示す。

■2時間耐火構造の壁

試験体1は、2時間耐火構造の耐力壁を想定し、厚さ90mmのCLT（スギ、3層3プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤）に、耐火被覆として強化せっこうボード（以下、GB-F(V)）21mm厚×3枚を両面に張った仕様とした。検証仕様は、開口部小口が5仕様、貫通部が8仕様、一般部の耐火被覆を3仕様とした。また加熱側のCLT-耐火被覆間にはグラスウール24K50mm厚を充填し、開口部及び貫通部まわりには、木製胴縁25×45mmを設けた仕様とした。

試験体2は、試験体1と同様、2時間耐火構造の耐力壁を想定し、厚さ90mmのCLT（スギ、3層3プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤）に、耐火被覆としてGB-F(V)21mm厚×3枚を両面に張った仕様とした。検証仕様は、試験体1の結果を踏まえた開口部の改良案を中心に、開口部小口が8仕様、貫通部が2仕様とした。また加熱側のCLT-耐火被覆間には、グラスウール24K50mm厚、試験体上部の一部分にネオマフォーム25mm厚を充填し、開口部及び貫通部まわりには、仕様ごとに不燃材料（GB-F(V)25mm厚）または木製の胴縁25×45mmを設けた仕様とした。

■1時間耐火構造の壁

試験体3は、1時間耐火構造の耐力壁を想定し、厚さ90mmのCLT（スギ、3層3プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤）に、耐火被覆としてGB-F(V)21mm厚×2枚を両面に張った仕様とした。検証仕様は、開口部小口が4仕様、貫通部が8仕様とし、一般部の耐火被覆を3仕様とした。また加熱側のCLT-耐火被覆間にはグラスウール24K50mm厚、試験体上部の一部分にネオマフォーム25mm厚を充填し、開口部及び貫通部まわりには、木製胴縁25×45mmを設けた仕様とし、実験後の燃焼性状についても確認することとした。

■各試験体の加熱面の様子



写真 1.3.1-1
試験体 1 (2 時間耐火構造壁)



写真 1.3.1-2
試験体 2 (2 時間耐火構造壁)



写真 1.3.1-3
試験体 3 (1 時間耐火構造壁)

[試験体1 (2時間耐火構造の耐力壁想定)]

2時間耐火構造の耐力壁を想定し、厚さ90mmのCLT（スギ、3層3プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤）に、耐火被覆としてGB-F(V)21mm厚×3枚を両面に張った仕様（加熱面側：下張りはビス留め、中張りと上張りは炭酸カルシウム系接着剤＋ステープル、非加熱面側：3枚ともビス留め）とした。

試験体上部から、開口部小口（仕様1：GB-F(V)21mm厚×2枚+スギ30厚、仕様2：GB-F(V)21mm厚×2枚+硬質木片セメント板（以下、硬質木片）25mm厚、仕様3：GB-F(V)15+21mm厚+硬質木片25mm厚、仕様4：GB-F(V)15mm厚+硬質木片25mm厚×2枚、仕様5：GB-F(V)21mm厚+硬質木片25mm厚×2枚）、設備配管の貫通部（VP管、鋼管）、一般部（GB-F(V)総厚57mm、GB-F(V)総厚61mm、GB-F(V)総厚63mm）を配置した。

開口部小口は、仕様1は実験中の木材被覆の燃焼や脱落等の性能への影響を検証するため四周の枠にて再現し、仕様2～5については縦枠のみとした。配管とCLT・耐火被覆の取合い部は、AESワールを充填し隙間を埋めた。

また、加熱側のCLT-耐火被覆間にグラスワール24K50mm厚を充填し、開口部及び貫通部まわりには、木の胴縁25×45mmを設けた仕様とし、実験後の燃焼性状についても確認することとした。



加熱面側の施工状況（全景）



非加熱面側の施工状況（全景）



壁内（断熱材・胴縁）の施工状況



加熱面側の施工状況
(奥から開口部小口・貫通部・一般部)

写真1.3.1-4 試験体1の試験体製作状況

[試験体2(2時間耐火構造の耐力壁想定)]

試験体1と同様、2時間耐火構造の耐力壁を想定し、試験体1の結果を踏まえた開口部の改良案を中心に検証する。躯体は、厚さ90mmのCLT(スギ、3層3プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤)に、耐火被覆としてGB-F(V)21mm厚×3枚(加熱面側:下張りはビス留め、中張りと上張りは炭酸カルシウム系接着剤+ステープル、非加熱面側:3枚ともビス留め)とした。

試験体上部から、開口部小口(仕様1:GB-F(V)21mm厚×2枚+スギ30mm厚、仕様2,5:GB-F(V)21+アルミテープ+21mm厚+スギ30mm厚、仕様3,4:GB-F(V)21+25mm厚+スギ30mm厚、仕様6:GB-F(V)25mm厚×2枚+スギ30mm厚、仕様7:GB-F(V)21mm厚×2枚+硬質木片25mm厚、仕様8:GB-F(V)21+25mm厚+硬質木片25mm厚)、設備配管の貫通部(スパイラルダクト、VP管)とした。このうち、開口部小口の仕様1,2,3,7は躯体への入熱の低減を目的として、不燃材料(GB-F(V)25mm厚)の胴縁25×45mmを設けた仕様とし、その他の仕様と貫通部については、木の胴縁25×45mmを設け、実験後の燃焼性状についても確認することとした。

開口部小口の仕様4,6については、加熱中の壁の耐火被覆の開き止めとして、中張り材をスギ30mm厚の小口にステープルで留める仕様とした。また開口部小口は、仕様3,4,5,6については、実験中の木材被覆の燃焼や脱落等の性能への影響を検証するため上下の枠をGB-F(V)21mm厚×3枚+スギ30mm厚として、下枠の下張材表面の温度を計測し、躯体のCLTの燃焼性状を確認することとした。

配管とCLT・耐火被覆の取合い部は、AESウールを充填し隙間を埋めた。

加熱側のCLT-耐火被覆間には、グラスウール24K50mm厚、試験体上部の一部分にネオマフォーム25mm厚を充填した。



加熱面側の施工状況（全景）



非加熱面側の施工状況（全景）



壁内（断熱材・胴縁）の施工状況



加熱面側の施工状況
(奥から開口部小口・貫通部)

写真 1.3.1-5 試験体 2 の試験体製作状況

[試験体3(1時間耐火構造の耐力壁想定)]

1時間耐火構造の耐力壁を想定し、厚さ90mmのCLT(スギ、3層3プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤)に、耐火被覆としてGB-F(V)21mm厚×2枚を両面に張った仕様(加熱面側:下張りはビス留め、上張りは炭酸カルシウム系接着剤+ステープル、非加熱面側:2枚ともビス留め)とした。

試験体上部から、開口部小口(仕様1:GB-F(V)21mm厚+スギ30mm厚、仕様2:GB-F(V)21mm厚+硬質木片25mm厚、仕様3:GB-F(V)25mm厚+硬質木片25mm厚、仕様4:GB-F(V)25mm厚+スギ30mm厚)、設備配管の貫通部(VP管、鋼管)、一般部(GB-F(V)総厚36mm、GB-F(V)総厚37.5mm、GB-F(V)総厚42mm)を配置した。とした。

開口部小口は、仕様1は実験中の木材被覆の燃焼や脱落等の性能への影響を検証するため四周の枠にて再現し、仕様2~5については縦枠のみとした。配管とCLT・耐火被覆の取合い部は、AESウールを充填し隙間を埋めた。

また、加熱側のCLT-耐火被覆間にはグラスウール24K50mm厚を充填し、開口部及び貫通部まわりには、木の縦胴縁25×45mmを設けた仕様とし、実験後の燃焼性状についても確認することとした。



加熱面側の施工状況(全景)



非加熱面側の施工状況(全景)



壁内(断熱材・胴縁)の施工状況



加熱面側の施工状況
(奥から開口部小口・貫通部・一般部)

写真1.3.1-6 試験体3の試験体製作状

表 1.3.1-1 試験体仕様一覧（試験体 1：2 時間耐火構造の耐力壁想定）

部位	必要とされる 防耐火性能	仕様※ [mm]				CLT開口 [mm]
一般部 (開口・貫通なし)	遮熱性 遮炎性 非損傷性	下部1 CLT90mm (スギ、3層3プライ) 被覆総厚57mm GB-F(V)15mm+21mm厚×2枚	木胴縁 25×45	グラスウール 24K25厚	なし	
		下部2 CLT90mm (スギ、3層3プライ) 被覆総厚61mm GB-F(V)15mm+21mm+25mm厚				
		下部3 CLT90mm (スギ、3層3プライ) 被覆総厚63mm				
		上部 GB-F(V)21mm厚×3枚				
開口部小口	非損傷性 (船体の燃焼)	仕様1 GB-F(V)21mm厚×2枚+スギ30mm厚	四周	木胴縁 25×45	グラスウール 24K25厚	400×600
		仕様2 GB-F(V)21mm厚×2枚+ 硬質木片セメント板25mm厚	縦枠			
		仕様3 GB-F(V)15mm+21mm厚+ 硬質木片セメント板25mm厚	縦枠			
		仕様4 GB-F(V)15mm厚+ 硬質木片セメント板25mm厚×2枚	縦枠			
		仕様5 GB-F(V)21mm厚+硬質木片セメント板25mm 厚×2枚	縦枠			
貫通部	非損傷性 (船体の燃焼)	仕様1 GB-F(V)21mm厚×2枚 +AES充填	VP管(塩ビ)	100A (外寸 ϕ 114)	木胴縁 25×45	250角
		仕様2 GB-F(V)25mm厚×1枚 +AES充填		100A (外寸 ϕ 114.3)		
		仕様3 GB-F(V)21mm厚×2枚 +AES充填	鋼管(SGP)	50A (外寸 ϕ 60)		
		仕様4 GB-F(V)25mm厚×1枚 +AES充填		50A (外寸 ϕ 60.5)		
		仕様5 GB-F(V)25mm厚×1枚 +AES充填	VP管(塩ビ)	50A (外寸 ϕ 60)	グラスウール 24K25厚	150角
		仕様6 GB-F(V)21mm厚×2枚 +AES充填		50A (外寸 ϕ 60.5)		
		仕様7 GB-F(V)25mm厚×1枚 +AES充填		50A (外寸 ϕ 60.5)		
		仕様8 GB-F(V)21mm厚×2枚 +AES充填		50A (外寸 ϕ 60.5)		

※ GB-F(V) = 強化せっこうボードGB-F(V)

※ AES ウール充填 [充填量の例 (試験体製作時に記録)]

仕様1 : 190 kg/m³、仕様2 : 163 kg/m³、仕様3 : 190 kg/m³、仕様4 : 163 kg/m³

仕様5 : 183 kg/m³、仕様6 : 69 kg/m³、仕様7 : 187 kg/m³、仕様8 : 69 kg/m³

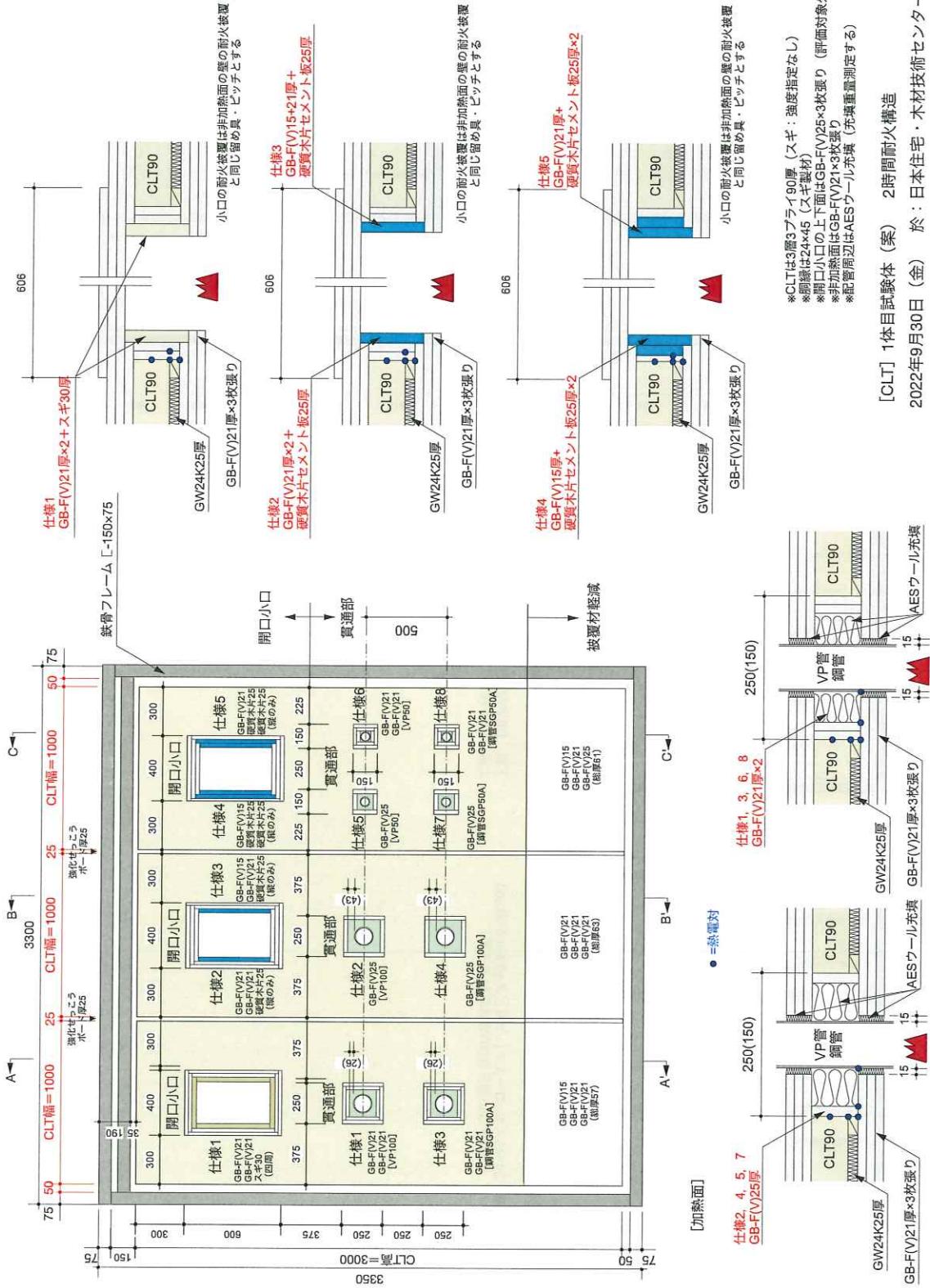


図 1.3.1-1 試験体 1 の構造・寸法（単位：mm）

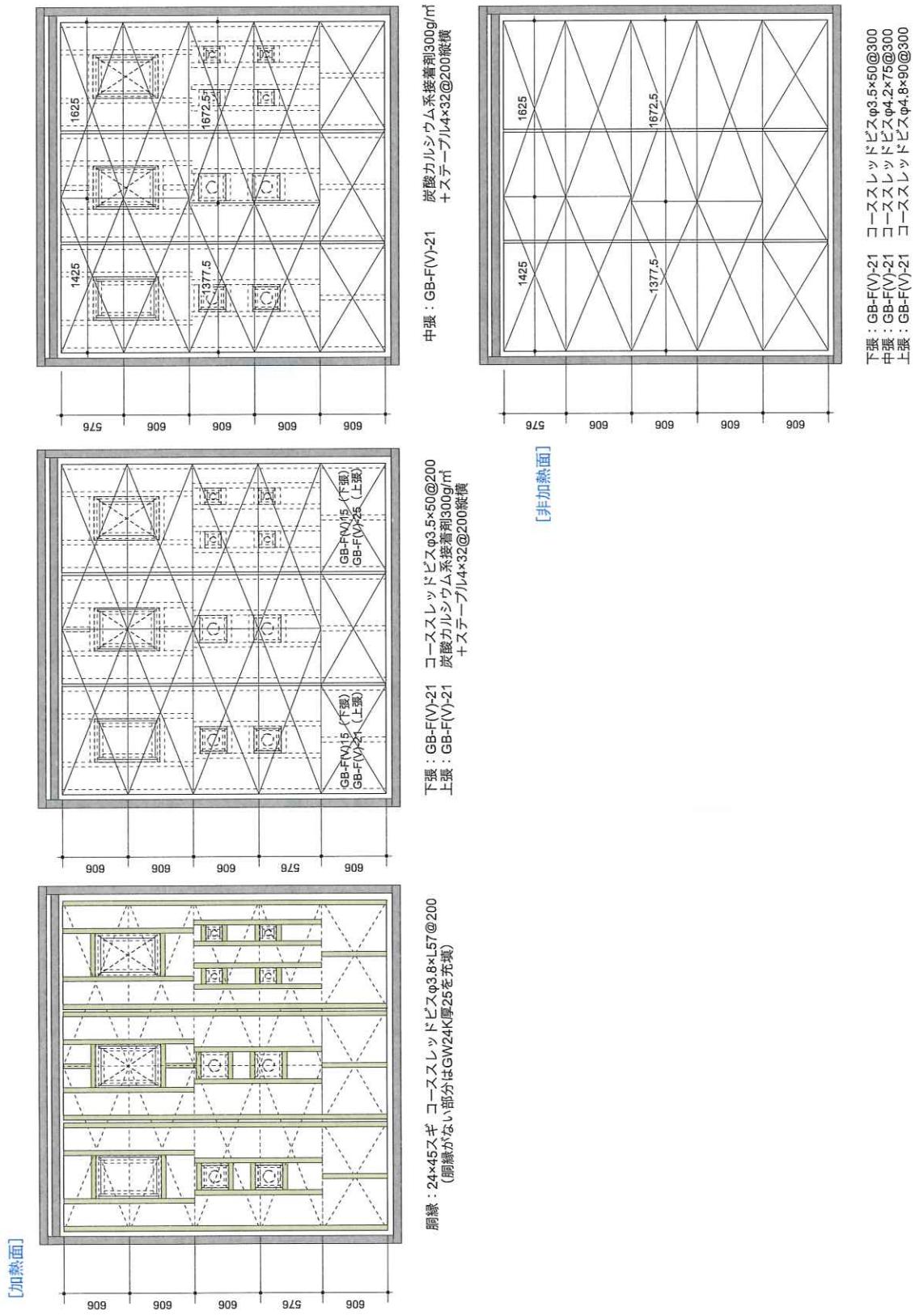


図 1.3.1-2 試験体 1 の構造・寸法・割付（単位：

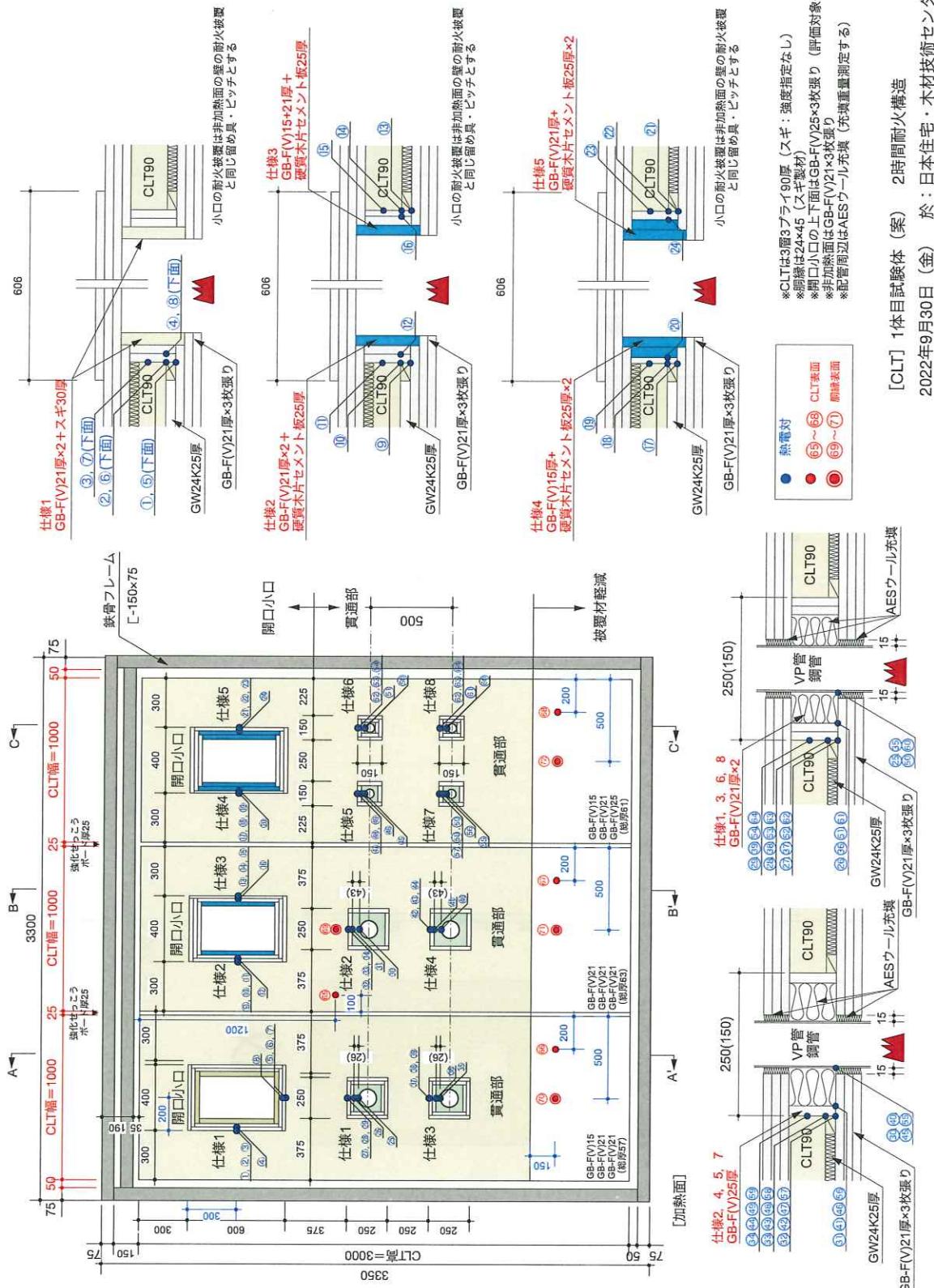
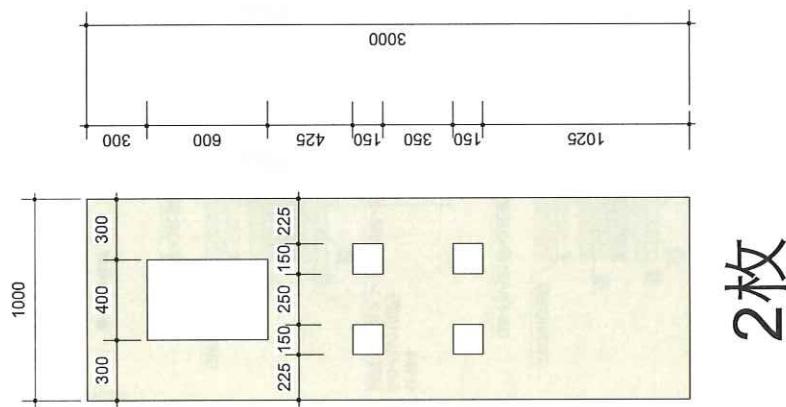
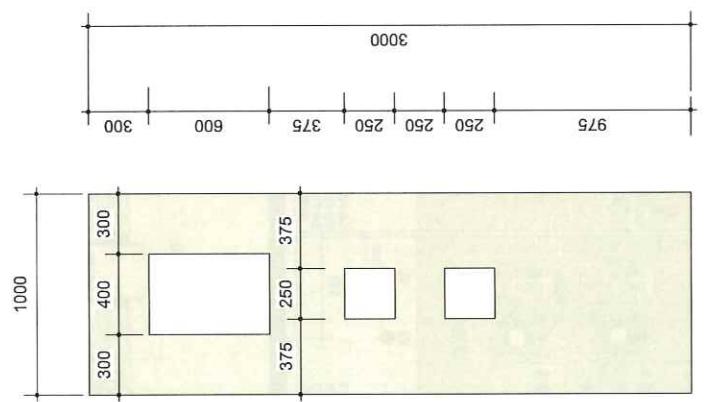


図 1.3.1-3 試験体 1 の熱電対位置 (単位 : mm)



2
枚



4枚

100

くりぬいたCLTを90×90×30mm程度に加工して3ヶずつ同送してください
(3ヶずつ×CLT6枚=18ヶ、CLTにナットリングしてサンプルと組付けする)

3層3プライ スギCLT90mm厚(強度指定なし)
1000×3000mm×90mm ×6枚

図 1.3.1-4 試験体 1 の CLT パネルの加工 (単位 :)

表 1.3.1-2 試験体仕様一覧（試験体 2：2 時間耐火構造の耐力壁想定）

部位	必要とされる 防耐火性能	仕様※ [mm]					CLT開口 [mm]	
一般部 (開口・貫通なし)	遮熱性 遮炎性 非損傷性	上部	CLT90mm (スギ、3層3プライ) 被覆総厚63mm GB-F(V)21mm厚×3枚	木胴縁 25×45	グラスウール 24K25厚	なし		
		上部			ネオマフォーム 25厚			
開口部小口	非損傷性 (躯体の燃焼)	仕様1	GB-F(V)21mm厚×2枚+スギ30mm厚	縦枠	不燃胴縁 25×45	グラスウール 24K25厚	400×600	
		仕様2	GB-F(V)21mm+アルミテープ+21mm厚 +スギ30mm厚		不燃胴縁 25×45			
		仕様3	GB-F(V)21mm+15mm厚+スギ30mm厚		不燃胴縁 25×45			
		仕様4	GB-F(V)21mm+15mm厚+スギ30mm厚		木胴縁 25×45			
		仕様5	GB-F(V)21mm+アルミテープ+21mm厚 +スギ30mm厚		木胴縁 25×45			
		仕様6	GB-F(V)25mm厚×2枚+スギ30mm厚		木胴縁 25×45			
		仕様7	GB-F(V)21mm厚×2枚+ 硬質木片セメント板25mm厚		不燃胴縁 25×45			
		仕様8	GB-F(V)21mm+25mm厚+ 硬質木片セメント板25mm厚		木胴縁 25×45			
貫通部	非損傷性 (躯体の燃焼)	仕様1	GB-F(V)25mm厚+AES充填	スパイラル ダクト	150A (外寸 ϕ 154)	木胴縁 25×45	グラスウール 24K25厚	250角
		仕様2	GB-F(V)25mm厚+AES充填	VP管 (塩ビ)	150A (外寸 ϕ 165)			

※ GB-F(V) = 強化せっこうボード GB-F(V)

※仕様4,6は、加熱中の壁の耐火被覆の開き止めとして中張り材をスギ30mm厚の小口にステークルで留める。

※ AESウール充填 [充填量の例 (試験体製作時に記録)] 仕様1: 200 kg/m³、仕様2: 206 kg/m³

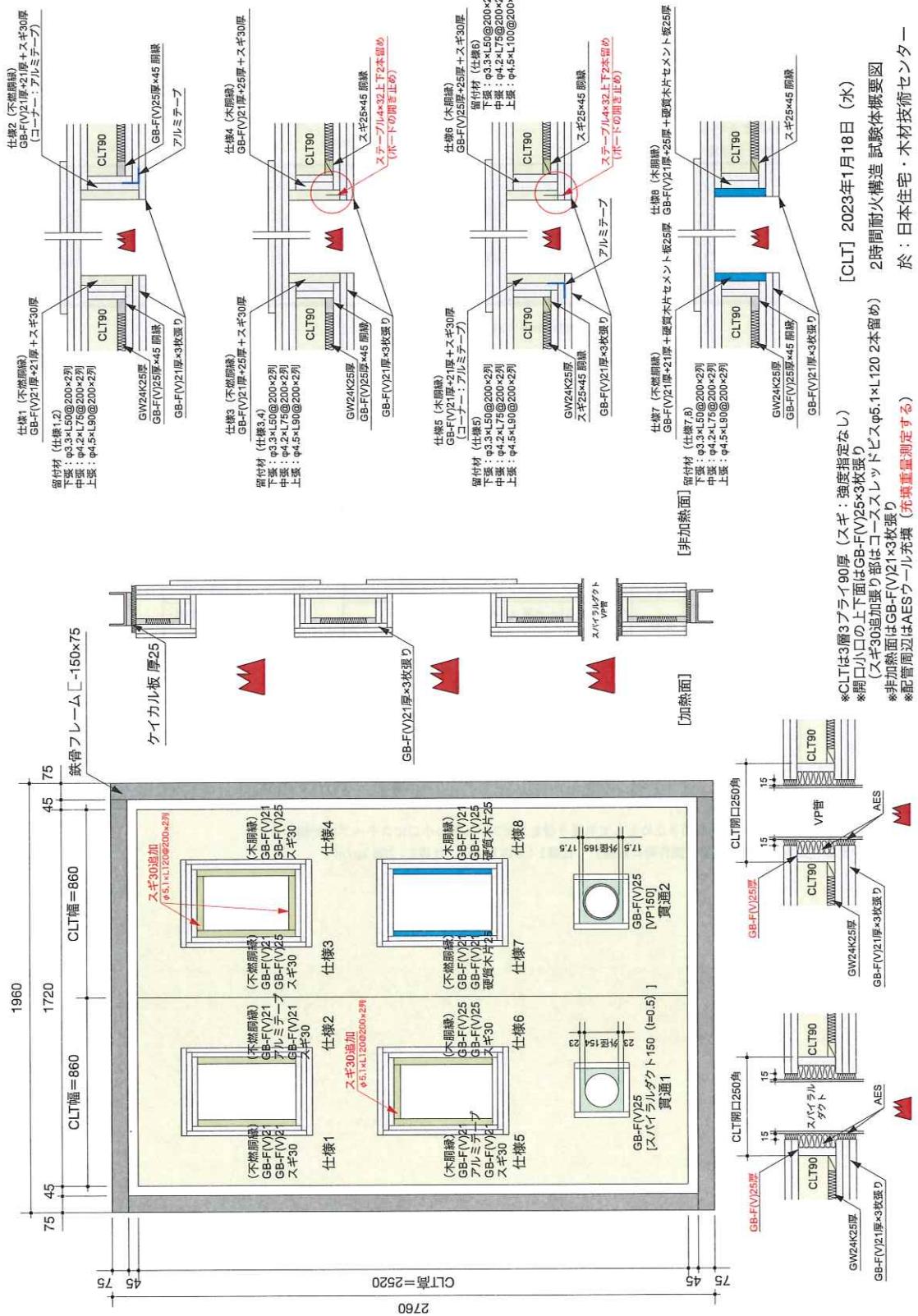


図 1.3.1-5 試験体 2 の構造・寸法 (単位: mm)

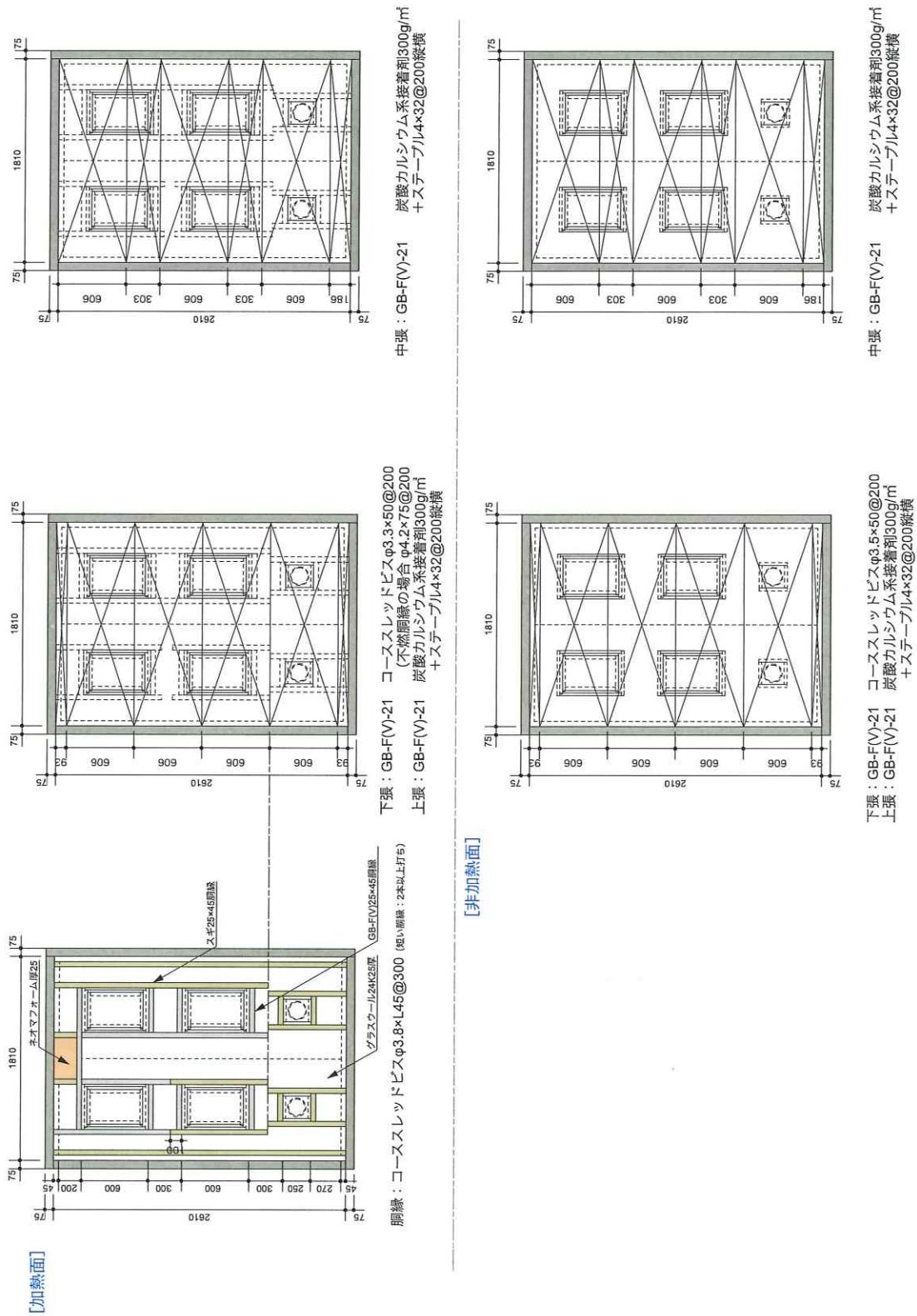


図 1.3.1-6 試験体 1 の構造・寸法・割付（単位：

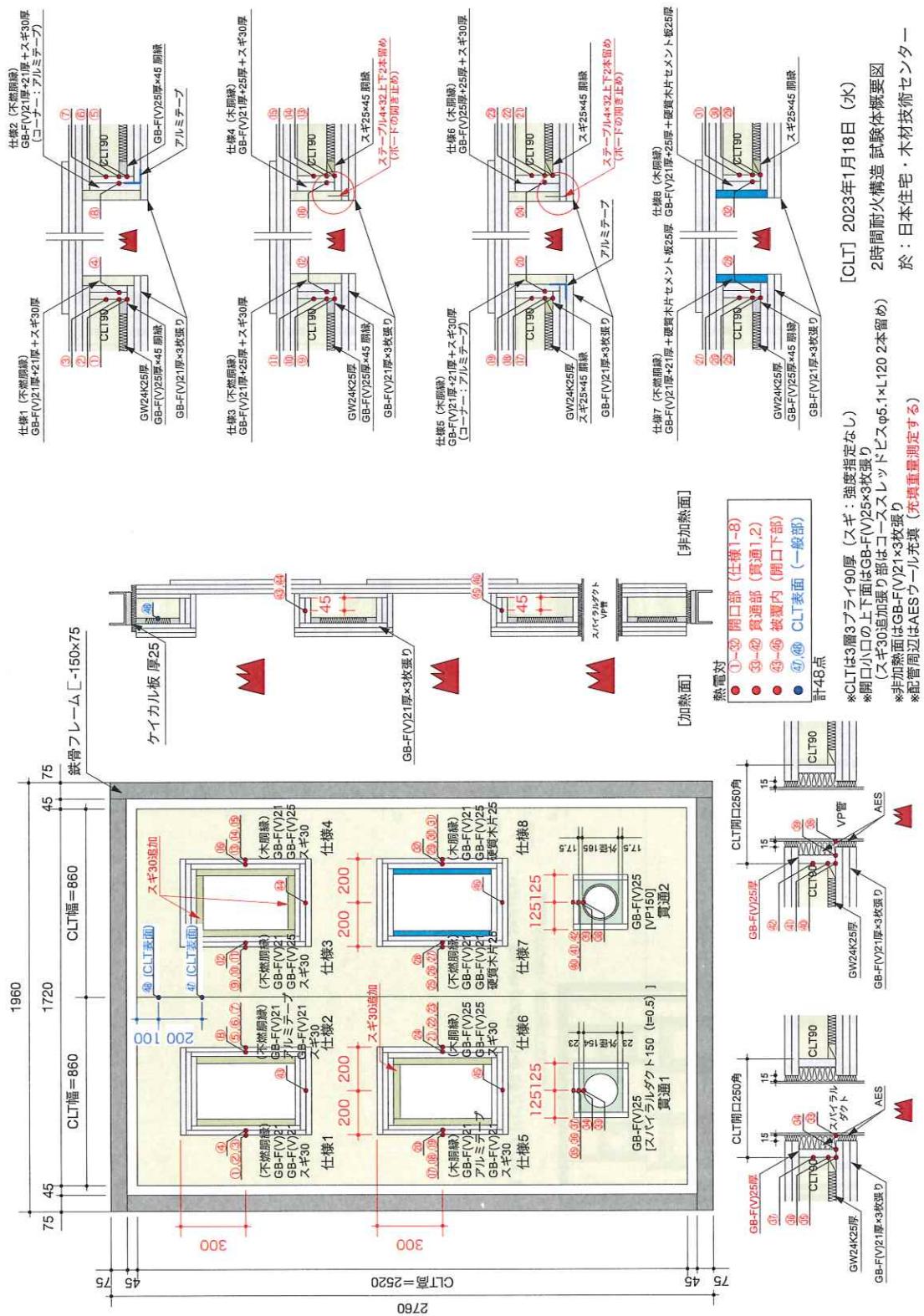


図 1.3.1-7 試験体 2 の熱電対位置 (単位 : mm)

スギCLT 3層3プライ90厚（強度指定なし）
2枚+90角含水率サンプル3ヶずつ

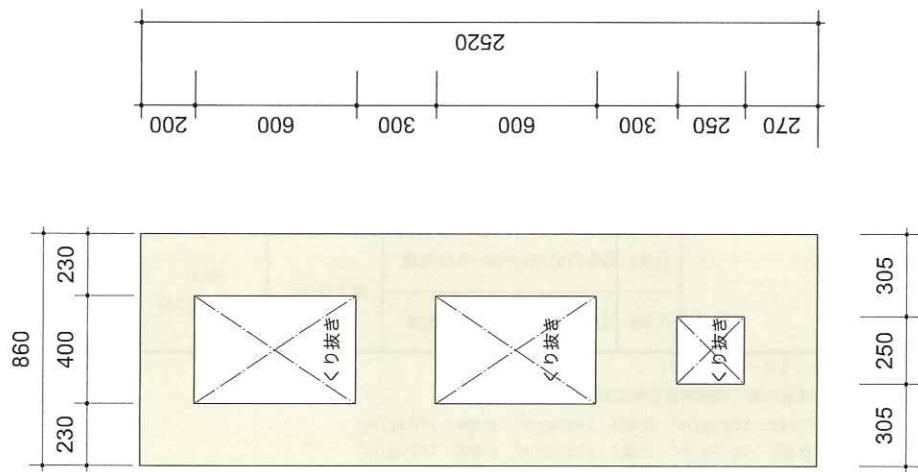


図 1.3.1-8 試験体 2 の CLT パネルの加工（単位：

表 1.3.1-3 試験体仕様一覧（試験体 3：1 時間耐火構造の耐力壁想定）

部位	必要とされる 防耐火性能	仕様※ [mm]				CLT開口 [mm]		
一般部 (開口・貫通なし)	遮熱性 遮炎性 非損傷性	下部	CLT90mm (スギ、3層3プライ) 被覆総厚36mm GB-F(V)15mm+21mm厚		木胴縁 25×45	グラスウール 24K25厚		
		下部	CLT90mm (スギ、3層3プライ) 被覆総厚37.5mm GB-F(V)12.5mm+25mm厚					
		下部	CLT90mm (スギ、3層3プライ) 被覆総厚42mm GB-F(V)21mm厚×2枚					
		中部	ネオマフォーム 25厚					
		上部						
開口部小口	非損傷性 (軸体の燃焼)	仕様1	GB-F(V)21mm厚+スギ30mm厚	四周	木胴縁 25×45	グラスウール 24K25厚		
		仕様2	GB-F(V)21mm厚+ 硬質木片セメント板25mm厚	縦棒				
		仕様3	GB-F(V)25mm厚+ 硬質木片セメント板25mm厚	縦棒				
		仕様4	GB-F(V)25mm厚+スギ30mm厚	四周				
貫通部	非損傷性 (軸体の燃焼)	仕様1	GB-F(V)15mm厚+AES充填	VP管(塩ビ)	100A (外寸φ114)	250角		
		仕様2	GB-F(V)25mm厚+ AES充填					
		仕様3	GB-F(V)15mm厚+AES充填	鋼管(SGP)	100A (外寸φ114.3)			
		仕様4	GB-F(V)25mm厚+ AES充填					
		仕様5	GB-F(V)25mm厚+ AES充填	VP管(塩ビ)	50A (外寸φ60)	150角		
		仕様6	GB-F(V)15mm厚+AES充填					
		仕様7	GB-F(V)25mm厚+ AES充填	鋼管(SGP)	50A (外寸φ60.5)			
		仕様8	GB-F(V)15mm厚+AES充填					

※ GB-F(V) = 強化せっこうボードGB-F(V)

※ AES ウール充填 [充填量の例 (試験体製作時に記録)]

仕様1 : 153 kg/m³、仕様2 : 188 kg/m³、仕様3 : 149 kg/m³、仕様4 : 178 kg/m³

仕様5 : 178 kg/m³、仕様6 : 185 kg/m³、仕様7 : 185 kg/m³、仕様8 : 182 kg/m³

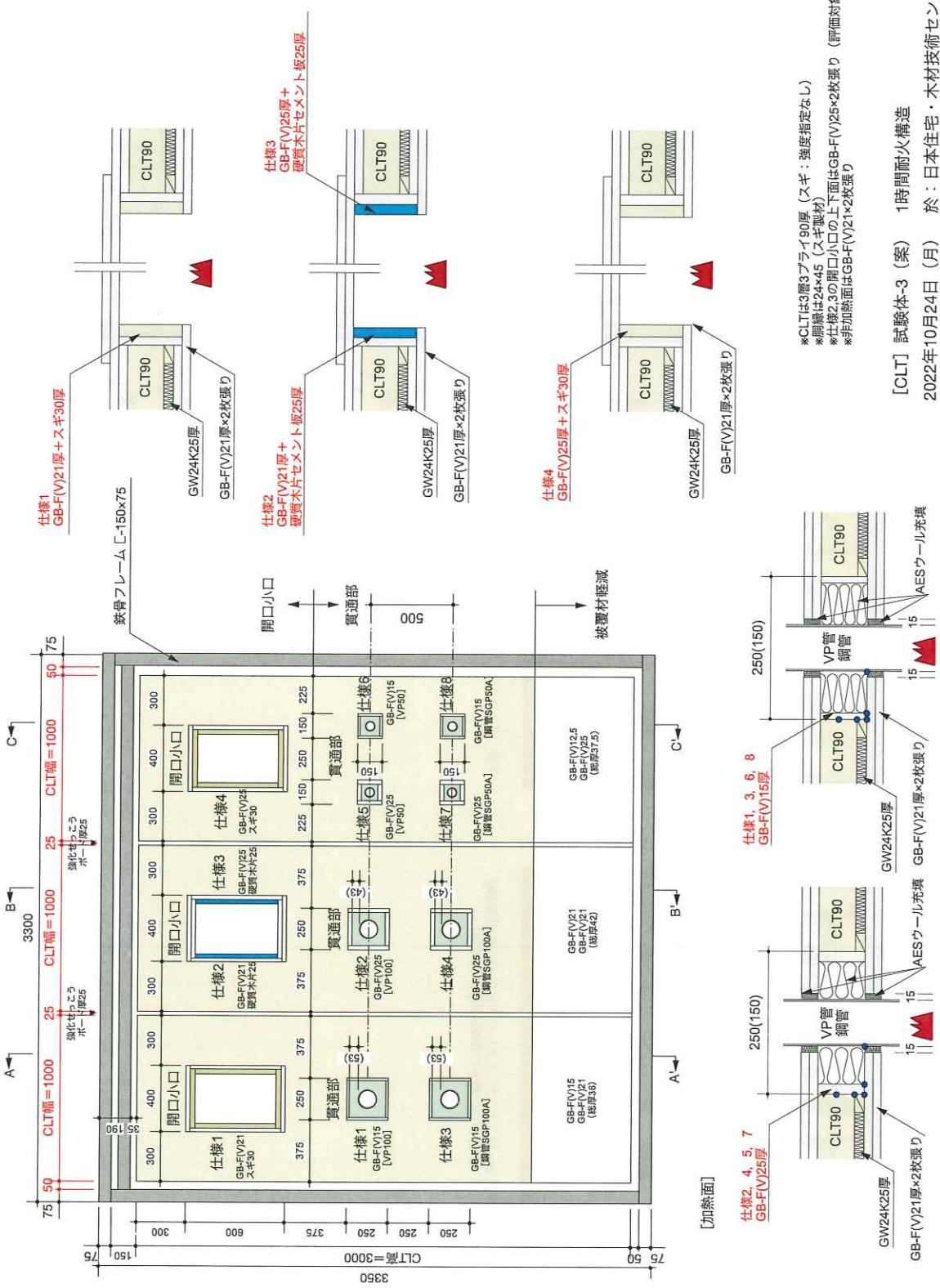


図 1.3.1-9 試験体 3 の構造・寸法 (単位 :

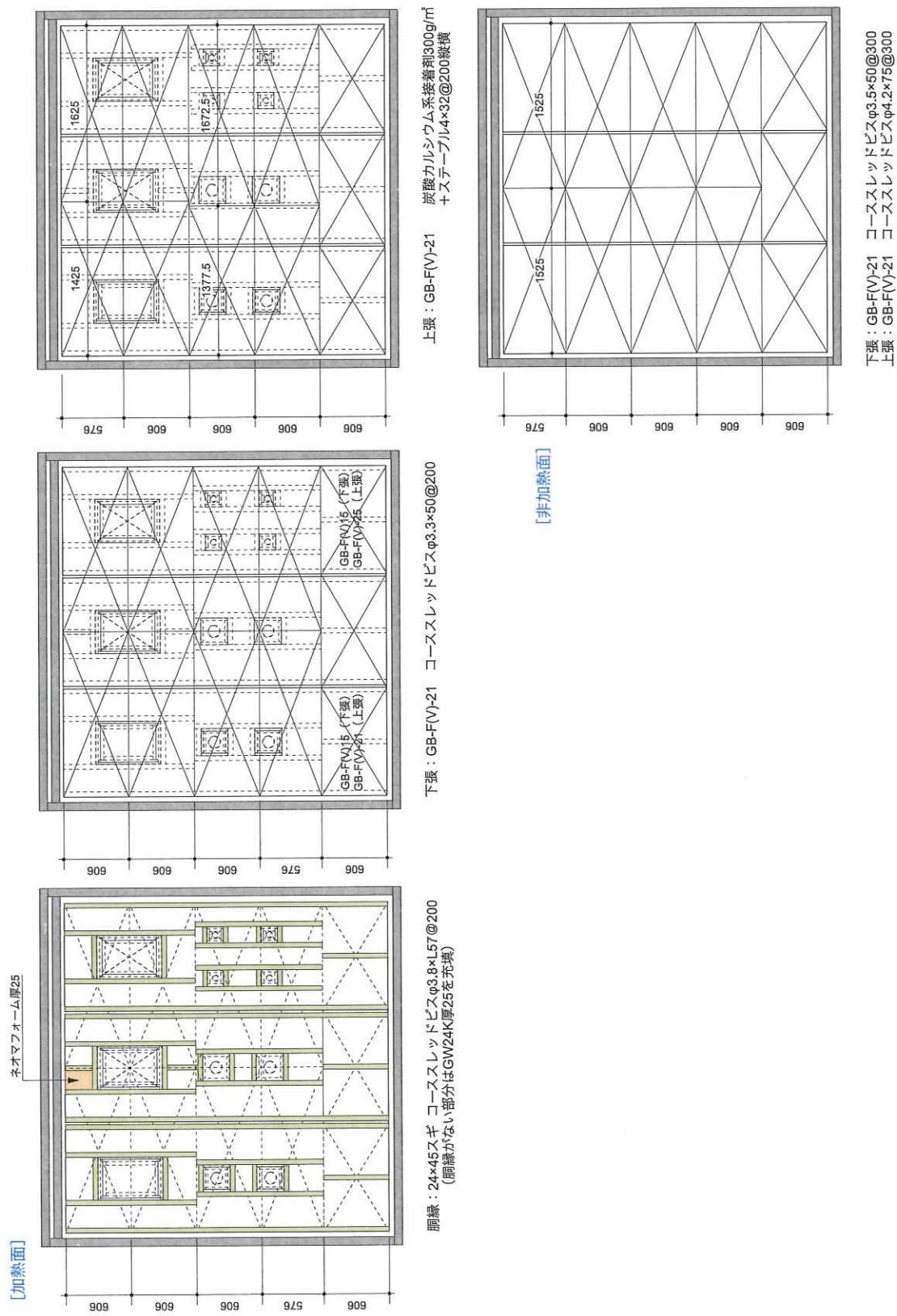


図 1.3.1-10 試験体 3 の構造・寸法・割付 (単位 : mm)

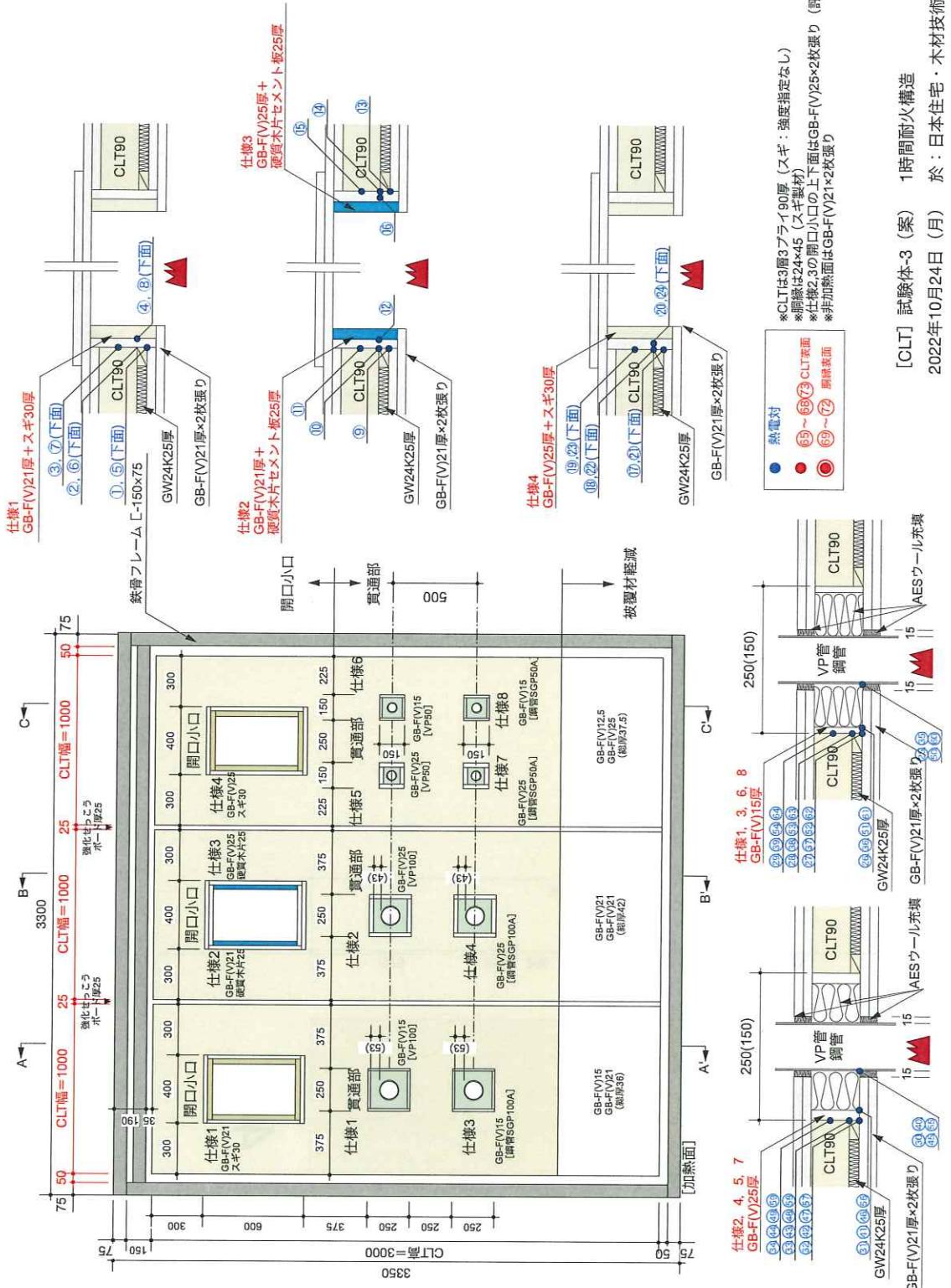
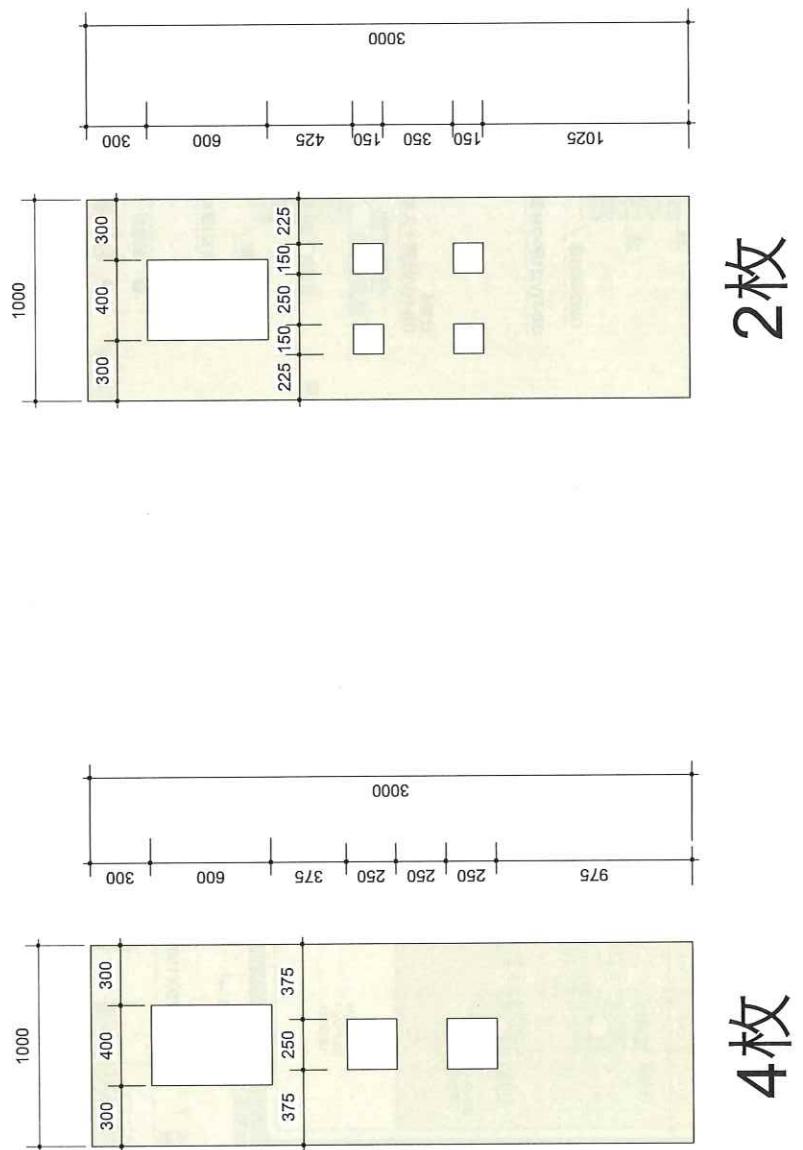


図 1.3.1-11 試験体 3 の熱電対位置 (単位 : mm)



3層3プライ スギCLT90mm厚(強度指定なし)
1000x3000mm×90mm ×6枚

□ =くりぬく

くりぬいたCLTを90×90×30mm程度に加工して3ヶずつ同送してください
(3ヶずつ×CLT6枚=18ヶ、CLTにナットリシグしてサンブルと紐付けする)

図 1.3.1-12 試験体 3 の CLT パネルの加工 (単位 :

(2) 加熱方法

実験は、公益財団法人 日本住宅・木材技術センターの壁炉（写真 1.3.1-7）、を用いて、IS0834 標準加熱曲線に準じた加熱とした。実験時間は、耐火構造に要求される加熱時間+加熱時間×3 倍の放置時間とし、試験体 1,2 では、2 時間+6 時間放置、試験体 3 では、1 時間加熱+3 時間放置を目標に実施し、放置終了は内部温度推移等により判断することとした。

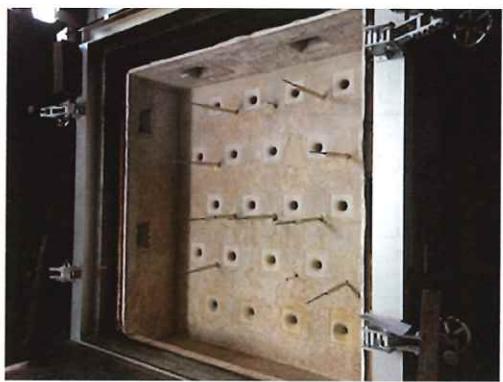


写真 1.3.1-7 日本住宅・木材技術センター壁炉（非載荷）

(3) 防耐火性能の評価

非損傷性は、壁の倒壊につながる CLT の燃焼開始時間（=木材表面温度が 260°C を超える時間）を CLT 内部（開口穴及び貫通穴の隅角部及び小口）に設置した熱電対により測定し、実験終了後に試験体を解体して目視にて CLT 軸体を観察した。

1.3.2 実験結果

(1) 試験体1

検証対象：防火区画以外の壁

検証内容：2時間耐火構造※

※2時間加熱後+6時間放置後に試験体内部温度が低下傾向にあったため、終了。

構造躯体：CLT90mm厚（スギ、3層3プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤）

構造躯体の耐火被覆：強化セッコウボード GB-F(V)21mm厚×3枚（両面）

表 1.3.2-1 試験体1の実験結果一覧

部位	必要とされる 耐火性能	仕様名	仕様	260°C到達時間			炭化の有無		
				木胴縁 隅角部	CLT躯体				
					隅角部	小口中央	胴縁	CLT	
開口部小口	非損傷性 (躯体の燃焼)	仕様1	GB-F(V)21mm厚×2枚 +スギ30mm厚	縦枠 上下枠	GW 24K25厚	185分 (1)	201分 (2)	到達せず (最高238°C) あり (燃焼継続)	
						189分 (5)	189分 (6)	到達せず (最高252°C) あり・下枠 (燃焼継続)	
		仕様2	GB-F(V)21mm厚×2枚 +硬質木片セメント板25mm厚	縦枠		249分 (9)	312分 (10)	到達せず (最高182°C) あり (燃焼継続)	
		仕様3	GB-F(V)15mm+21mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚	縦枠		185分 (13)	228分 (14)	到達せず (最高232°C) あり (燃え止まり)	
		仕様4	GB-F(V)15mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚×2枚	縦枠		199分 (17)	263分 (18)	到達せず (最高238°C) あり (燃え止まり)	
		仕様5	GB-F(V)21mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚×2枚	縦枠		252分 (21)	329分 (22)	到達せず (最高199°C) あり (燃え止まり)	
貫通部	非損傷性 (躯体の燃焼)	仕様1	GB-F(V)21mm厚×2枚 +AESワール充填	VP管 (塗ビ) (外寸φ114)	100A (外寸φ114)	到達せず (最高154°C)	到達せず (最高98°C)	到達せず (最高97°C) あり (燃え止まり) なし	
		仕様2	GB-F(V)25mm厚 +AESワール充填			到達せず (最高195°C)	到達せず (最高112°C)	到達せず (最高90°C) なし (変色) なし	
		仕様3	GB-F(V)21mm厚×2枚 +AESワール充填			到達せず (最高134°C)	到達せず (最高102°C)	到達せず (最高98°C) なし (変色) なし	
		仕様4	GB-F(V)25mm厚 +AESワール充填			到達せず (最高166°C)	到達せず (最高108°C)	到達せず (最高97°C) なし (変色) なし	
		仕様5	GB-F(V)25mm厚 +AESワール充填	VP管 (塗ビ) (外寸φ60)	50A (外寸φ60)	到達せず (最高193°C)	到達せず (最高114°C)	到達せず (最高95°C) あり (燃え止まり) なし	
		仕様6	GB-F(V)21mm厚×2枚 +AESワール充填			到達せず (最高200°C)	到達せず (最高109°C)	到達せず (最高96°C) なし (変色) なし	
		仕様7	GB-F(V)25mm厚 +AESワール充填			到達せず (最高189°C)	到達せず (最高109°C)	到達せず (最高105°C) なし	
		仕様8	GB-F(V)21mm厚×2枚 +AESワール充填			到達せず (最高147°C)	到達せず (最高104°C)	到達せず (最高98°C) なし	
一般部	遮熱性 遮炎性 非損傷性	下部	被覆総厚57mm GB-F(V)15mm+21mm厚×2枚	GW 24K25厚	胴縁表面	CLT躯体表面		あり (燃え止まり)	
		下部	被覆総厚61mm GB-F(V)15mm+21mm+25mm厚		175分 (17)	到達せず (最高153°C)			
		上部	被覆総厚63mm GB-F(V)21mm厚×3枚		到達せず (最高225°C)	到達せず (最高114°C)		なし	
		下部			到達せず (最高176°C)	到達せず (最高98°C)		なし	
					到達せず (最高204°C)	到達せず (最高127°C)		なし	

※ GB-F(V) = 強化セッコウボード GB-F(V)

※ GW=グラスワール

□内部温度データ

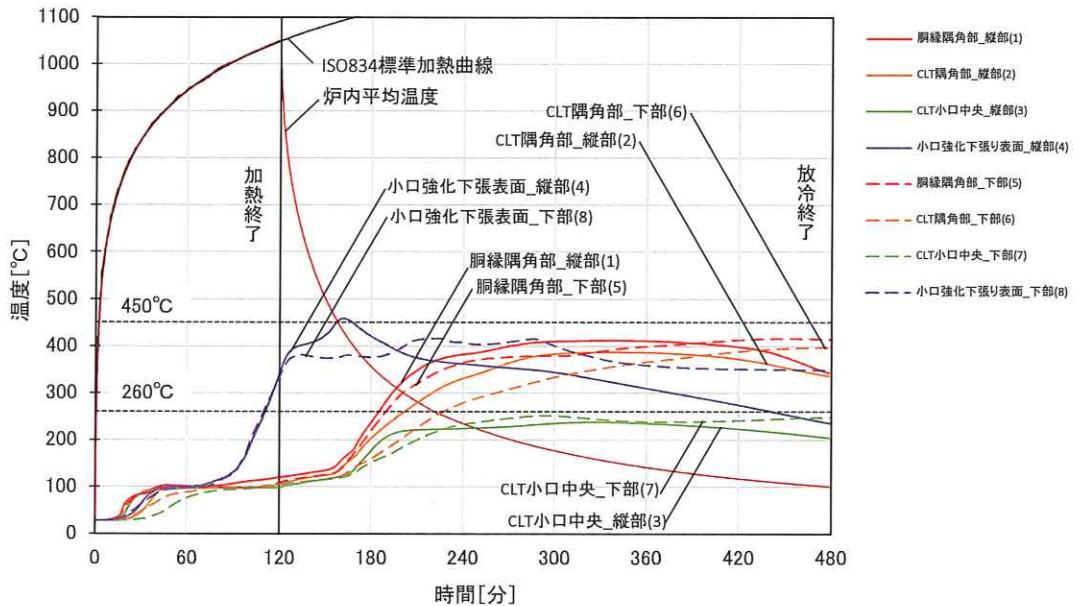


図 1.3.2-1 開口部小口の内部温度推移
(仕様 1 : GB-F(V)21mm 厚×2枚+スギ 30mm 厚)

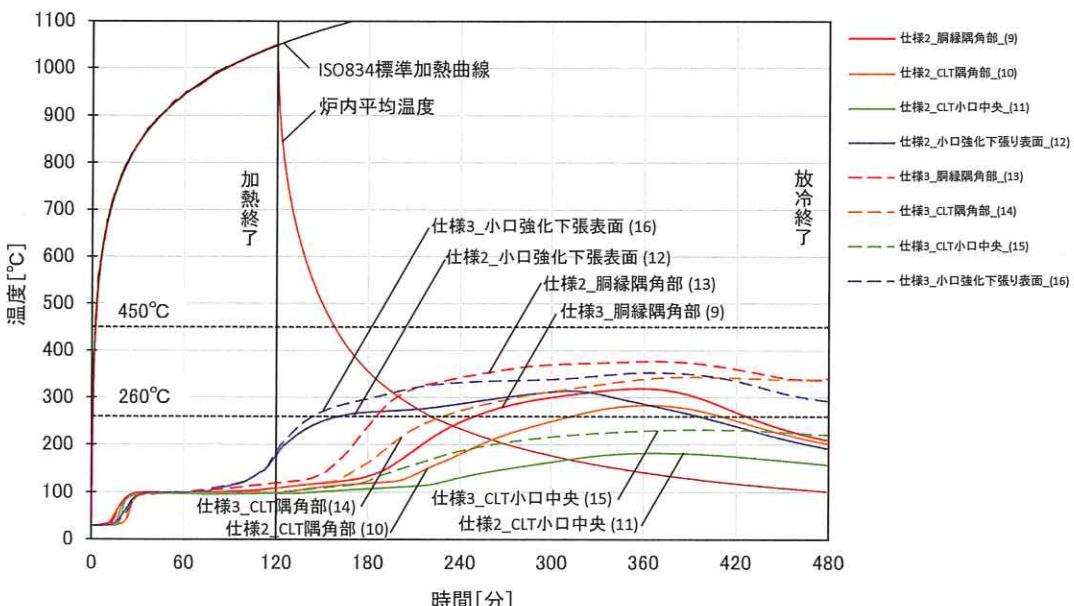


図 1.3.2-2 開口部小口の内部温度推移
(仕様 2 : GB-F(V)21mm 厚×2枚+硬質木片セメント 25mm 厚)
(仕様 3 : GB-F(V)15mm 厚+21mm 厚+硬質木片セメント 25mm 厚)

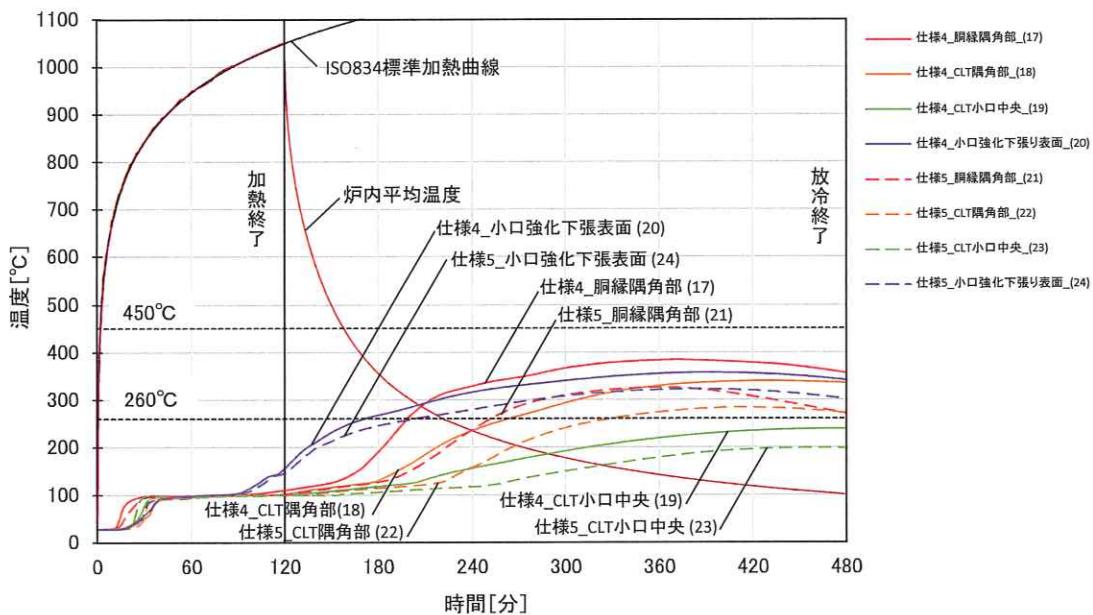


図 1.3.2-3 開口部小口の内部温度推移

(仕様 4 : GB-F(V)15mm 厚 + 硬質木片セメント 25mm 厚 × 2 枚)

(仕様 5 : GB-F(V) 21mm 厚 + 硬質木片セメント 25mm 厚 × 2 枚)

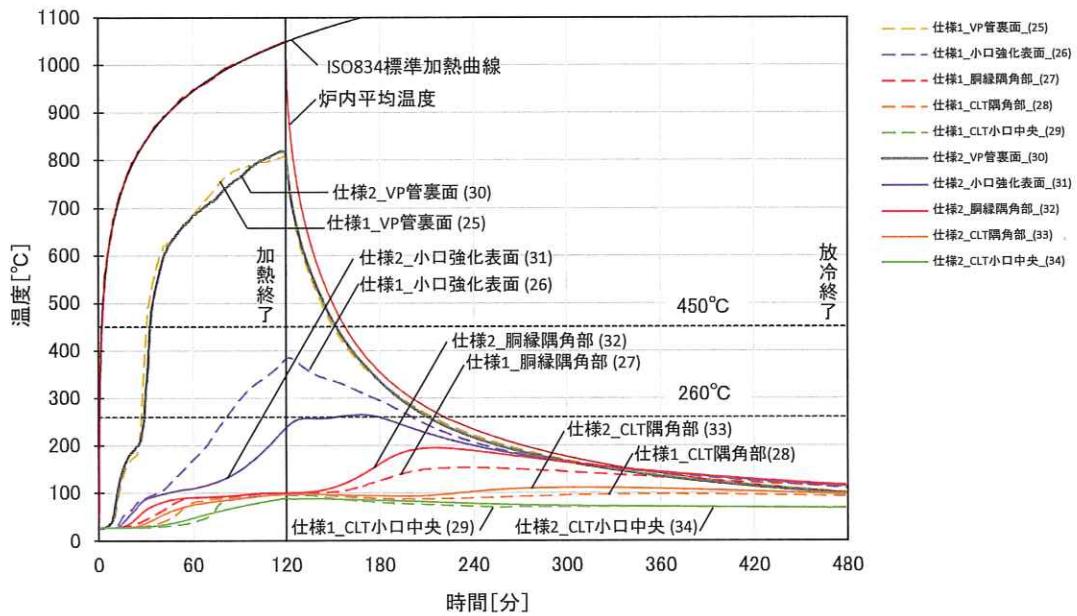


図 1.3.2-4 貫通部(VP 管 100A)の内部温度推移

(仕様 1 : GB-F(V)21mm 厚 × 2 枚 + AES ウール充填)

(仕様 2 : GB-F(V)25mm 厚 + AES ウール充填)

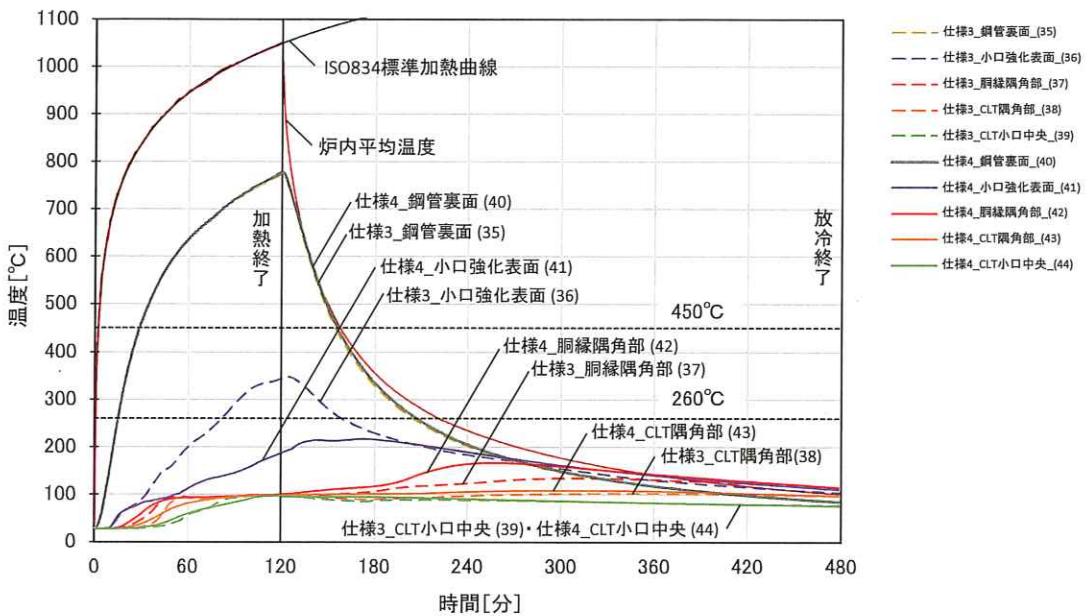


図 1.3.2-5 貫通部(钢管 100A)の内部温度推移
(仕様 3 : GB-F(V)21mm 厚×2枚+AES ウール充填)
(仕様 4 : GB-F(V)25mm 厚+AES ウール充填)

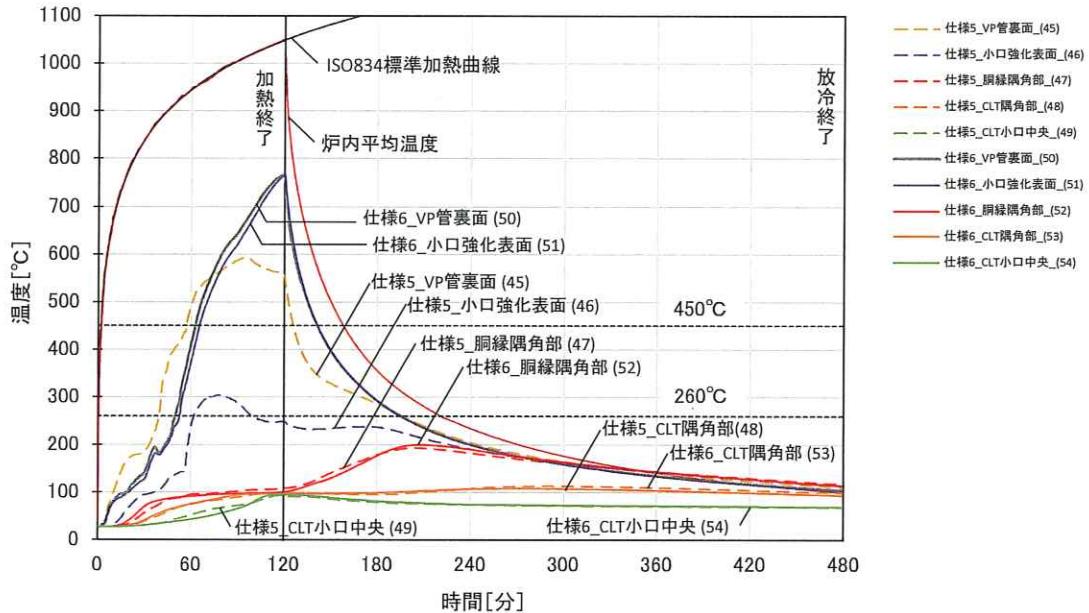


図 1.3.2-6 貫通部(VP 管 50A)の内部温度推移
(仕様 5 : GB-F(V)21mm 厚×2枚+AES ウール充填)
(仕様 6 : GB-F(V)25mm 厚+AES ウール充填)

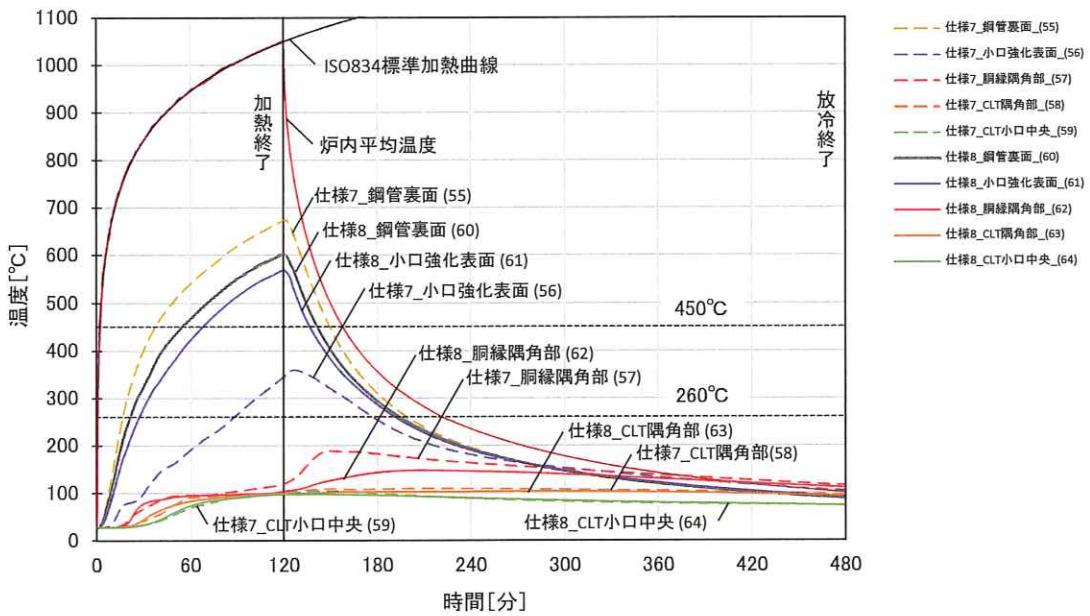


図 1.3.2-7 貫通部(鋼管 50A)の内部温度推移
(仕様 7 : GB-F(V)21mm 厚×2枚+AES ウール充填)
(仕様 8 : GB-F(V)25mm 厚+AES ウール充填)

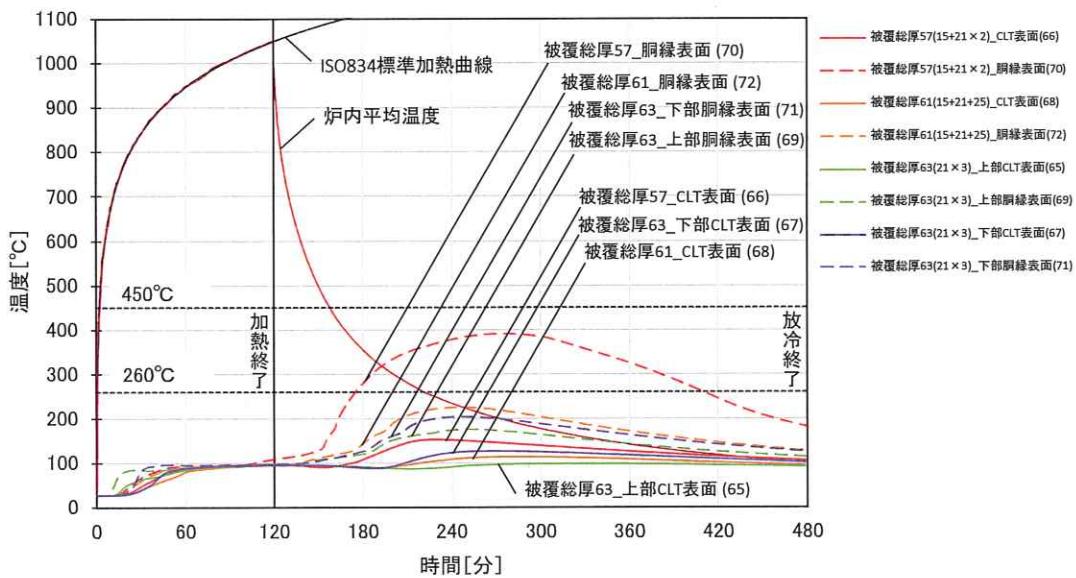
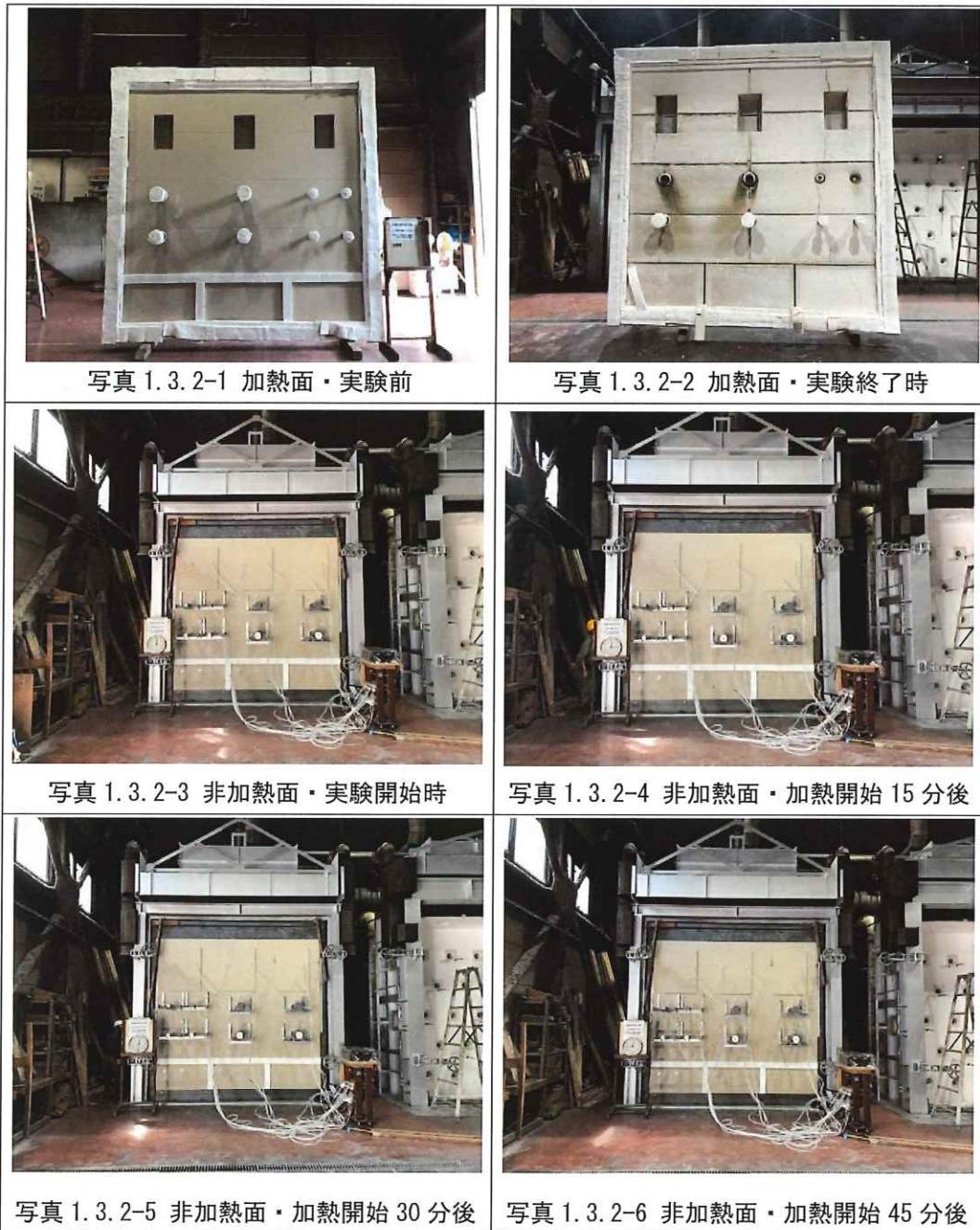


図 1.3.2-8 一般部の内部温度推移

□試験体1の記録画像（写真）



つづく



写真 1.3.2-7 非加熱側・加熱開始 60 分後

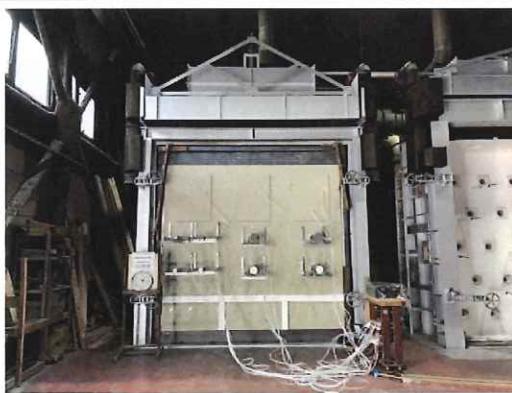


写真 1.3.2-8 非加熱側・加熱開始 75 分後

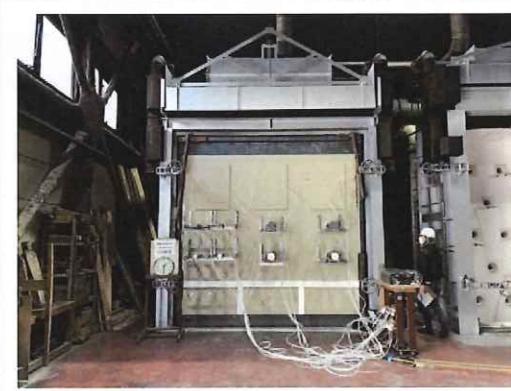


写真 1.3.2-9 非加熱面・加熱開始 90 分後

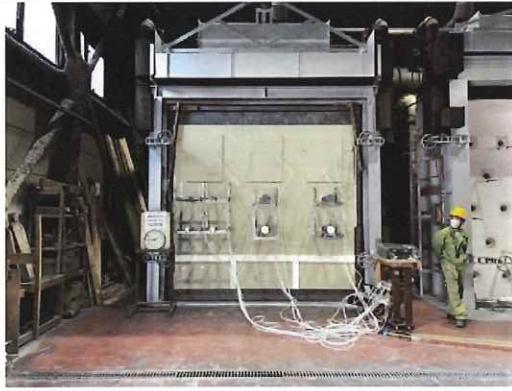


写真 1.3.2-10 非加熱面・加熱開始 105 分後



写真 1.3.2-11
非加熱面・加熱開始 120 分後
(加熱終了・放置開始)

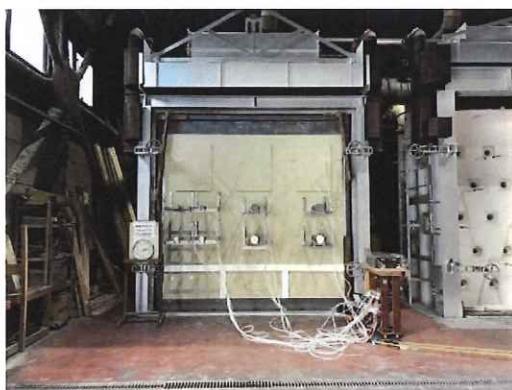


写真 1.3.2-12
非加熱面・実験開始 135 分後
(放置開始 15 分後)

つづく



写真 1.3.2-13
非加熱面・実験開始 150 分後
(放置開始 30 分後)



写真 1.3.2-14
非加熱面・実験開始 165 分後
(放置開始 45 分後)



写真 1.3.2-15
非加熱面・実験開始 180 分後
(放置開始 60 分後)



写真 1.3.2-16
非加熱面・実験開始 210 分後
(放置開始 90 分後)



写真 1.3.2-17
非加熱面・実験開始 240 分後
(放置開始 120 分後)

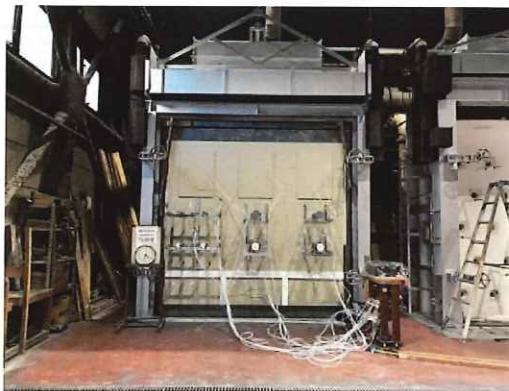


写真 1.3.2-18
非加熱面・実験開始 270 分後
(放置開始 150 分後)

つづく

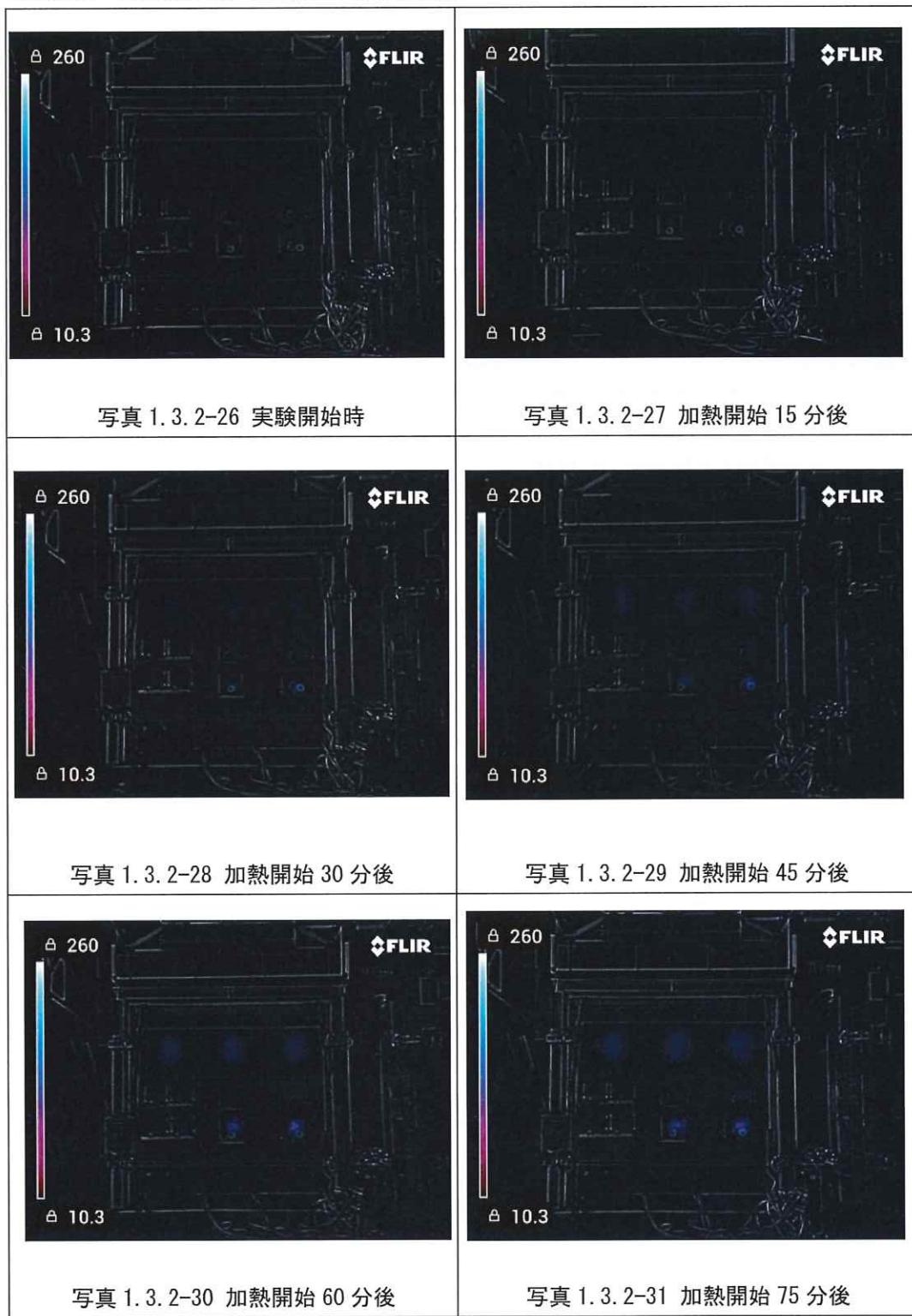


つづく

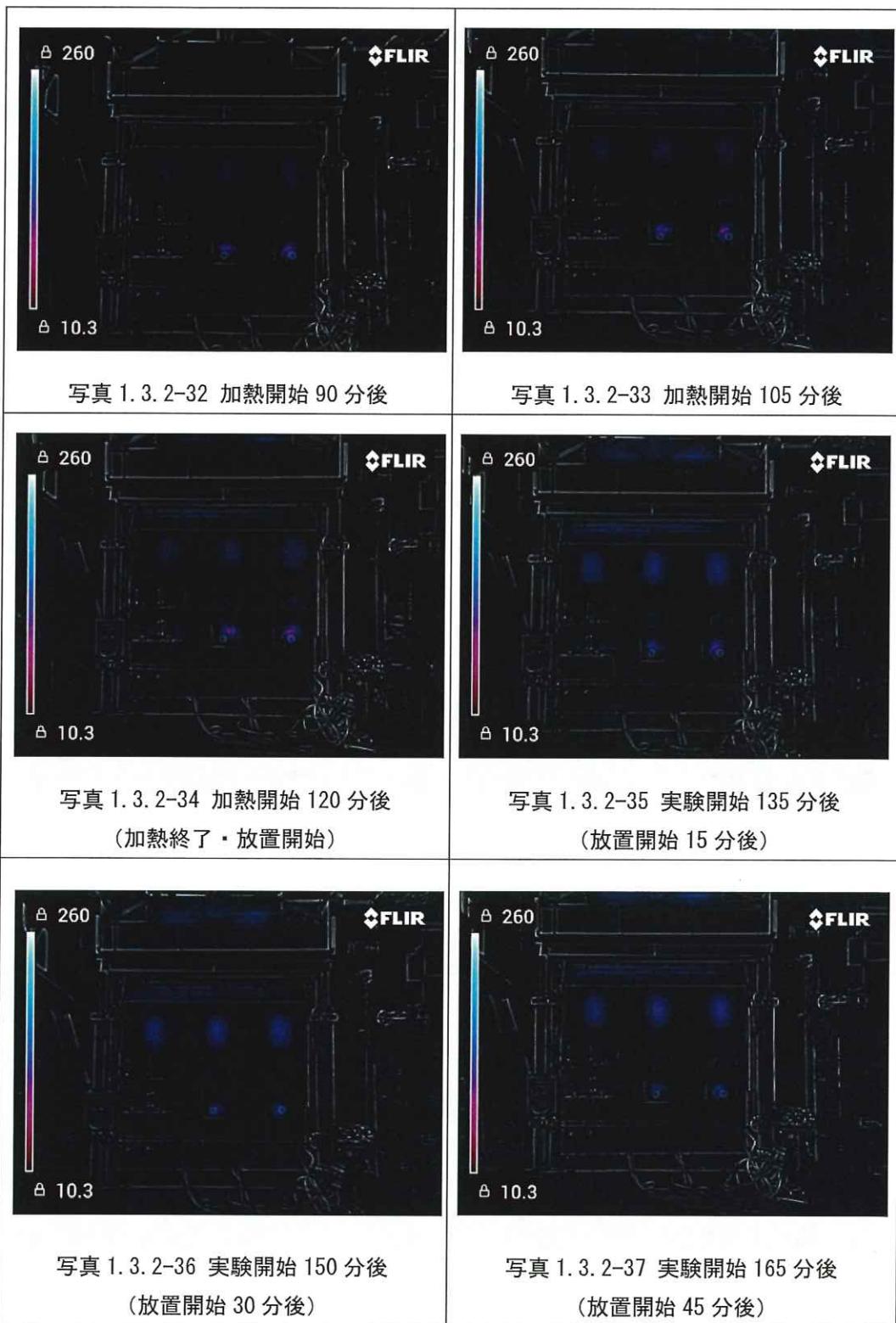


写真 1.3.2-25
非加熱面・実験開始 480 分後
(放置開始 360 分後・実験終了時)

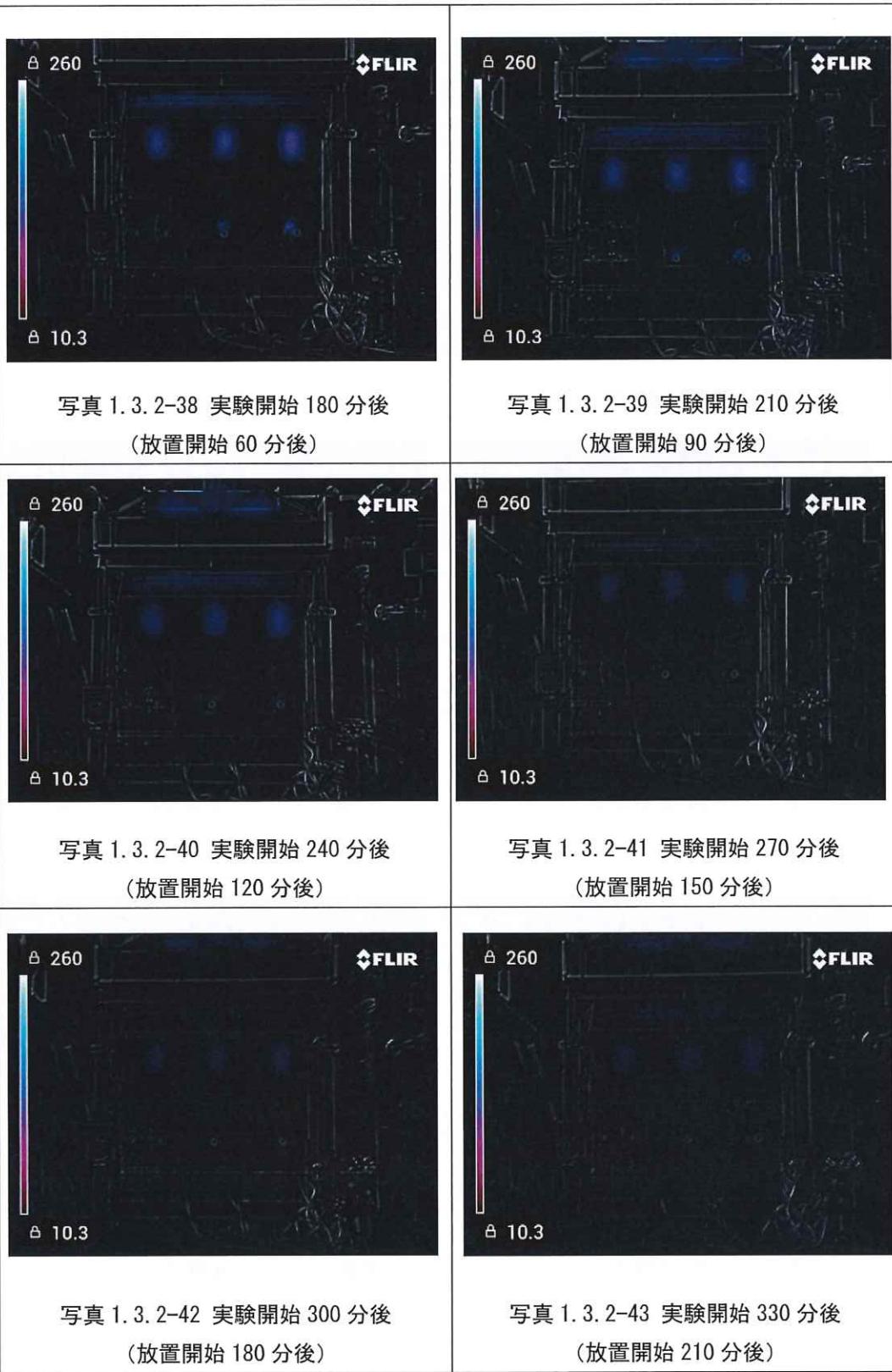
□試験体1の記録画像（非加熱面側の熱映像）



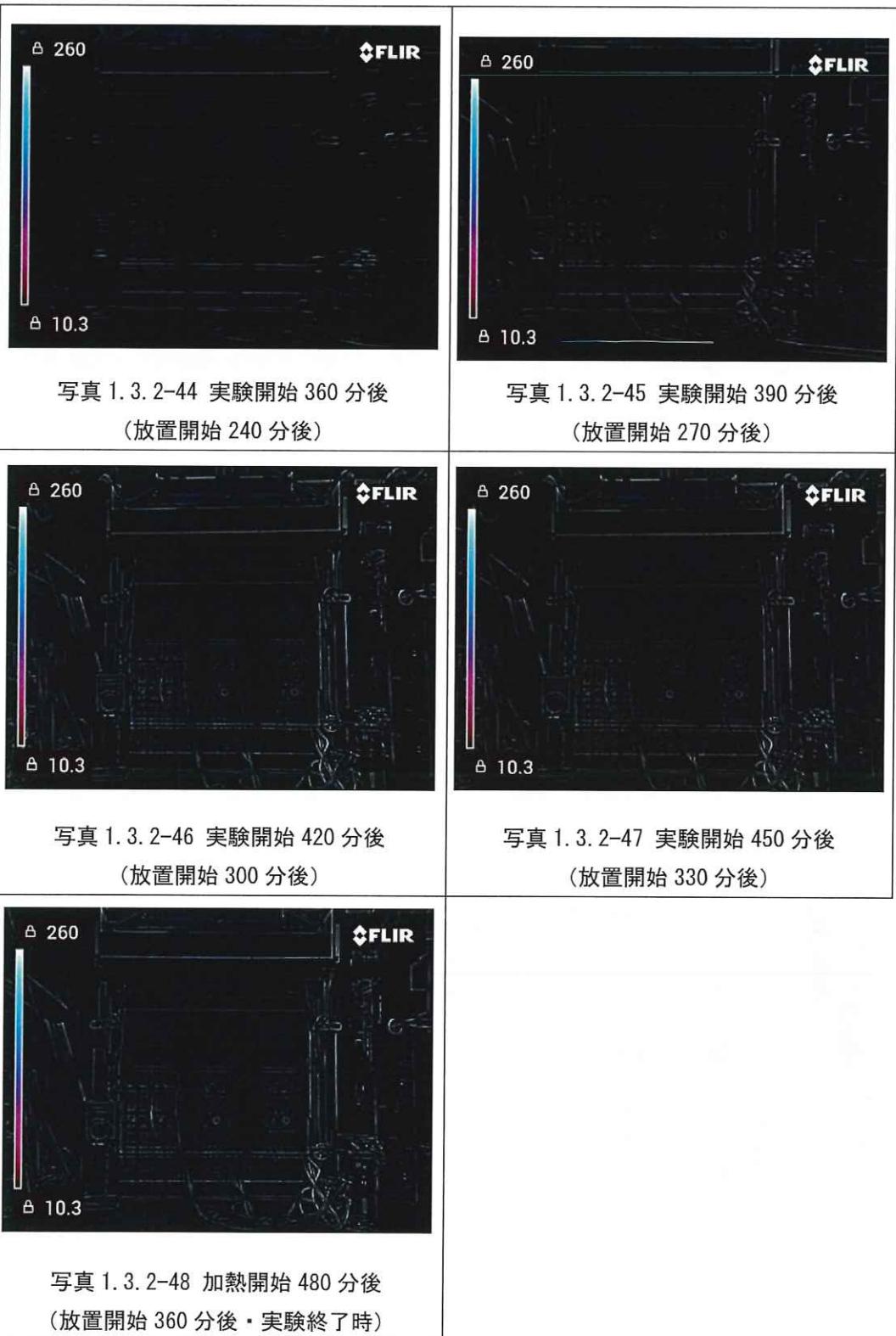
つづく



つづく



つづく



■試験体 1 記録画像（脱炉後の写真）



写真 1.3.2-49 加熱面・実験開始時



写真 1.3.2-50 加熱面・脱炉直後
(上張材)

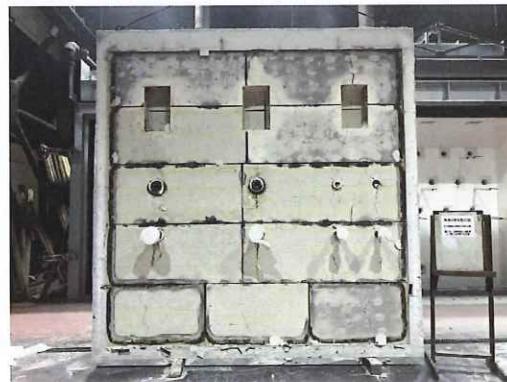


写真 1.3.2-51 加熱面・解体時
(中張材)



写真 1.3.2-52 加熱面・解体時
(下張材)



写真 1.3.2-53 加熱面・解体時
(胴縁・CLT 表面)



写真 1.3.2-54 加熱面・解体時
(一般部 被覆総厚 57mm)

つづく



写真 1.3.2-55 加熱面・脱炉直後
(開口部・仕様 1/上張材)



写真 1.3.2-56 加熱面・脱炉直後
(開口部・仕様 2(左), 仕様 3(右)/上張材)



写真 1.3.2-57 加熱面・脱炉直後
(開口部・仕様 4(左), 5(右)/上張材)



写真 1.3.2-58 加熱面・脱炉直後
(貫通部・仕様 1(上), 仕様 3(下)/上張材)



写真 1.3.2-59 加熱面・脱炉直後
(貫通部・仕様 2(上), 仕様 4(下)/上張材)



写真 1.3.2-60 加熱面・脱炉直後
(貫通部・仕様 5(左上), 仕様 6(右上),
仕様 7(左下), 仕様 8(右下)/上張材)

つづく



写真 1.3.2-61 加熱面・解体時
(開口部・仕様 1)



写真 1.3.2-62 加熱面・解体時
(開口部・仕様 2(左))



写真 1.3.2-63 加熱面・解体時 CLT 表面
(開口部・仕様 1)

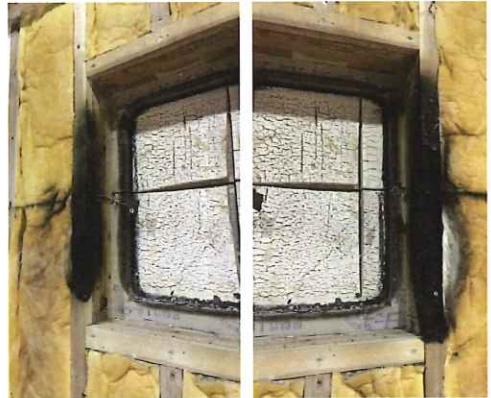


写真 1.3.2-64 加熱面・解体時 CLT 表面
(開口部・仕様 2(左), 仕様 3(右))



写真 1.3.2-65 加熱面・解体時 CLT 表面
(開口部仕様 4(左), 5(右))

つづく



写真 1.3.2-66 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 1)



写真 1.3.2-67 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 1)



写真 1.3.2-68 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 2)



写真 1.3.2-69 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 2)



写真 1.3.2-70 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 3)



写真 1.3.2-71 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 3)

つづく



写真 1.3.2-72 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 4)



写真 1.3.2-73 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 4)



写真 1.3.2-74 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 5)



写真 1.3.2-75 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 5)



写真 1.3.2-76 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 6)



写真 1.3.2-77 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 6)

つづく



写真 1.3.2-78 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 7)



写真 1.3.2-79 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 7)



写真 1.3.2-80 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 8)



写真 1.3.2-81 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 8)

(2) 試験体 2

検証対象：防火区画以外の壁

検証内容：2 時間耐火構造※

※2 時間加熱後 + 6 時間放置後に試験体内部温度が低下傾向にあったため、終了。

構造躯体：CLT90mm 厚（スギ、3 層 3 プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤）

構造躯体の耐火被覆：強化せっこうボード GB-F(V)21mm 厚×3 枚（両面）

表 1.3.2-2 試験体 2 の実験結果一覧

部位	必要とされる 防耐火性能	仕様名	仕様※				260°C 到達時間		炭化の有無		
							鋼 継 隅 角 部	CLT 軸体			
								隅角部	小口中央	鋼 継	
開 口 部 小 口	非損傷性 (躯体の燃焼)	仕様1	GB-F(V)21mm厚×2枚 +スギ30mm厚	継枠	不燃鋼縁	GW 24K25mm厚	-	到達せず (最高222°C)	到達せず (最高195°C)	-	なし (変色)
		仕様2	GB-F(V) 21mm + アルミテープ + 21mm厚 +スギ30mm厚	継枠	不燃鋼縁		-	169分 (6)	到達せず (最高215°C)	-	あり (燃え止まり)
		仕様3	GB-F(V)21mm + 25mm厚 +スギ30mm厚	継枠	不燃鋼縁		-	到達せず (最高197°C)	到達せず (最高166°C)	-	なし (変色)
		仕様4	GB-F(V)21mm + 25mm厚 +スギ30mm厚	継枠	木製鋼縁		201分 (13)	256分 (14)	到達せず (最高156°C)	あり (燃え止まり)	
		仕様5	GB-F(V) 21mm + アルミテープ + 21mm厚 +スギ30mm厚	継枠	木製鋼縁		159分 (17)	170分 (18)	到達せず (最高227°C)	あり (燃焼継続)	
		仕様6	GB-F(V)25mm厚×2枚 +スギ30mm厚	継枠	木製鋼縁		161分 (21)	190分 (22)	到達せず (最高192°C)	あり (燃焼継続)	
		仕様7	GB-F(V)21mm厚×2枚 +硬質木片セメント板25mm厚	継枠	不燃鋼縁		-	到達せず (最高195°C)	到達せず (最高155°C)	-	なし
		仕様8	GB-F(V)21mm + 25mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚	継枠	木製鋼縁		到達せず (最高226°C)	到達せず (最高190°C)	到達せず (最高131°C)	なし	
貫 通 部	非損傷性 (躯体の燃焼)	仕様1	GB-F(V)25mm厚+AESワール充填	スパイラル ダクト	150A (外寸φ154)	GW 24K25mm厚	到達せず (最高247°C)	到達せず (最高142°C)	到達せず (最高119°C)	なし	
		仕様2	GB-F(V)25mm厚+AESワール充填	VP管 (塩ビ)	150A (外寸φ165)		到達せず (最高244°C)	到達せず (最高198°C)	到達せず (最高119°C)	あり・下部 (燃え止まり)	なし
一般 部	遮熱性 遮炎性 非損傷性	上部	被覆総厚63mm GB-F(V)21mm厚×3枚			GW 24K25mm厚	鋼 継 表面	CLT 軸体表面		なし	
		上部					ネオマフォーム 25mm厚	-	到達せず (最高96°C)	-	なし

※ 貫通部及び一般部は木鋼縁とする

※ GB-F(V) = 強化せっこうボード GB-F(V)

※ GW=グラスワール

口内部温度データ

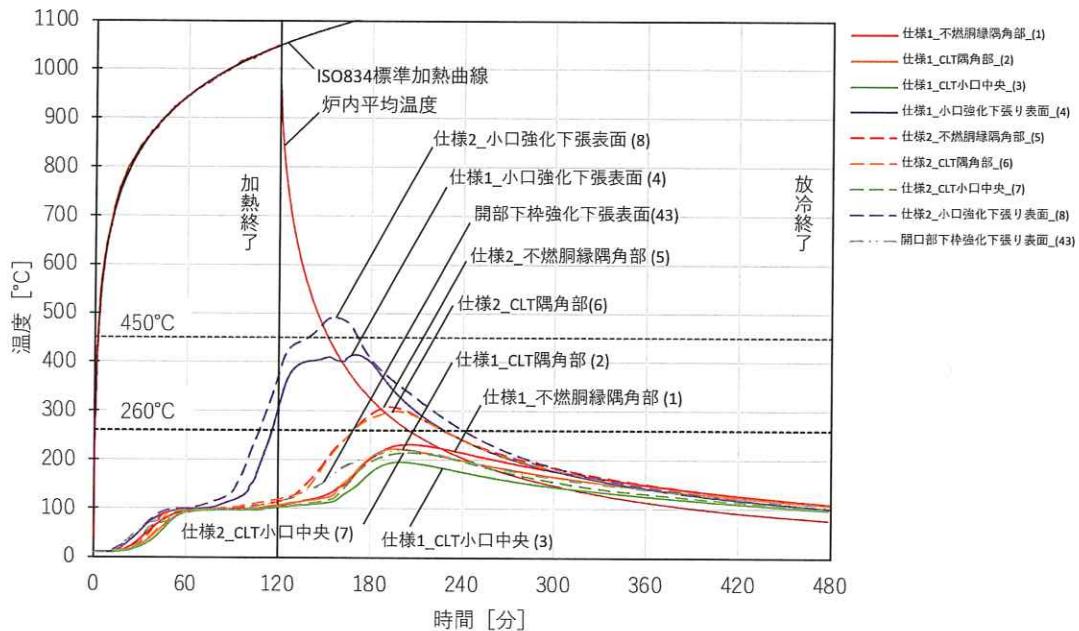


図 1.3.2-9 開口部小口の内部温度推

(仕様 1 : 不燃胴縁 + GB-F(V)21mm 厚×2枚 + スギ 30mm 厚)

(仕様 2 : 不燃胴縁 + GB-F(V)21mm+アルミテープ+21mm 厚+スギ 30mm 厚)

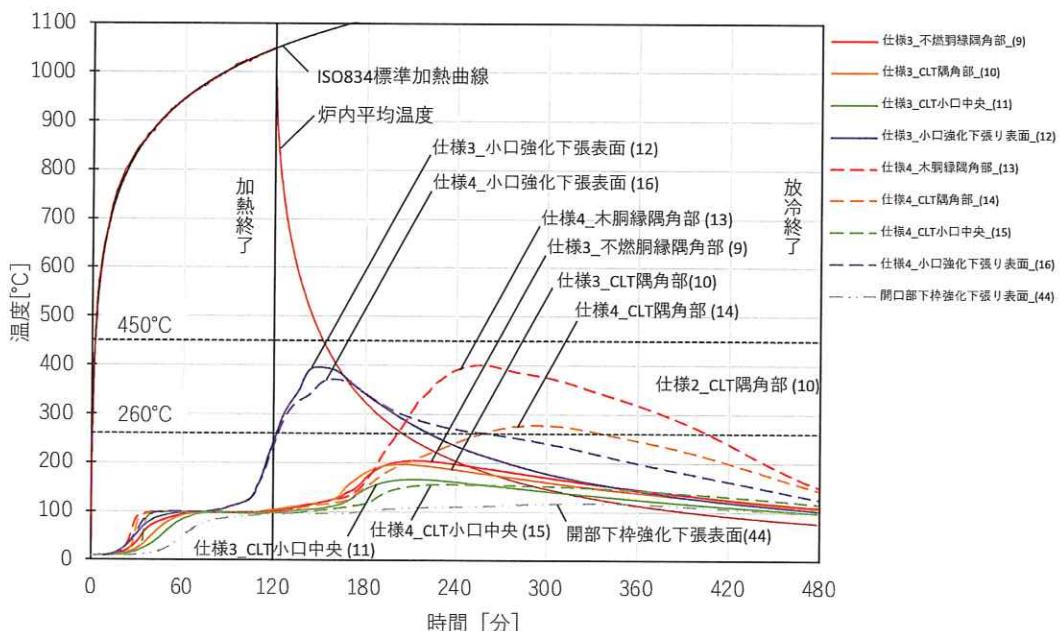


図 1.3.2-10 開口部小口の内部温度推

(仕様 3 : 不燃胴縁 + GB-F(V)21mm+25mm 厚+スギ 30mm 厚)

(仕様 4 : 木胴縁 + GB-F(V)21mm+25mm 厚+スギ 30mm 厚)

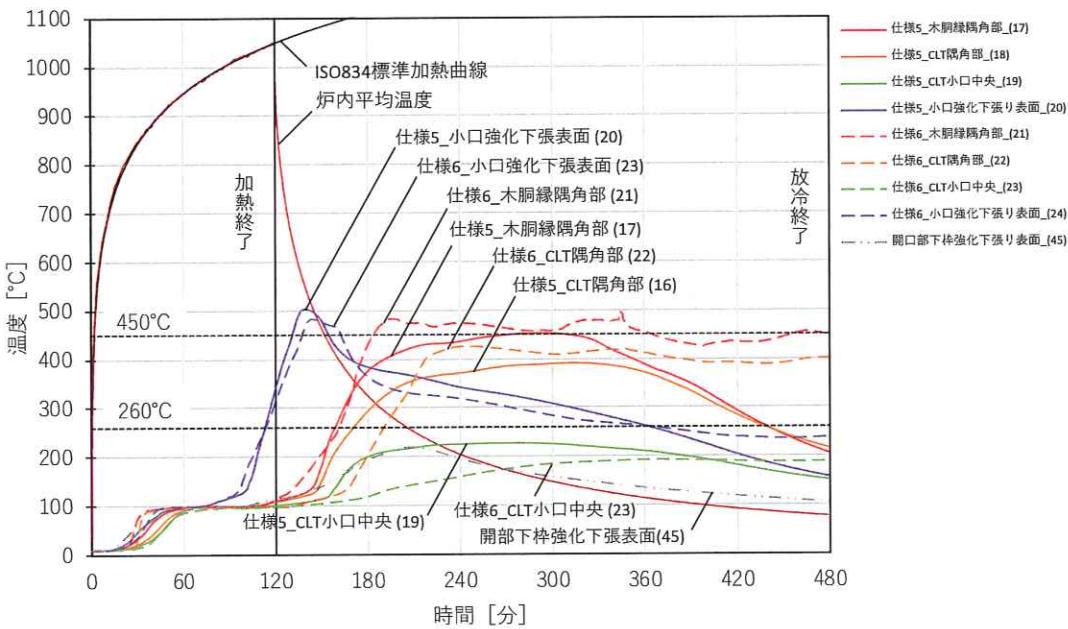


図 1.3.2-11 開口部小口の内部温度推

(仕様 5 : 木胴縁 + GB-F(V)21mm+アルミテープ+21mm 厚 + スギ 30mm 厚)

(仕様 6 : 不燃胴縁 + GB-F(V)25mm 厚 × 2 枚 + スギ 30mm 厚)

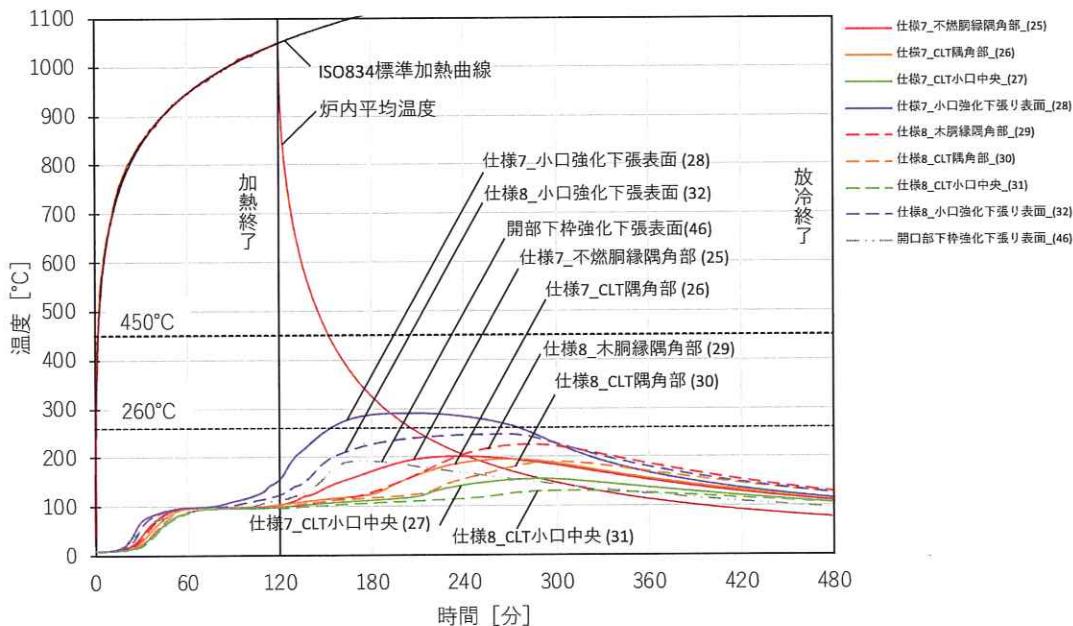


図 1.3.2-12 開口部小口の内部温度推

(仕様 7 : 不燃胴縁 + GB-F(V)21mm 厚 × 2 枚 + 硬質木片 25mm 厚)

(仕様 8 : 木胴縁 + GB-F(V)21mm + 25mm 厚 + 硬質木片 25mm 厚)

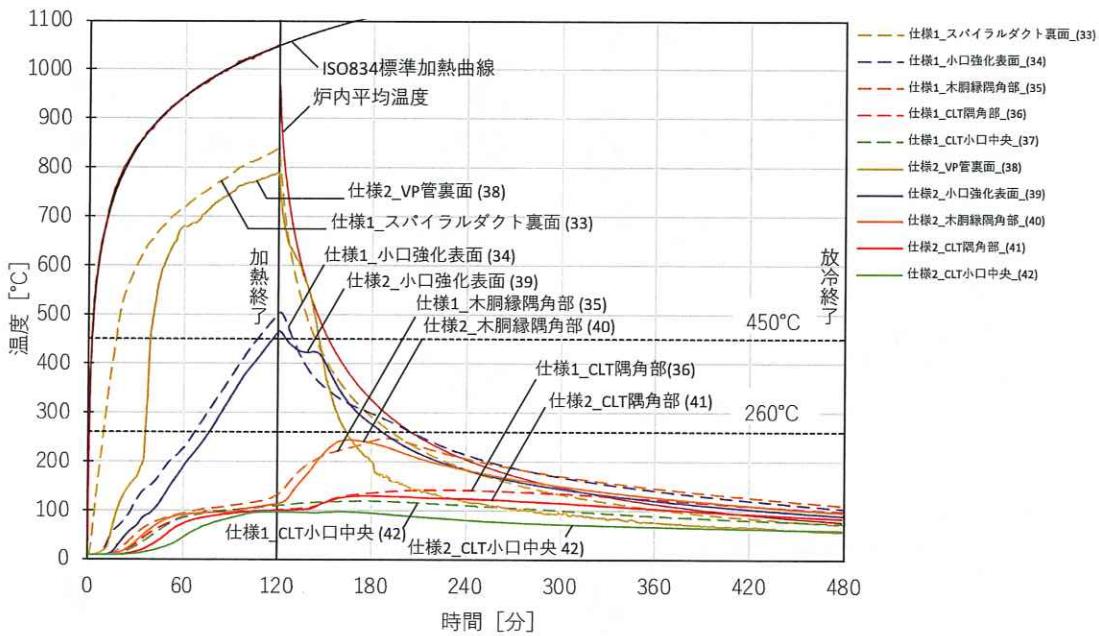


図 1.3.2-13 貫通部の内部温度推移
(仕様 1 : スパイラルダクト管 150A, GB-F(V)25mm+AES)
(仕様 2 : VP 管 150A, GB-F(V)25mm+AES)

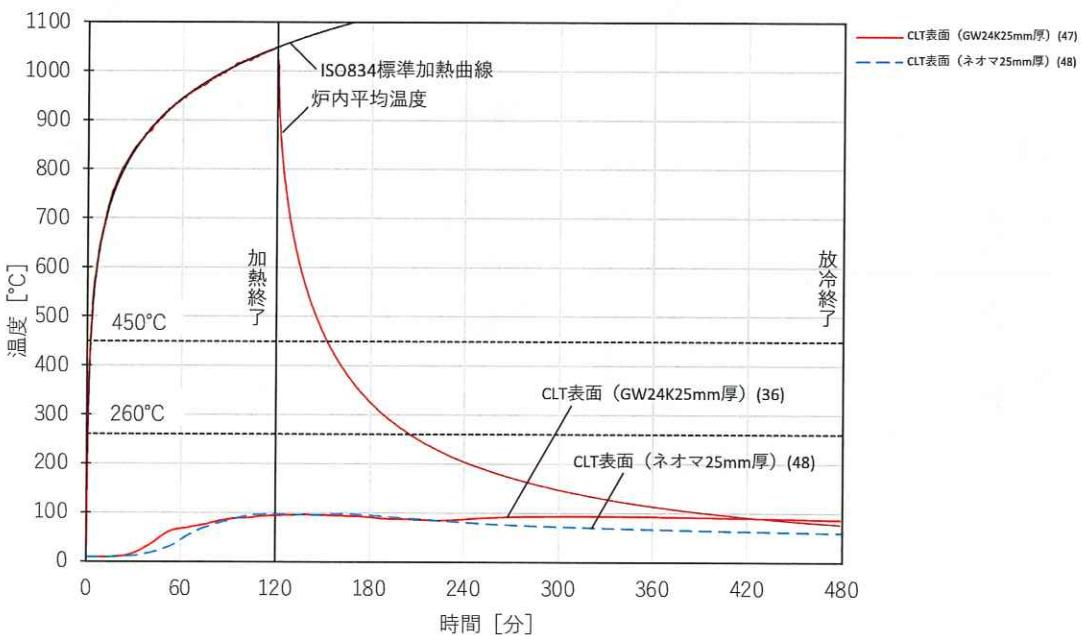


図 1.3.2-14 一般部の内部温度推移

※仕様 I(35 番)と仕様 J(36 番)は、火炎貫通時に裏面温度の計測を終了した。

□試験体 2 の記録画像（写真）

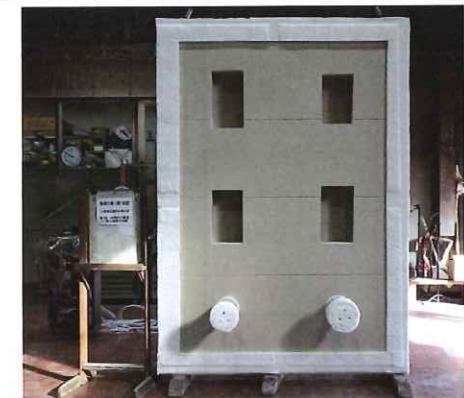


写真 1.3.2-82 加熱面・実験前



写真 1.3.2-83 加熱面・実験終了時

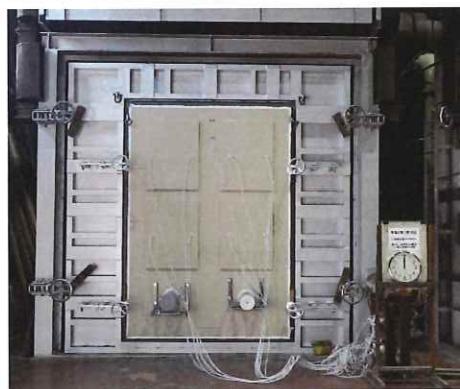


写真 1.3.2-84 非加熱面・実験開始時



写真 1.3.2-85 非加熱面・加熱開始 15 分後

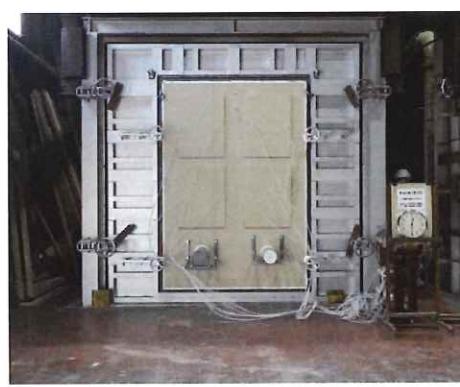


写真 1.3.2-86 非加熱面・加熱開始 30 分後



写真 1.3.2-87 非加熱面・加熱開始 45 分後

つづく

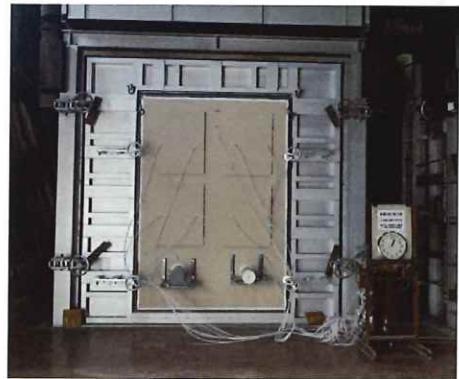


写真 1.3.2-88 非加熱側・加熱開始 60 分後



写真 1.3.2-89 非加熱側・加熱開始 75 分後



写真 1.3.2-90 非加熱面・加熱開始 90 分後



写真 1.3.2-91 非加熱面・加熱開始 105 分後

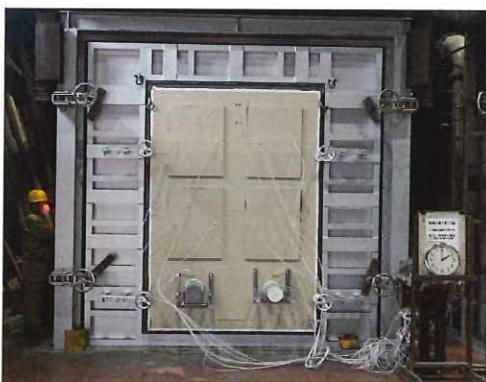


写真 1.3.2-92
非加熱面・加熱開始 120 分後
(加熱終了・放置開始)



写真 1.3.2-93
非加熱面・実験開始 150 分後
(放置開始 30 分後)

つづく



写真 1.3.2-94
非加熱面・実験開始 180 分後
(放置開始 60 分後)



写真 1.3.2-95
非加熱面・実験開始 210 分後
(放置開始 90 分後)

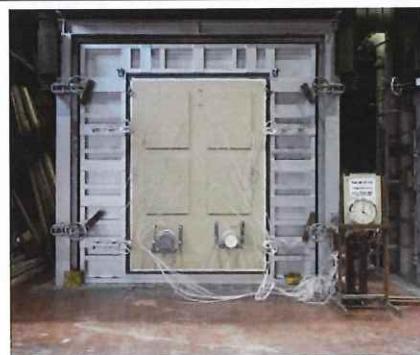


写真 1.3.2-96
非加熱面・実験開始 240 分後
(放置開始 120 分後)



写真 1.3.2-97
非加熱面・実験開始 270 分後
(放置開始 150 分後)



写真 1.3.2-98
非加熱面・実験開始 300 分後
(放置開始 180 分後)



写真 1.3.2-99
非加熱面・実験開始 360 分後
(放置開始 240 分後)

つづく

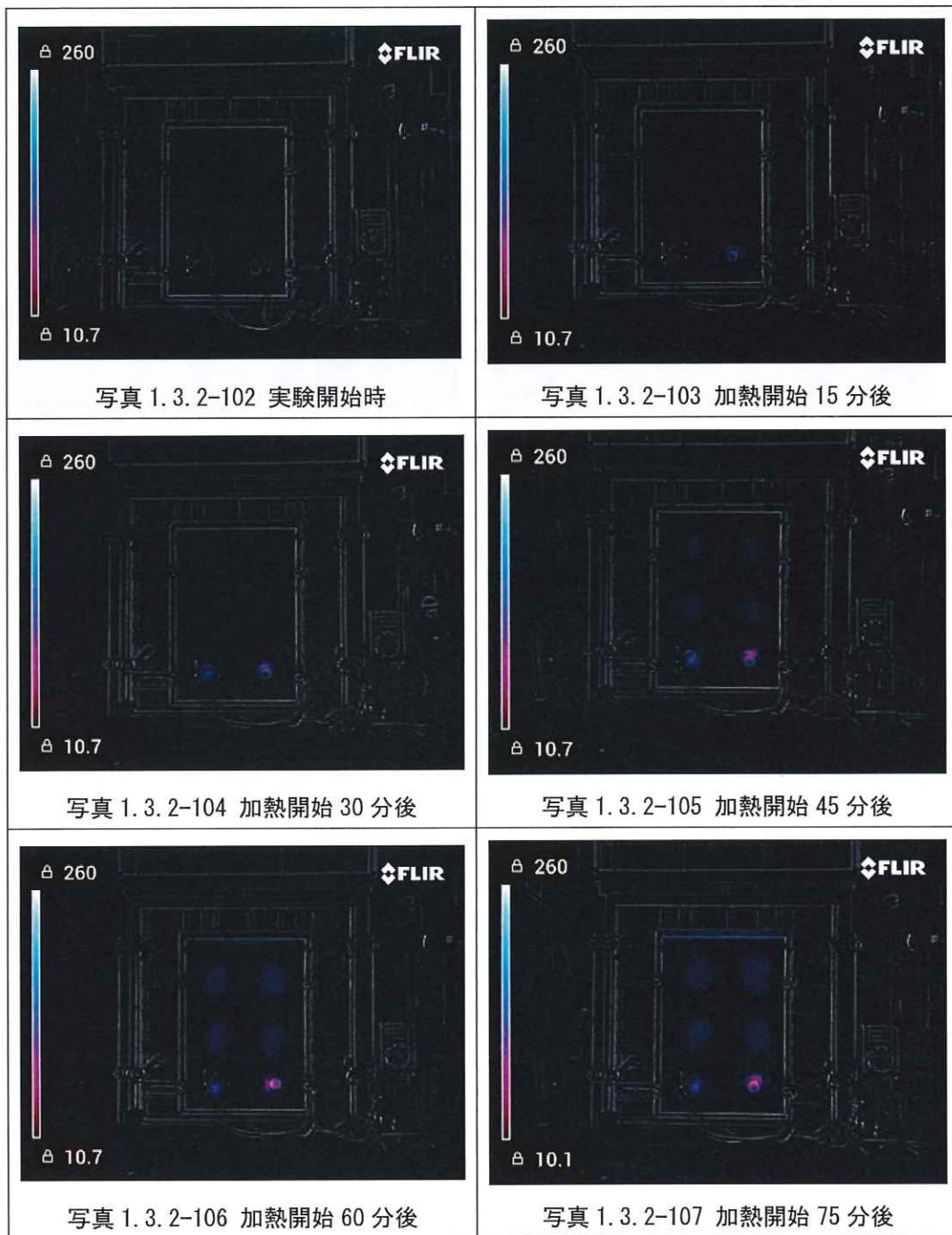


写真 1.3.2-100
非加熱面・実験開始 420 分後
(放置開始 300 分後)

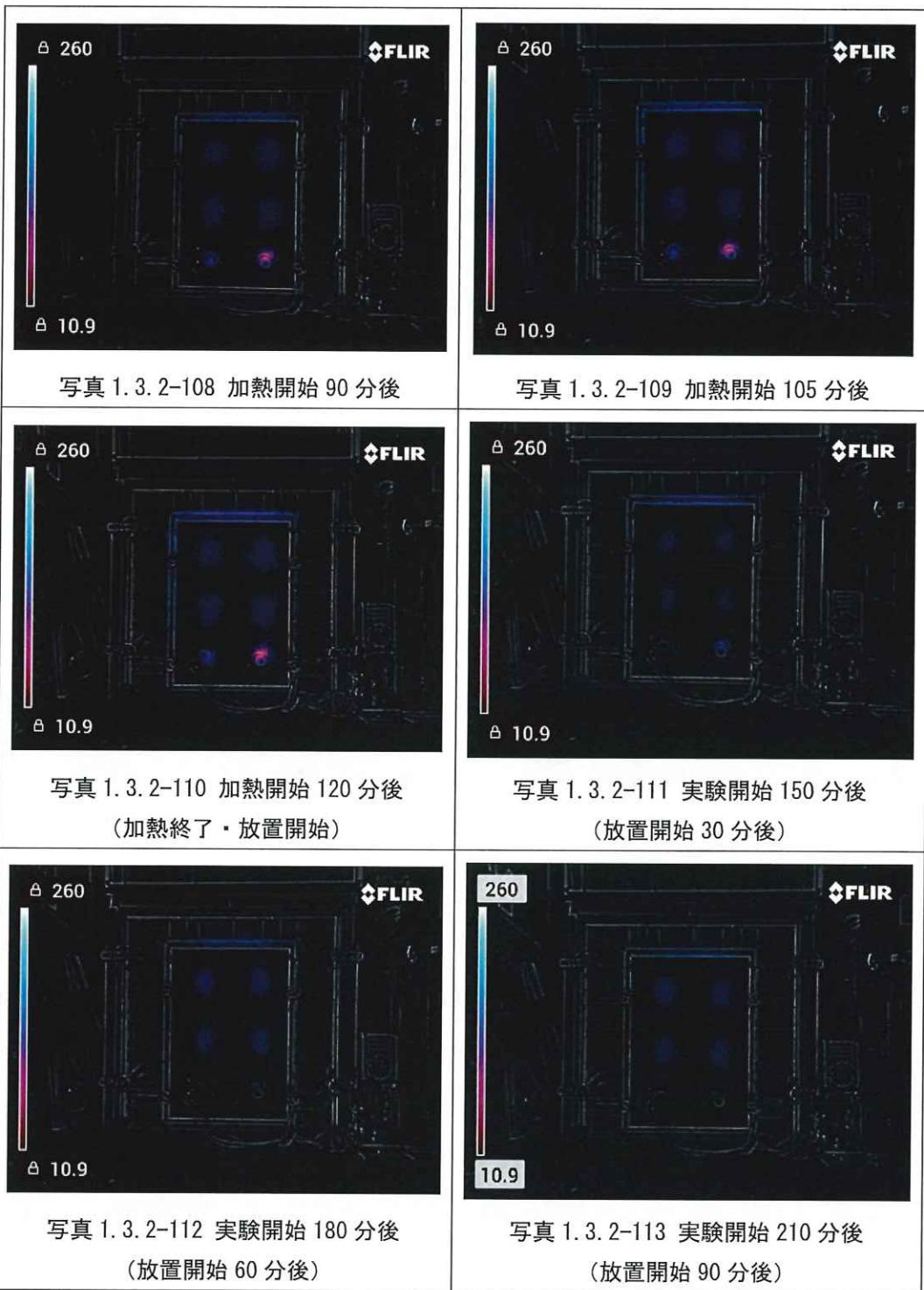


写真 1.3.2-101
非加熱面・加熱開始 480 分後
(放置開始 360 分後・実験終了時)

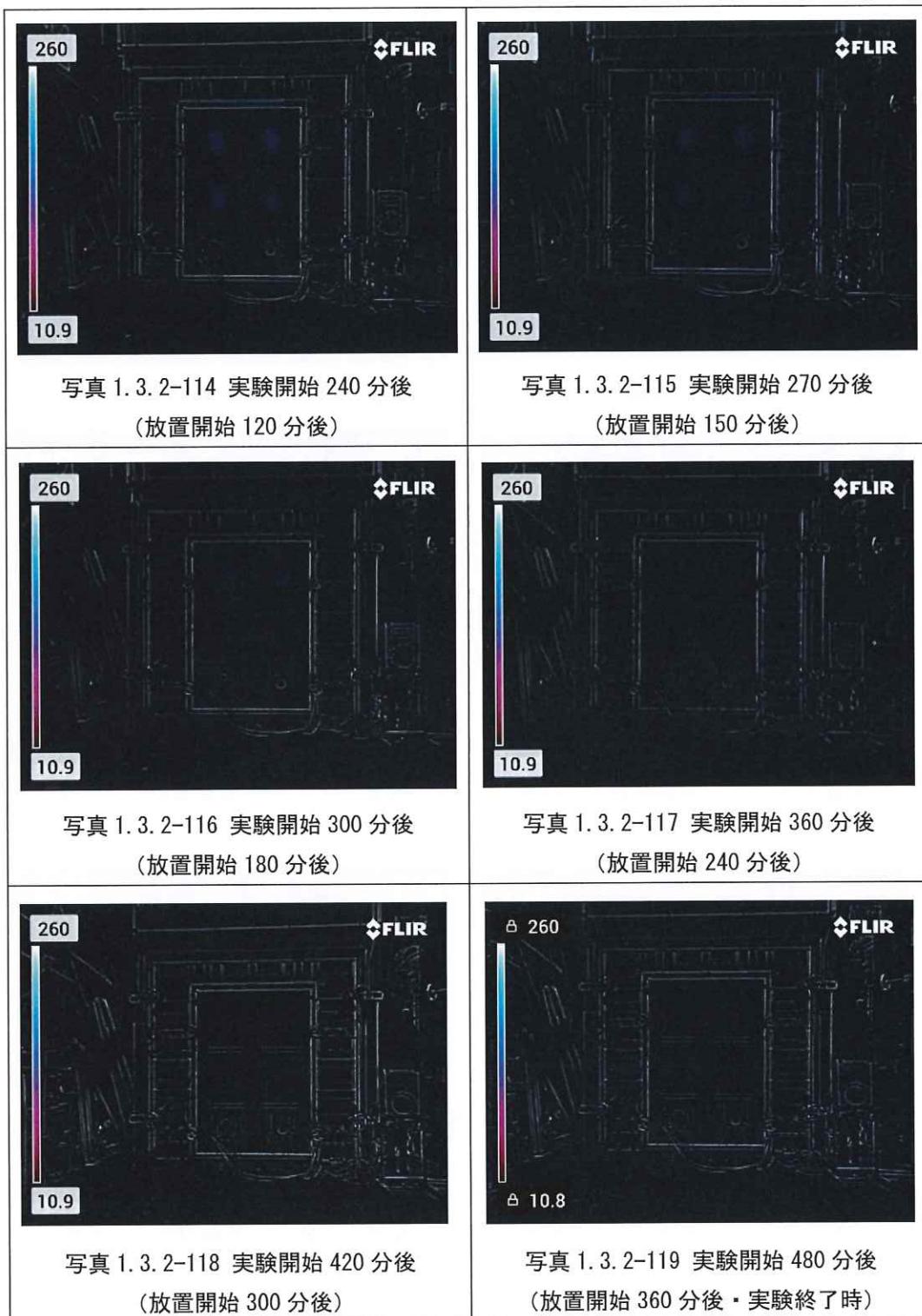
□試験体2の記録画像（非加熱面側の熱映像）



つづく



つづく



■試験体 2 記録画像（脱炉後の写真）

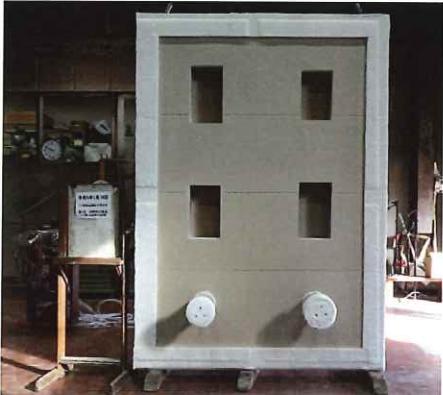


写真 1.3.2-120 加熱面・実験開始時



写真 1.3.2-121 加熱面・脱炉直後
(上張材(中央脱落)・中張材)



写真 1.3.2-122 加熱面・解体時
(下張材)



写真 1.3.2-123 加熱面・解体時
(断熱材)



写真 1.3.2-124 加熱面・解体時
(胴縁表面)



写真 1.3.2-125 加熱面・解体時
(CLT 表面)

つづく



写真 1.3.2-126 開口部・解体時 CLT 表面
(仕様 1 変色(左), 仕様 2 炭化(右))



写真 1.3.2-127 開口部・仕様 2 の炭化
部分



写真 1.3.2-128 開口部・解体時 CLT 表面
(仕様 3 変色(左), 仕様 4 炭化(右))



写真 1.3.2-129 開口部・仕様 4 の炭化
部分



写真 1.3.2-130 開口部・解体時 CLT 表面
(仕様 5 炭化(左), 仕様 6 炭化(右))



写真 1.3.2-131
開口部・仕様 5, 6 の炭化部分
(左: 解体中, 右: 消火後)



つづく



写真 1.3.2-132 開口部・解体時 CLT 表面
(仕様 5(左), 仕様 6(右))



写真 1.3.2-133 開口部・仕様 7, 8
(全景/炭化・変色なし)



写真 1.3.2-134 貫通部・解体時 CLT 表面
(仕様 1)



写真 1.3.2-135 貫通部・解体時 CLT 表面
(仕様 2)



写真 1.3.2-136 一般部 CLT 表面

(3) 試験体 3

検証対象：防火区画以外の壁

検証内容：1 時間耐火構造※

※1 時間加熱後+4 時間放置後に試験体内部温度が低下傾向にあったため、終了。

構造躯体：CLT90mm 厚（スギ、3 層 3 プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤）

構造躯体の耐火被覆：強化せっこうボード GB-F(V)21mm 厚×3 枚（両面）

表 1.3.2-3 試験体 3 の実験結果一覧

部位	必要とされる耐火性能	仕様名	仕様※			260°C到達時間		炭化の有無		
						木胴縁 隅角部	CLT躯体			
						隅角部	小口中央	胴縁	CLT	
開口部小口	非損傷性（躯体の燃焼）	仕様1 GB-F(V)21mm厚+スギ30mm厚	継棒	GW 24K25mm厚	168分 (1)	175分 (2)	到達せず (最高215°C)	あり (燃焼継続)		
					207分 (1)	229分 (2)	247分 (2)	あり・下棒 (燃焼継続)		
		仕様2 GB-F(V)21mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚	継棒		到達せず (最高201°C)	到達せず [#] (最高179°C)	到達せず (最高133°C)	なし		
		仕様3 GB-F(V)25mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚	継棒		到達せず (最高171°C)	到達せず [#] (最高157°C)	到達せず (最高116°C)	なし		
		仕様4 GB-F(V)25mm厚+スギ30mm厚	継棒 上下棒		到達せず (最高190°C)	到達せず [#] (最高160°C)	到達せず (最高134°C)	あり (燃え止まり)	なし (変色)	
					221分 (1)	257分 (2)	289分 (2)	あり・下棒 (燃焼継続)		
貫通部	非損傷性（躯体の燃焼）	仕様1 GB-F(V)15mm厚+AESウール充填	VP管 (塩ビ)	100A (外寸φ114)	到達せず (最高117°C)	到達せず [#] (最高96°C)	到達せず [#] (最高89°C)	なし		
		仕様2 GB-F(V)25mm厚+AESウール充填			到達せず (最高107°C)	到達せず [#] (最高96°C)	到達せず [#] (最高76°C)	なし		
		仕様3 GB-F(V)15mm厚+AESウール充填	鋼管 (SGP)	100A (外寸φ114.3)	到達せず (最高112°C)	到達せず [#] (最高97°C)	到達せず [#] (最高96°C)	なし		
		仕様4 GB-F(V)25mm厚+AESウール充填			到達せず (最高105°C)	到達せず [#] (最高93°C)	到達せず [#] (最高81°C)	なし		
		仕様5 GB-F(V)25mm厚+AESウール充填	VP管 (塩ビ)	50A (外寸φ60)	到達せず (最高110°C)	到達せず [#] (最高96°C)	到達せず [#] (最高94°C)	なし		
		仕様6 GB-F(V)15mm厚+AESウール充填			到達せず (最高116°C)	到達せず [#] (最高98°C)	到達せず [#] (最高96°C)	なし		
		仕様7 GB-F(V)25mm厚+AESウール充填	鋼管 (SGP)	50A (外寸φ60.5)	到達せず (最高114°C)	到達せず [#] (最高97°C)	到達せず [#] (最高97°C)	なし		
		仕様8 GB-F(V)15mm厚+AESウール充填			到達せず (最高121°C)	到達せず [#] (最高97°C)	到達せず [#] (最高95°C)	なし		
一般部	遮熱性 遮炎性 非損傷性	下部 被覆総厚36mm GB-F(V)15mm厚+21mm厚	GW 24K25mm厚	胴縁表面	CLT躯体表面		なし	なし	なし	
				到達せず (最高207°C)	到達せず [#] (最高125°C)					
		下部 被覆総厚37.5mm GB-F(V)12.5mm厚+25mm厚	GW 24K25mm厚	到達せず (最高165°C)	到達せず [#] (最高99°C)		なし	なし	なし	
				ネオマフォーム 25mm厚	到達せず (最高126°C)	到達せず [#] (最高79°C)	なし	なし	なし	
				GW 24K25mm厚	到達せず (最高120°C)	到達せず [#] (最高96°C)	なし	なし	なし	
		中部 被覆総厚42mm GB-F(V)21mm厚+21mm厚			到達せず (最高126°C)	到達せず [#] (最高97°C)	なし	なし	なし	
		下部								

※ 貫通部及び一般部は木胴縁とする

※ GB-F(V) = 強化せっこうボード GB-F(V)

※ GW=グラスウール

□内部温度データ

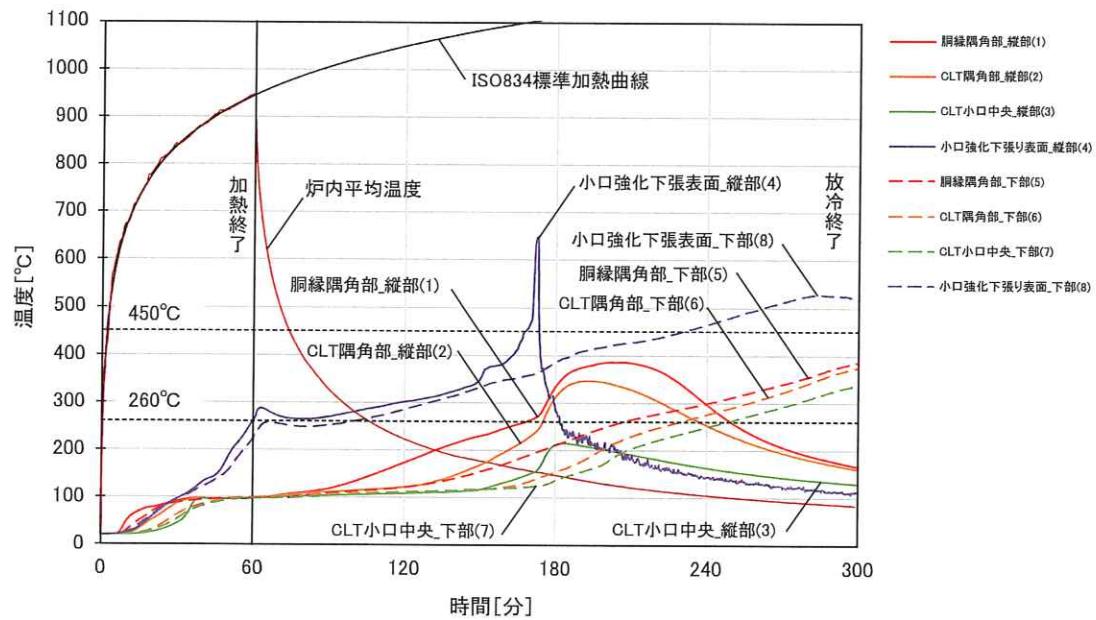


図 1.3.2-15 開口部小口の内部温度推移
(仕様 1 : GB-F(V)21mm 厚 + スギ 30mm 厚)

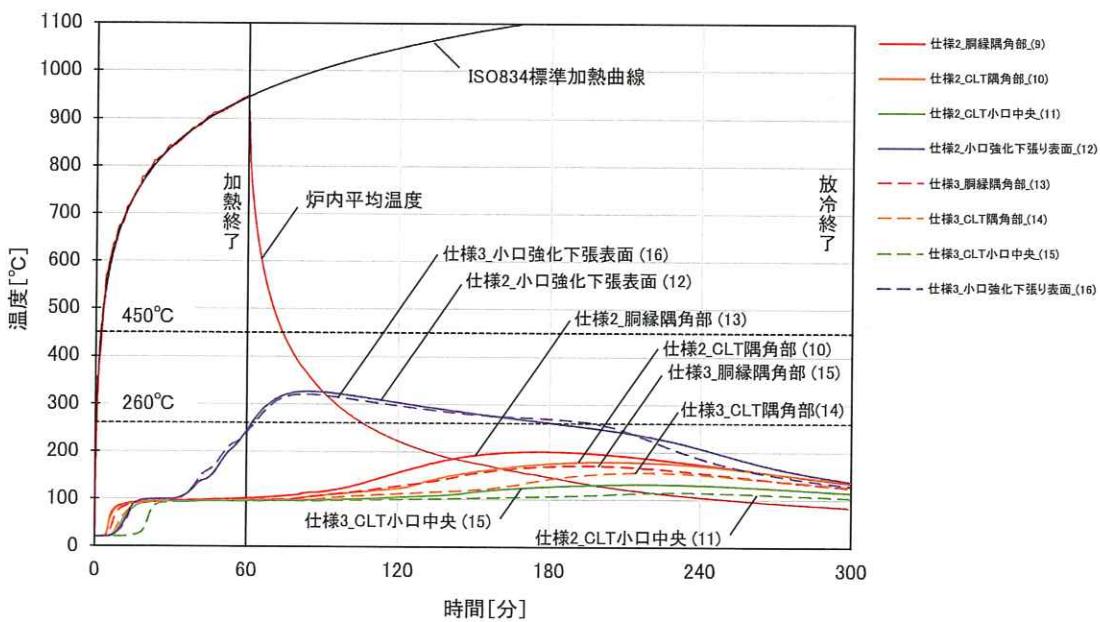


図 1.3.2-16 開口部小口の内部温度推移
(仕様 2 : GB-F(V)21mm 厚 + 硬質木片セメント 25mm 厚)
(仕様 3 : GB-F(V)25mm 厚 + 硬質木片セメント 25mm 厚)

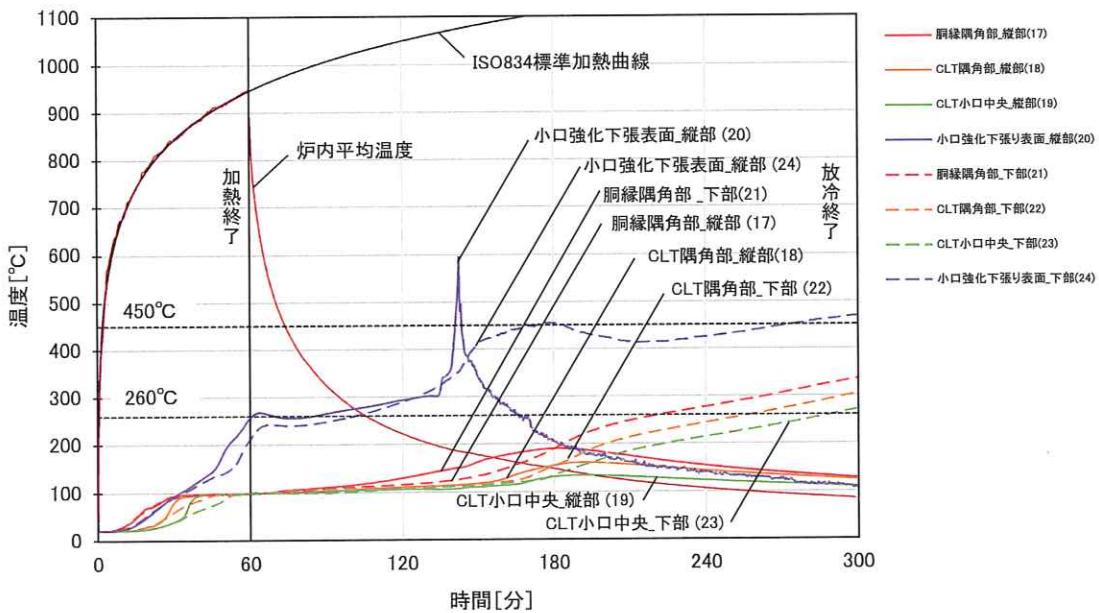


図 1.3.2-17 開口部小口の内部温度推移
(仕様 4 : GB-F(V)25mm 厚+スギ 30mm 厚)

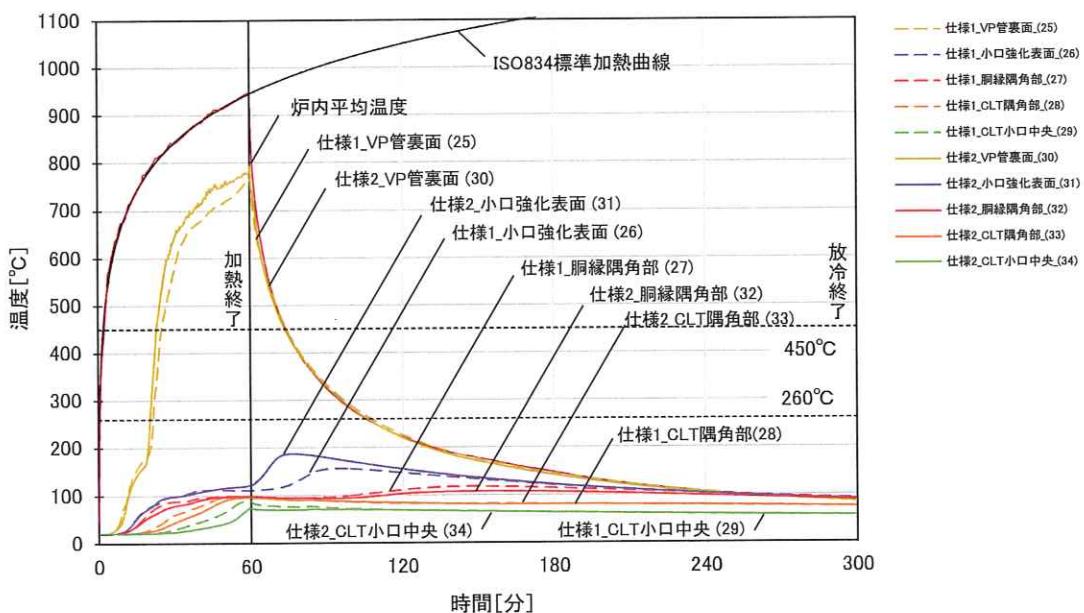


図 1.3.2-18 貫通部 (VP 管 100A) の内部温度推移
(仕様 1 : GB-F(V)15mm 厚 + AES ウール充填)
(仕様 2 : GB-F(V)25mm 厚 + AES ウール充填)

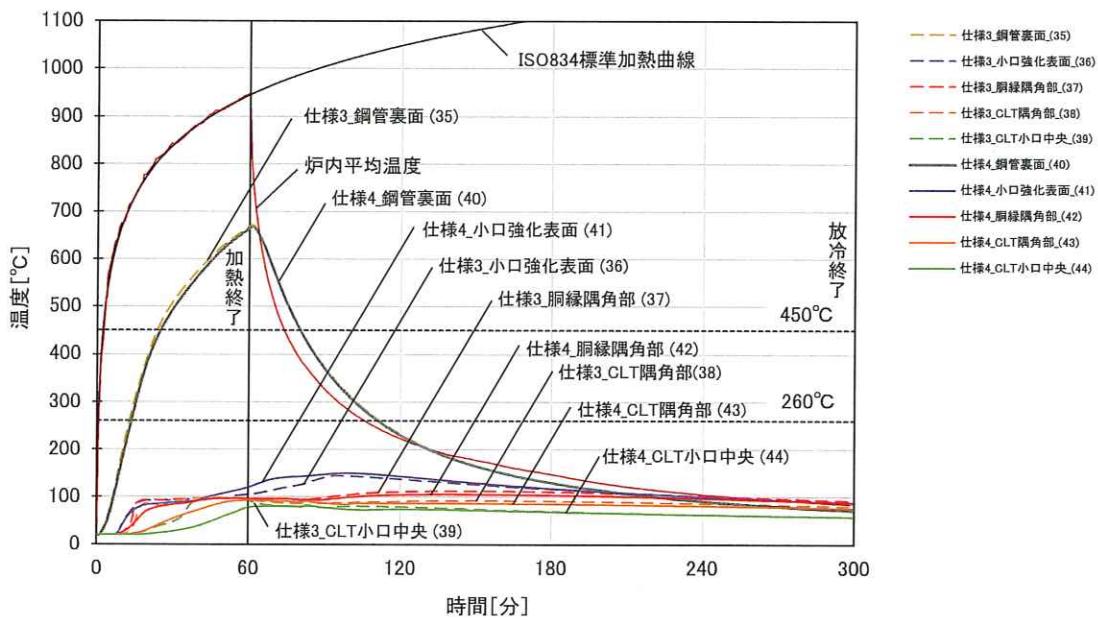


図 1.3.2-19 貫通部(鋼管 100A)の内部温度推移

(仕様 3 : GB-F(V)15mm 厚 + AES ウール充填)

(仕様 4 : GB-F(V)25mm 厚 + AES ウール充填)

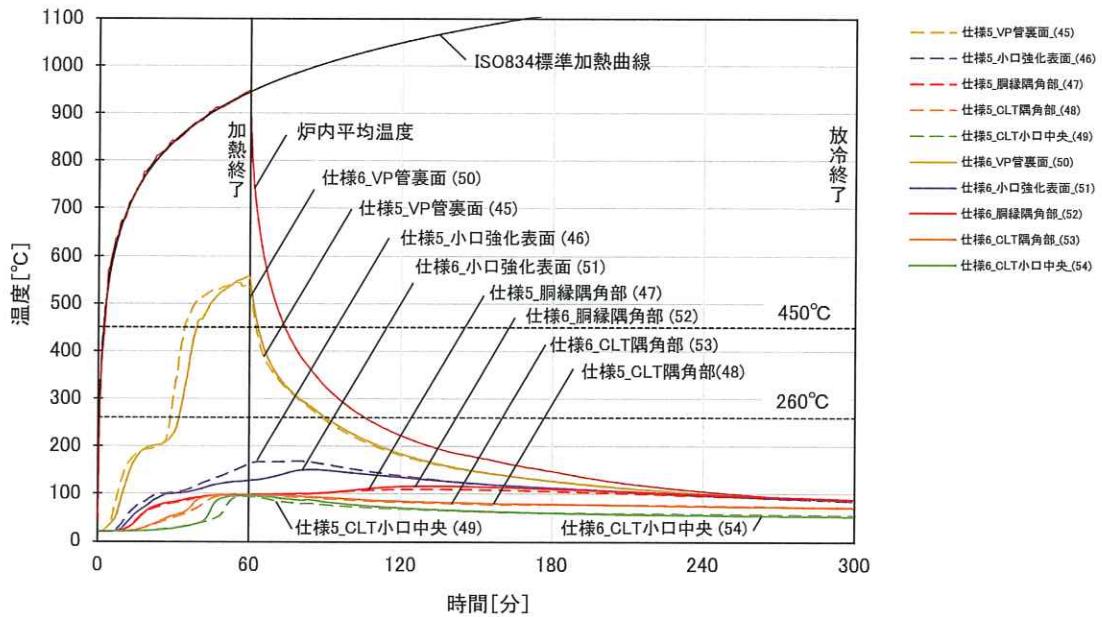


図 1.3.2-20 貫通部(VP 管 50A)の内部温度推移

(仕様 5 : GB-F(V)25mm 厚 + AES ウール充填)

(仕様 6 : GB-F(V)15mm 厚 + AES ウール充填)

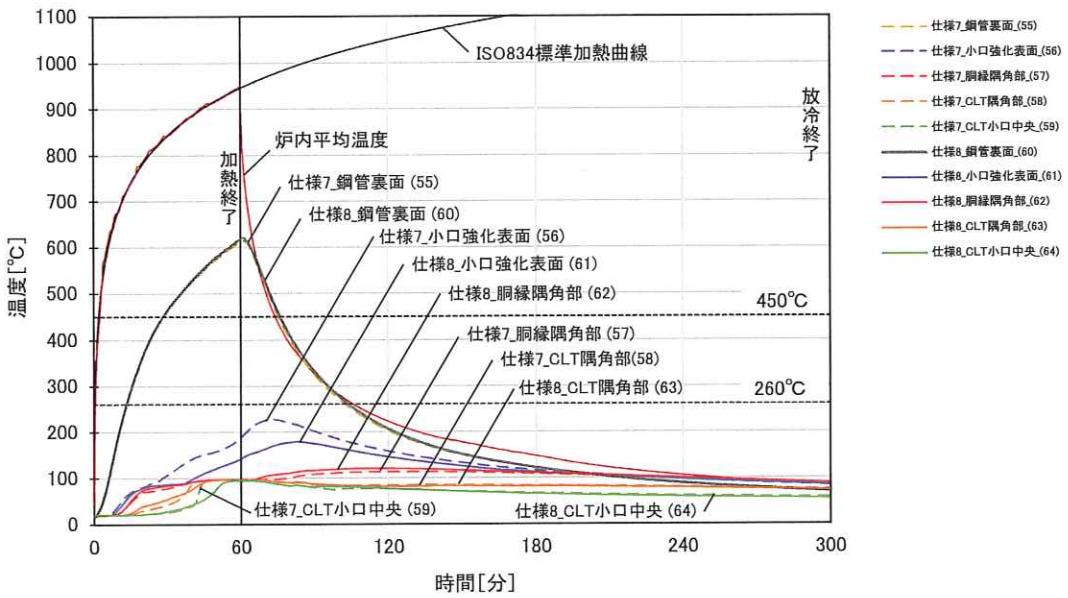


図 1.3.2-21 貫通部(鋼管 50A)の内部温度推移
 (仕様 5 : GB-F(V)25mm 厚 + AES ウール充填)
 (仕様 6 : GB-F(V)15mm 厚 + AES ウール充填)

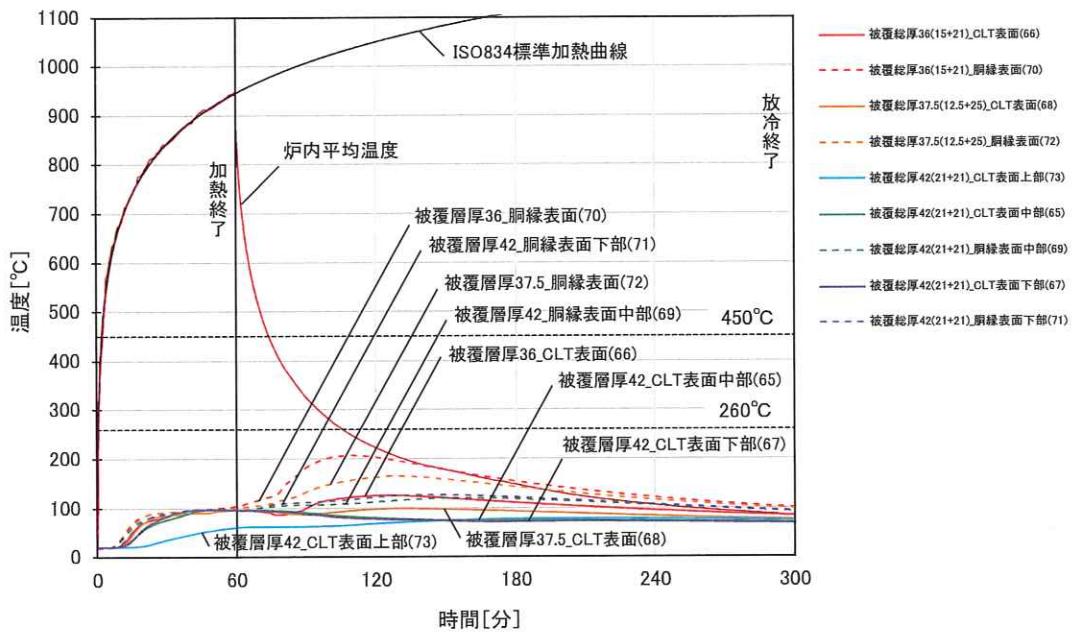
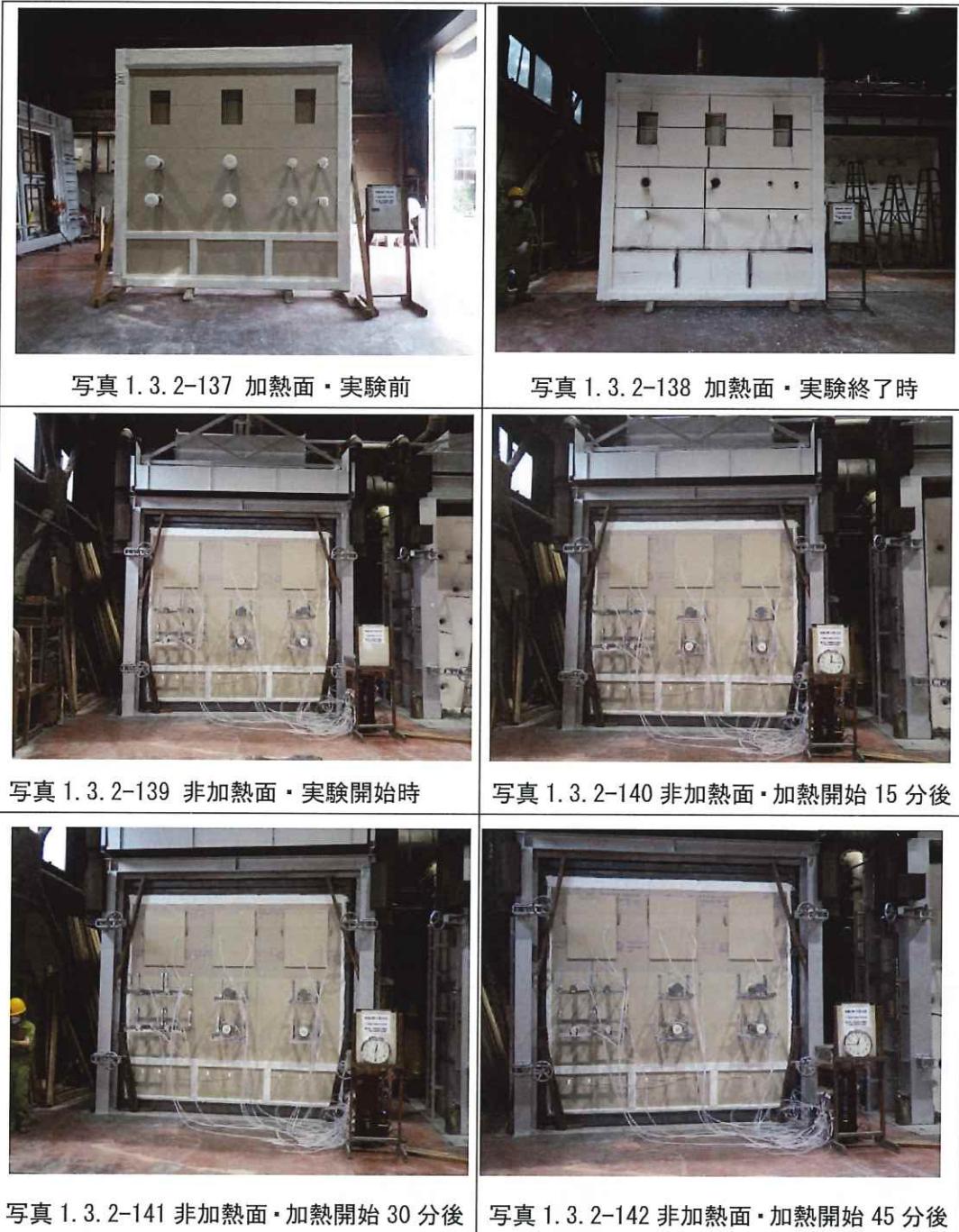


図 1.3.2-22 一般部の内部温度推移

□試験体 3 の記録画像（写真）



つづく

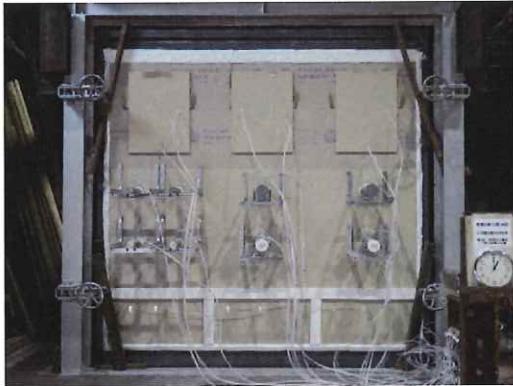


写真 1.3.2-143 非加熱面・加熱開始 60 分後
(加熱終了・放置開始)



写真 1.3.2-144 非加熱面・実験開始 75 分後
(放置開始 15 分後)



写真 1.3.2-145 非加熱面・実験開始 90 分後
(放置開始 30 分後)

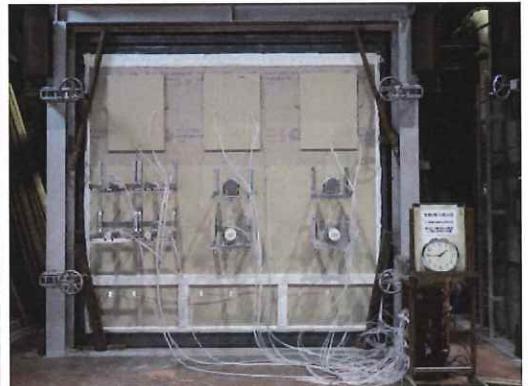


写真 1.3.2-146
非加熱面・実験開始 105 分後
(放置開始 45 分後)



写真 1.3.2-147
非加熱面・実験開始 120 分後
(放置開始 60 分後)



写真 1.3.2-148
非加熱面・実験開始 240 分後
(放置開始 180 分後)

つづく

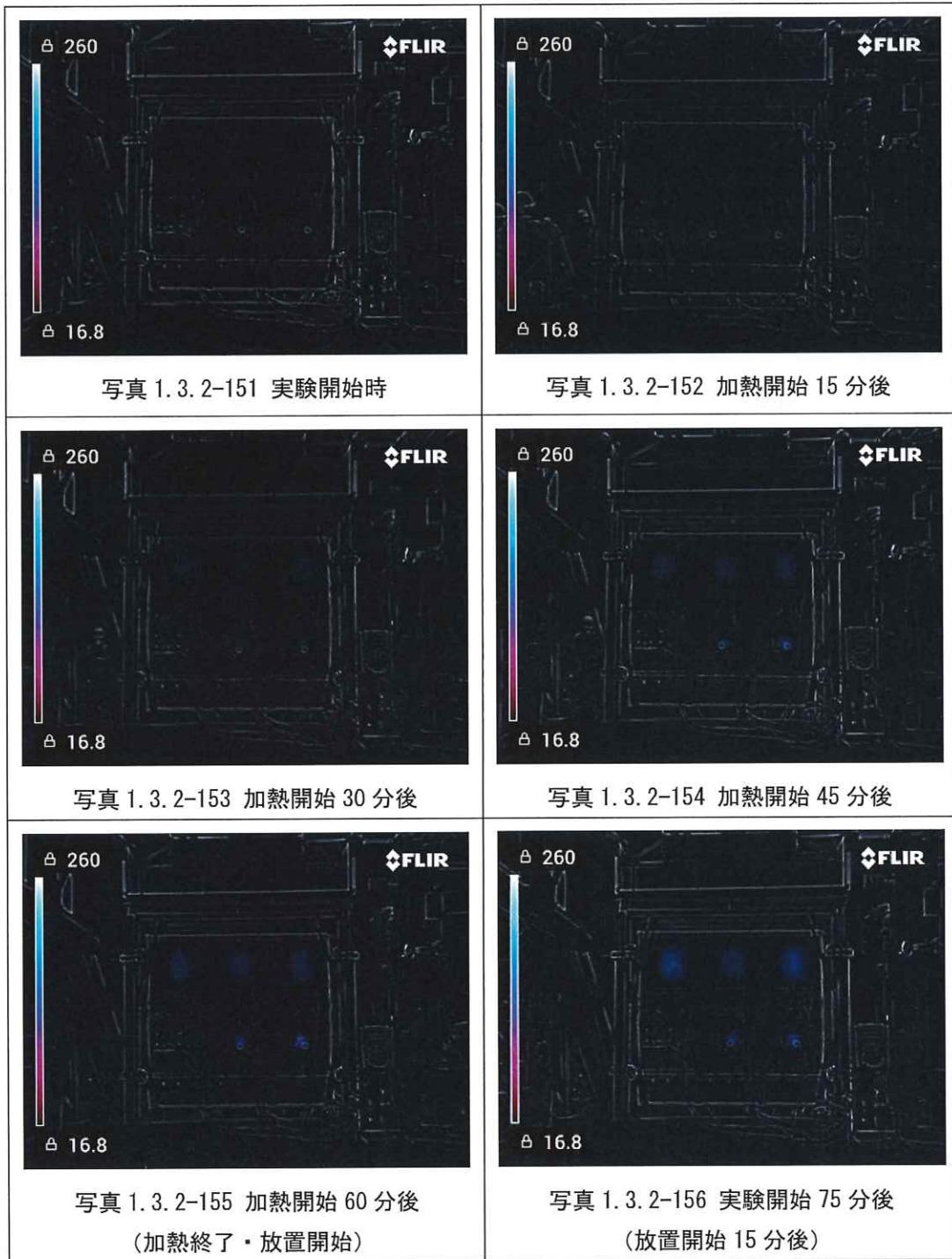


写真 1.3.2-149
非加熱面・実験開始 270 分後
(放置開始 210 分後)



写真 1.3.2-150
非加熱面・実験開始 300 分後
((放置開始 240 分後・実験終了時))

□試験体3の記録画像（非加熱面側の熱映像）



つづく

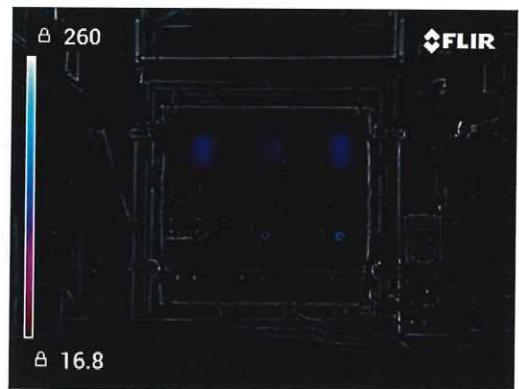


写真 1.3.2-157 実験開始 90 分後
(放置開始 30 分後)

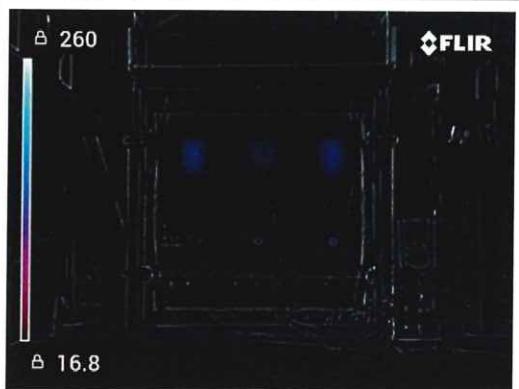


写真 1.3.2-158 実験開始 105 分後
(放置開始 45 分後)

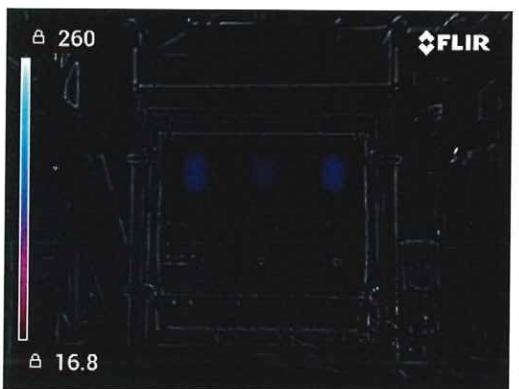


写真 1.3.2-159 実験開始 120 分後
(放置開始 60 分後)

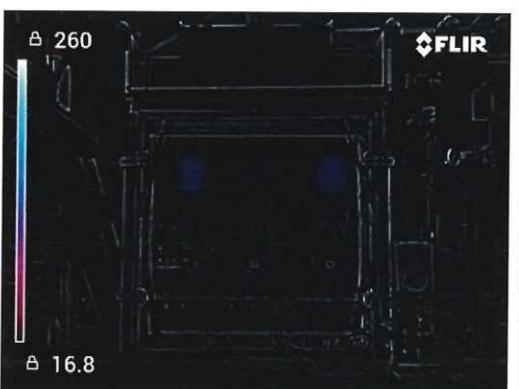


写真 1.3.2-160 実験開始 150 分後
(放置開始 90 分後)

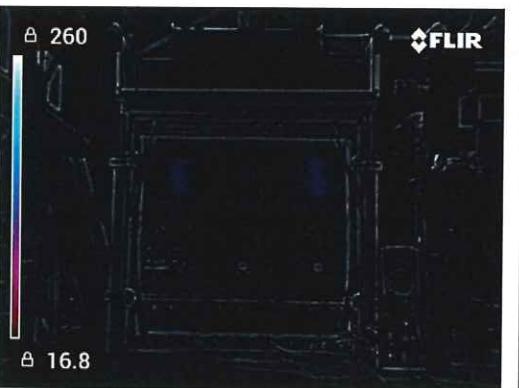


写真 1.3.2-161 実験開始 180 分後
(放置開始 120 分後)

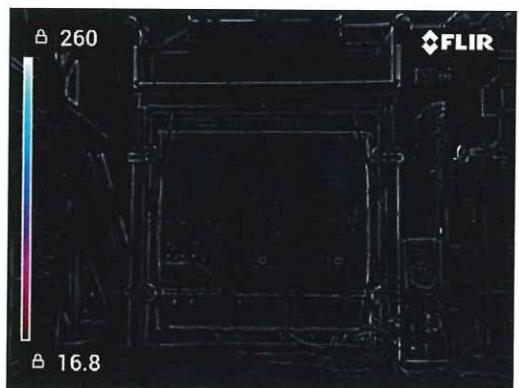


写真 1.3.2-162 実験開始 210 分後
(放置開始 150 分後)

つづく

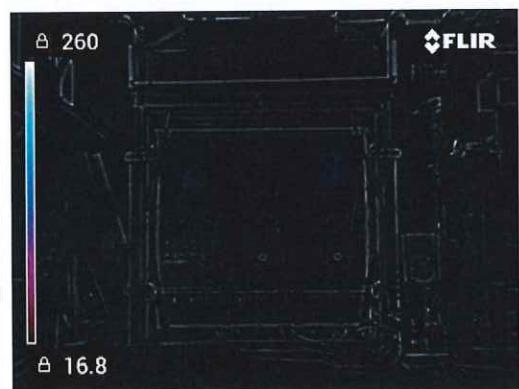


写真 1.3.2-163 実験開始 240 分後
(放置開始 180 分後)

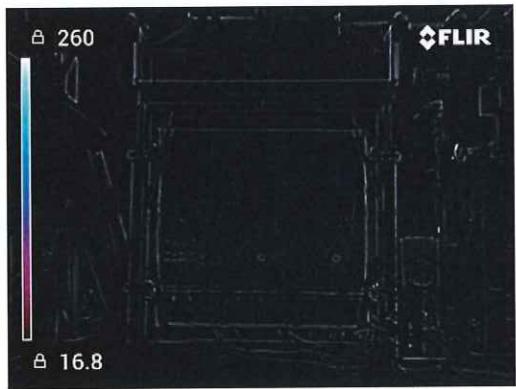


写真 1.3.2-164 実験開始 270 分後
(放置開始 210 分後)

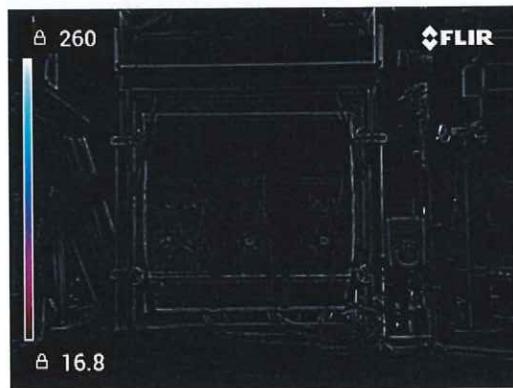


写真 1.3.2-165 実験開始 300 分後
(放置開始 240 分後・実験終了時)

□試験体 3 の記録画像（脱炉後の写真）



写真 1.3.2-166 加熱面・実験開始時



写真 1.3.2-167 加熱面・脱炉直後
(上張材)

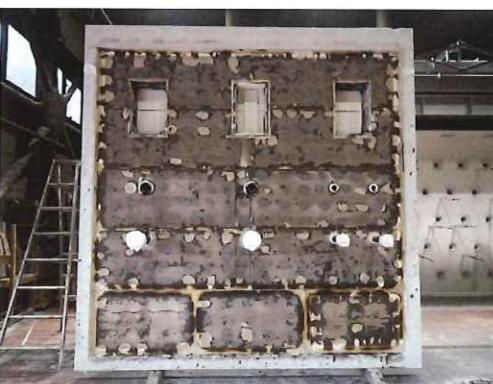


写真 1.3.2-168 加熱面・解体時
(下張材)

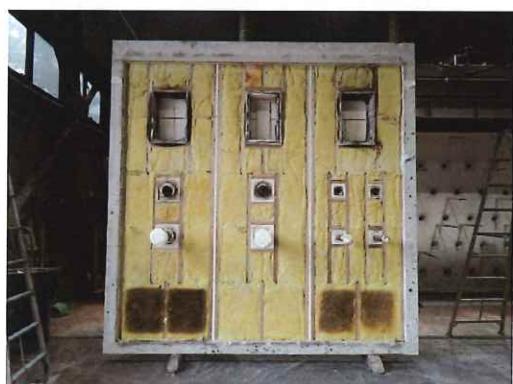


写真 1.3.2-169 加熱面・解体時
(断熱材)



写真 1.3.2-170 加熱面・解体時
(CLT 表面)

つづく



写真 1.3.2-171 加熱面・解体時
(一般部 被覆総厚 36mm)

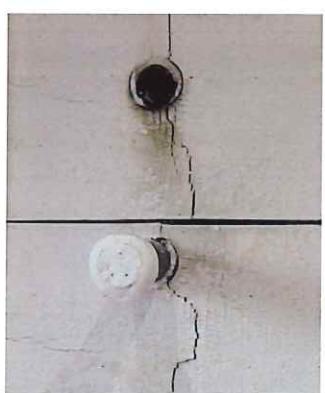
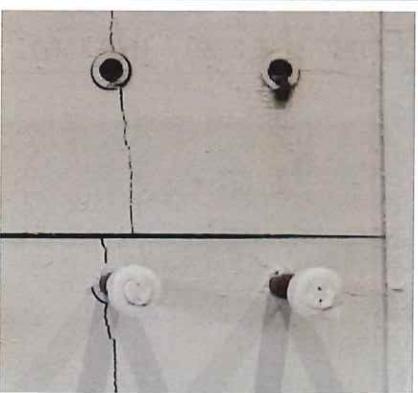


写真 1.3.2-172 加熱面・解体時
(一般部 被覆総厚 37.5mm)



写真 1.3.2-173 加熱面・解体時
(一般部 被覆総厚 42mm)

つづく

 <p>写真 1.3.2-174 加熱面・脱炉直後 (開口部・仕様 1/上張材)</p>	 <p>写真 1.3.2-175 加熱面・脱炉直後 (開口部・仕様 2(左), 仕様 3(右)/上張材)</p>
 <p>写真 1.3.2-176 加熱面・脱炉直後 (開口部・仕様 4/上張材)</p>	 <p>写真 1.3.2-177 加熱面・脱炉直後 (貫通部・仕様 1(上), 仕様 3(下)/上張材)</p>
 <p>写真 1.3.2-178 加熱面・脱炉直後 (貫通部・仕様 2(上), 仕様 4(下)/上張材)</p>	 <p>写真 1.3.2-179 加熱面・脱炉直後 (貫通部・仕様 5(左上), 仕様 6(右上), 仕様 7(左下), 仕様 8(右下)/上張材)</p>

つづく



写真 1.3.2-180 加熱面・解体時
(開口部・仕様 1)



写真 1.3.2-181 加熱面・解体時 CLT 表面
(開口部・仕様 1)

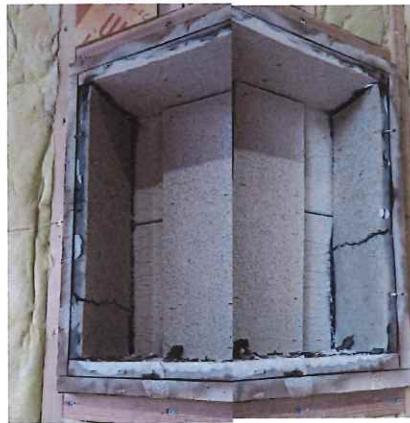


写真 1.3.2-182 加熱面・解体時
(開口部・仕様 2(左), 仕様 3(右))



写真 1.3.2-183 加熱面・解体時 CLT 表面
(開口部・仕様 2(左), 仕様 3(右))

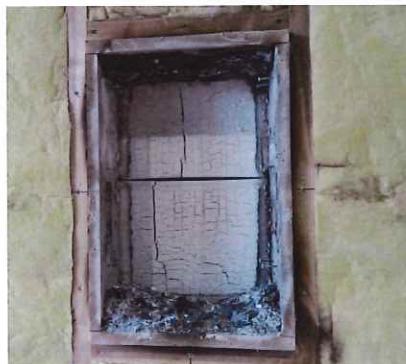


写真 1.3.2-184 加熱面・解体時
(開口部・仕様 4)



写真 1.3.2-185 加熱面・解体時 CLT 表面
(開口部・仕様 4)

つづく



写真 1.3.2-186 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 1)



写真 1.3.2-187 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部 仕様 1)



写真 1.3.2-188 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 2)



写真 1.3.2-189 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 2)



写真 1.3.2-190 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 3)



写真 1.3.2-191 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 3)

つづく



写真 1.3.2-192 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 4)



写真 1.3.2-193 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 4)



写真 1.3.2-194 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 5)

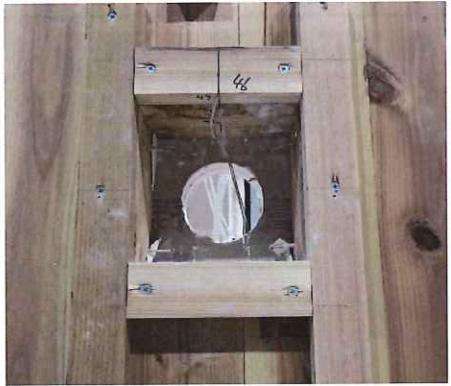


写真 1.3.2-195 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 5)



写真 1.3.2-196 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 6)



写真 1.3.2-197 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 6)

つづく



写真 1.3.2-198 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 7)



写真 1.3.2-199 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 7)



写真 1.3.2-200 加熱面・解体時胴縁表面
(貫通部・仕様 8)



写真 1.3.2-201 加熱面・解体時 CLT 表面
(貫通部・仕様 8)

1.3.3 考察

2時間耐火構造壁の2回の実験結果及び、1時間耐火構造の1回の実験結果を考察する。なお、考察中に強化せっこうボードと記載されたものは、「GB-F (V) ひる石入り」の製品を指す。

(1) 2時間耐火構造壁

2時間耐火構造壁については、2回の実験を実施した。1回目の実験で性能が確認できなかった仕様について、2回目の実験において仕様を強化・改良した。

1) 外壁開口小口の被覆の代替措置（非損傷性）

外壁開口小口については、窓サッシの取付下地となり得る、「木材厚さ 30mm」「硬質木片セメント板厚さ 25mm」を耐火被覆の最外層に配置することとして、その下張りの強化せっこうボード等の厚さや枚数を変化させた。2回の加熱実験の結果を表 1.3.3-1 に示す。

1回目の実験では、いずれの仕様も開口小口の角部に配置した木製胴縁の燃焼を抑制できず、CLT 壁も胴縁に接する部分から燃焼が生じた。一方で、CLT 壁のうち、胴縁に接する部分ではない（隅角部でない）、CLT 小口部分は木材の着火温度 260°C 超えることはなく（最高 252°C）、炭化・燃焼が生じなかった。このことから、隅角部の耐火的な強化が必要となった。

2回目の実験では、胴縁を不燃化（強化せっこうボード厚さ 25mm を使用）し、実施したところ、強化せっこうボード厚さ 21mm+21mm+木材厚さ 30mm、強化せっこうボード厚さ 21mm+21mm+硬質木片セメント板厚さ 25mm の仕様において、所定の性能を確保した。また、木製胴縁の場合も強化せっこうボード厚さ 21mm+25mm+硬質木片セメント板厚さ 25mm とすれば CLT 壁の耐火性能に悪影響を与えない。

なお、実設計において、不燃胴縁が、2時間耐火構造の国土交通大臣認定に記載されていない場合は、図 1.3.3-1 のように所定の間隔で木胴縁を入れて、開口小口の隅角部のみ、強化せっこうボード胴縁（下地）を入れるという方法が考えられる。

また、隅角部にアルミテープを設けた仕様では、耐火被覆出隅のボードの開き留めとしてあまり機能せず、所定の性能が確保できなかった。表 1.3.3-1 の 2-仕様 1 と 2-仕様 2 の結果にあるように、隅角部にアルミテープを設けたほうが、むしろ CLT の温度が上昇することがわかった。

表 1.3.3-1 2 時間耐火構造壁の開口部小口の代替措置の検討実験結果一覧

仕様名	仕様	260°C到達時間(熱電対番号)			炭化の有無	
		胴縁	CLT軸体	隅角部		
		隅角部	小口中央	胴縁	CLT	
1-仕様1 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 ×2枚 +スギ30mm厚	木製胴縁	継棒	185分 (1)	201分 (2)	到達せず (最高238°C)	あり (燃焼継続)
		上下棒	189分 (5)	189分 (6)	到達せず (最高252°C)	あり・下棒 (燃焼継続)
1-仕様2 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 ×2枚 +硬質木片セメント板25mm厚	木製胴縁	継棒	249分 (9)	312分 (10)	到達せず (最高182°C)	あり (燃焼継続)
1-仕様3 強化せっこうボードGB-F(V)15mm厚 +21mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚	木製胴縁	継棒	185分 (13)	228分 (14)	到達せず (最高232°C)	あり (燃え止まり)
1-仕様4 強化せっこうボードGB-F(V)15mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚×2枚	木製胴縁	継棒	199分 (17)	263分 (18)	到達せず (最高238°C)	あり (燃え止まり)
1-仕様5 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚×2枚	木製胴縁	継棒	252分 (21)	329分 (22)	到達せず (最高199°C)	あり (燃え止まり)
2-仕様1 強化せっこうボードGB-F(V) 21mm厚+21mm厚+スギ30mm厚	不燃胴縁	継棒	-	到達せず (最高222°C)	到達せず (最高195°C)	- なし (変色)
2-仕様2 強化せっこうボードGB-F(V) 21mm厚+アルミテープ+21mm厚 +スギ30mm厚	不燃胴縁	継棒	-	169分 (6)	到達せず (最高215°C)	- あり (燃え止まり)
2-仕様3 強化せっこうボードGB-F(V) 21mm厚+25mm厚+スギ30mm厚	不燃胴縁	継棒	-	到達せず (最高197°C)	到達せず (最高166°C)	- なし(変色)
2-仕様4 強化せっこうボードGB-F(V) 21mm厚+25mm厚+スギ30mm厚	木製胴縁	継棒	201分 (13)	256分 (14)	到達せず (最高156°C)	あり (燃え止まり)
2-仕様5 強化せっこうボードGB-F(V) 21mm厚+アルミテープ+21mm厚 +スギ30mm厚	木製胴縁	継棒	159分 (17)	170分 (18)	到達せず (最高227°C)	あり (燃焼継続)
2-仕様6 強化せっこうボードGB-F(V) 25mm厚+25mm厚+スギ30mm厚	木製胴縁	継棒	161分 (21)	190分 (22)	到達せず (最高192°C)	あり (燃焼継続)
2-仕様7 強化せっこうボードGB-F(V) 21mm厚+21mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚	不燃胴縁	継棒	-	到達せず (最高195°C)	到達せず (最高155°C)	- なし
2-仕様8 強化せっこうボードGB-F(V) 21mm厚+25mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚	木製胴縁	継棒	到達せず (最高226°C)	到達せず (最高190°C)	到達せず (最高131°C)	なし

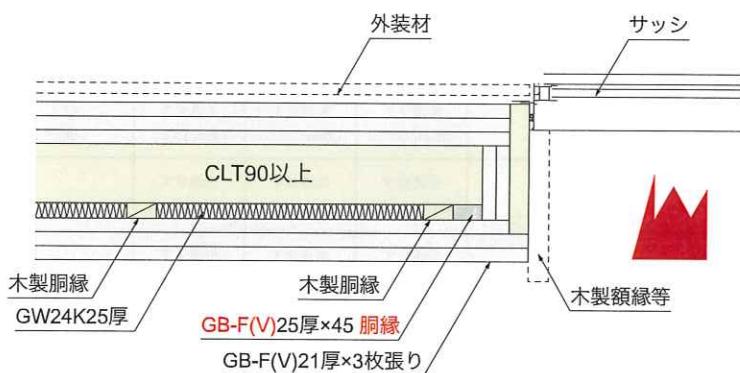


図 1.3.3-1 2 時間耐火構造壁の開口部小口の代替措置の検討実験結果

2) 設備貫通部の火炎貫通抑制措置（遮炎性・非損傷性）

令和4年のCLTの告示改正に伴い、CLT耐力壁（鉛直力を支持する壁）に最大250×250mmの開口を設けることが可能となった。そこで、本事業の2回の実験で、250mm×250mmのCLT開口に通せる設備配管の最大サイズを検討すること、また、150mm×150mmのCLT開口に通せる設備配管を検討した。

その際、①CLT開口の小口に強化せっこうボードを1~2枚設ける、②配管と開口（四角形）の隙間にAESウールを充填する、③壁の耐火被覆を配管の形状に張る、の3つの耐火的な工夫を行って、CLT開口小口への入熱を低減することとした。

加熱実験の結果、表1.3.3-2のように、実験を行ったすべての仕様で所定の性能を確保した。250mm×250mmのCLT開口については、スパイラルダクトΦ150、鋼管（SGP管）100A、VP管150について、CLT開口小口に強化せっこうボード厚さ25mmを張ることでCLTの温度を200°C以下に保ち、CLT壁の耐火性能を低下させないことがわかった。なお、CLT開口寸法が同じ場合、管径が小さいほど、CLTに与える熱的な影響は少ないため、管径が小さくなつても構わない。

また、150mm×150mmのCLT開口については、CLT開口小口に、強化せっこうボード厚さ25mmを張ることで、鋼管（SGP管）50A、VP管50を通すことが可能である。

表1.3.3-2 2時間耐火構造壁の設備貫通部の措置の検討実験結果一覧

仕様名	仕様	260°C到達時間（熱電対番号）			炭化の有無			
		木胴縁	CLT軸体					
		隅角部	隅角部	小口中央	胴縁	CLT		
1-仕様1	強化せっこうボードGB-F(V) 21mm厚×2枚+AESウール充填	VP管 (塩ビ)	100A (外寸Φ114)	到達せず (最高154°C)	到達せず (最高98°C)	到達せず (最高97°C)	あり (燃え止まり)	なし
1-仕様2	強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +AESウール充填			到達せず (最高195°C)	到達せず (最高112°C)	到達せず (最高90°C)	なし (変色)	なし
1-仕様3	強化せっこうボードGB-F(V) 21mm厚×2枚+AESウール充填	鋼管 (SGP)	100A (外寸Φ114.3)	到達せず (最高134°C)	到達せず (最高102°C)	到達せず (最高98°C)	なし (変色)	なし
1-仕様4	強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +AESウール充填			到達せず (最高166°C)	到達せず (最高108°C)	到達せず (最高97°C)	なし (変色)	なし
1-仕様5	強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +AESウール充填	VP管 (塩ビ)	50A (外寸Φ60)	到達せず (最高193°C)	到達せず (最高114°C)	到達せず (最高95°C)	あり (燃え止まり)	なし
1-仕様6	強化せっこうボードGB-F(V) 21mm厚×2枚+AESウール充填			到達せず (最高200°C)	到達せず (最高109°C)	到達せず (最高96°C)	なし (変色)	なし
1-仕様7	強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +AESウール充填	鋼管 (SGP)	50A (外寸Φ60.5)	到達せず (最高189°C)	到達せず (最高109°C)	到達せず (最高105°C)	なし	
1-仕様8	強化せっこうボードGB-F(V) 21mm厚×2枚+AESウール充填			到達せず (最高147°C)	到達せず (最高104°C)	到達せず (最高98°C)	なし	
2-仕様1	強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +AESウール充填	スパイラル ダクト	150A (外寸Φ154)	到達せず (最高247°C)	到達せず (最高142°C)	到達せず (最高119°C)	なし	
2-仕様2	強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +AESウール充填	VP管 (塩ビ)	150A (外寸Φ165)	到達せず (最高244°C)	到達せず (最高198°C)	到達せず (最高119°C)	あり・下部 (燃え止まり)	なし

3) 2 時間耐火構造の CLT 壁の耐火被覆仕様

現在、日本 CLT 協会の所有する 2 時間耐火構造の壁の国土交通大臣認定では、CLT 表面にグラスウール 24K 厚さ 25mm を張り（木製胴縁 25×45 を併用）、その上に、強化せっこうボード厚さ 21mm を 3 枚張り（総厚 63mm）となっている。

実験により、グラスウール 24K 厚さ 25mm を張り（木製胴縁 25×45 を併用）、その上に、強化せっこうボード厚さ 15mm+21mm+21mm（総厚 57mm）を張った仕様は、木製胴縁の一部に燃焼があったが、自消し、CLT に影響を与えなかった。すなわち、2 時間の耐火性能は確保できたが、胴縁がなく、CLT に直接、耐火被覆を張った場合は、性能が足りなくなる可能性がある。また、下記に示す仕様において、木製胴縁の燃焼も見られず、2 時間耐火構造の要求性能を余裕を持って満足することがわかった。今後、性能評価試験を経て、国土交通大臣認定取得により実用化が可能である。

- ・ CLT 表面にグラスウール 24K 厚さ 25mm を張り（木製胴縁 25×45 を併用）、
その上に、強化せっこうボード厚さ 15mm+21mm+25mm を張ったもの（総厚 61mm）
- ・ CLT 表面にネオマフォーム厚さ 25mm を張り（木製胴縁 25×45 を併用）、
その上に、強化せっこうボード厚さ 21mm を 3 枚張ったもの（総厚 63mm）

表 1.3.3-3 2 時間耐火構造壁の耐火被覆仕様の検討結果一覧

仕様名	仕様	260°C到達時間（熱電対番号）		炭化の有無	
		木製胴縁表面	CLT軸体表面	炭化の有無	
				胴縁	CLT
1-下部	被覆総厚57mm 強化せっこうボードGB-F(V)15mm厚 +21mm厚×2枚	24K25mm厚 グラスウール	175分 (17)	到達せず (最高153°C)	あり (燃え止まり)
1-下部	被覆総厚61mm 強化せっこうボードGB-F(V)15mm厚 +21mm厚+25mm厚		到達せず (最高225°C)	到達せず (最高114°C)	なし
1-上部	被覆総厚63mm 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 ×3枚		到達せず (最高176°C)	到達せず (最高99°C)	なし
1-下部	被覆総厚63mm 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 ×3枚		到達せず (最高204°C)	到達せず (最高127°C)	なし
2-上部	被覆総厚63mm 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 ×3枚	グラスウール 24K25mm厚	-	到達せず (最高96°C)	-
2-上部	被覆総厚63mm 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 ×3枚	ネオマフォーム 25mm厚	-	到達せず (最高91°C)	-

(2) 1 時間耐火構造壁

1) 外壁開口小口の被覆の代替措置（非損傷性）

2 時間耐火構造壁同様、サッシの取付けが可能な「木材厚さ 30mm」「硬質木片セメント板厚さ 25mm」を開口小口の耐火被覆の最外層に配置することとして、その下張りの強化せっこうボードを変化させて加熱実験を 1 回実施した。

その結果、「木材厚さ 30mm」を使用した場合、木製胴縁からの燃焼を止められずに CLT が炭化・燃焼し、所定の性能を確保できなかった。一方。「硬質木片セメント板」を使用した場合は、下張りを強化せっこうボード厚さ 21mm とすることで木製胴縁、CLT とともに温度は約 200°C 以下に留まり、炭化・燃焼が生じなかった。「木材厚さ 30mm」の場合は、胴縁を不燃化するなどが有効な対策と考えられる。

2) 設備貫通部の火炎貫通抑制措置（遮炎性・非損傷性）

2 時間耐火構造壁同様、CLT 耐力壁に 250mm×250mm の開口、150mm×150mm の開口が空いた際に通すことができる配管とその周辺の措置を検討した。

その結果、CLT 開口小口に強化せっこうボード厚さ 15mm を張ることで、鋼管 (SGP 管) 100A、VP 管 100 の貫通部の CLT 開口の小口温度を 100°C 以下に保ち、CLT の炭化・燃焼を抑制できる。

3) 1 時間耐火構造の CLT 壁の耐火被覆仕様

CLT で 1 時間耐火構造とする場合は、H12 建設省告示第 1399 号の仕様（両面に強化せっこうボード総厚 42mm 張り）が用いられる。

実験により、下記に示す仕様においても 1 時間耐火構造の要求性能を満足することがわかった。今後、性能評価試験を経て、国土交通大臣認定取得により実用化が可能である。

- ・ CLT 表面にグラスウール 24K 厚さ 25mm を張り（木製胴縁 25×45 を併用）、
その上に、強化せっこうボード厚さ 15mm+21mm を張ったもの（総厚 36mm）
- ・ CLT 表面にネオマフォーム厚さ 25mm を張り（木製胴縁 25×45 を併用）、
その上に、強化せっこうボード厚さ 21mm を 2 枚張ったもの（総厚 42mm）

1.4 防火的な措置の提案

前述の実験結果と検討より、耐火構造の壁について、外壁開口小口部、設備配管貫通部の防火的な措置の提案を図 1.4-1～1.4-4 に示す。

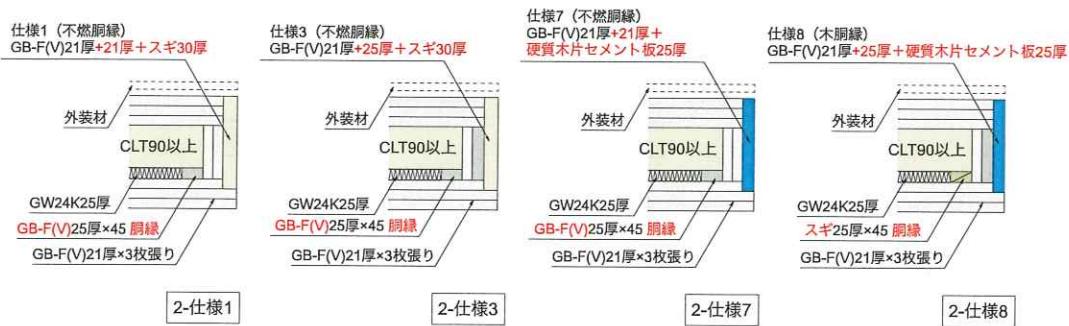


図 1.4-1 2 時間耐火構造壁に対する開口部小口の防火的な措置の例

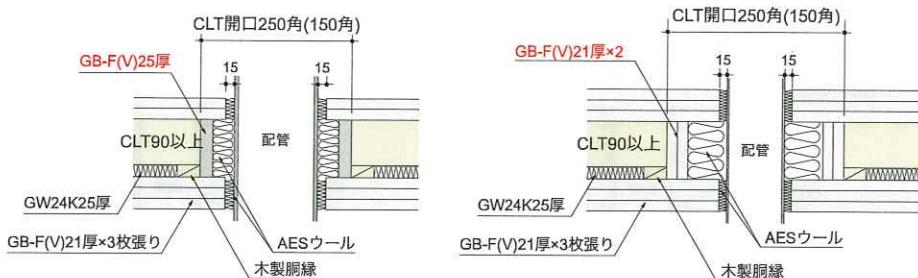
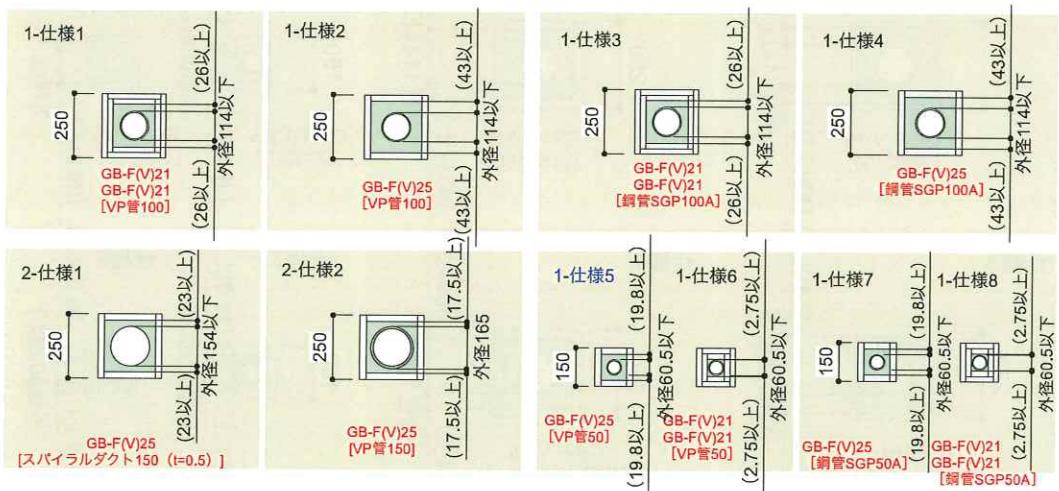


図 1.4-2 2 時間耐火構造壁に対する設備貫通部の防火的な措置の例

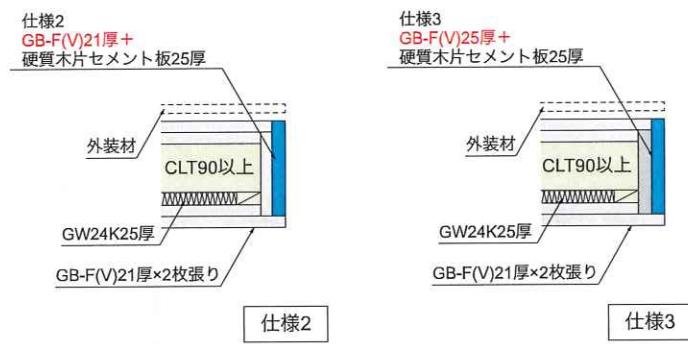


図 1.4-3 1 時間耐火構造壁に対する開口部小口の防火的な措置の例

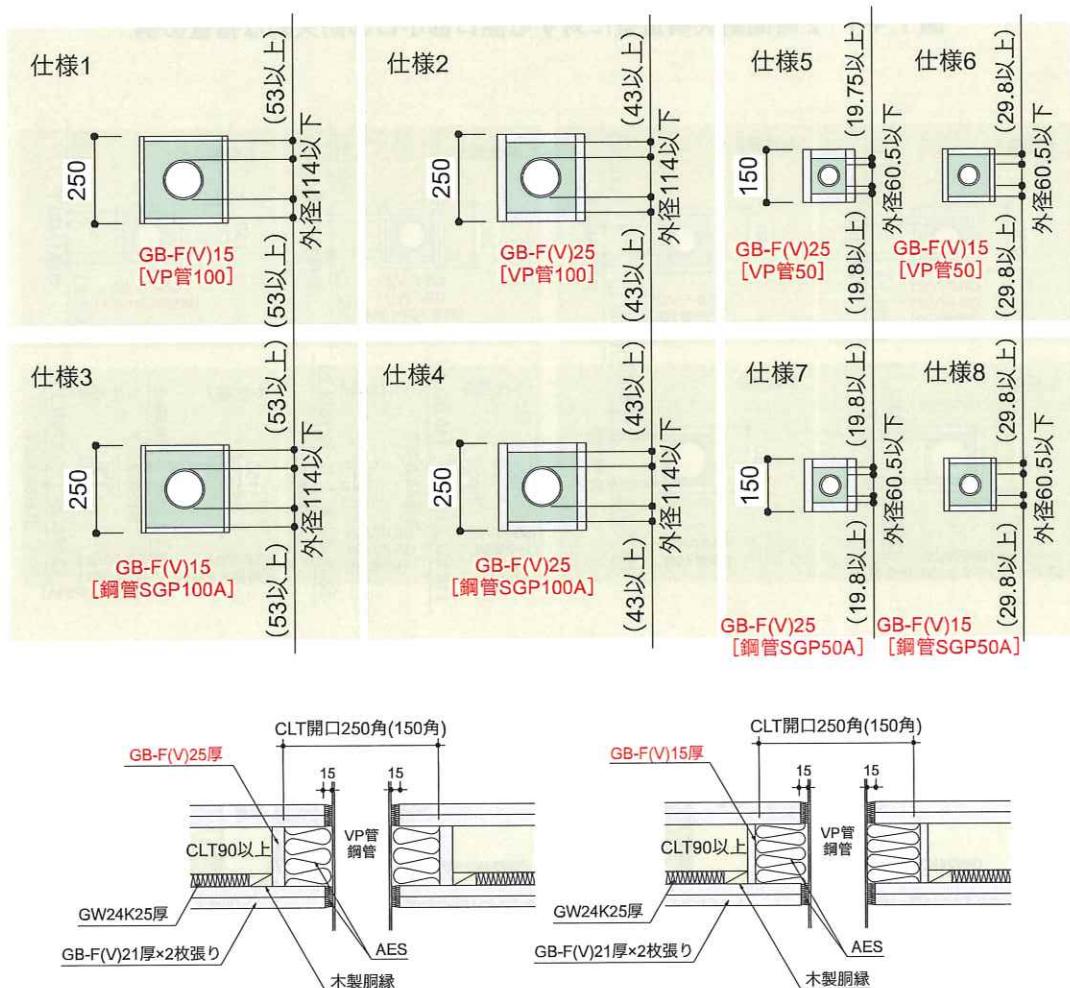


図 1.4-4 1 時間耐火構造壁に対する設備貫通部の防火的な措置の例

1.5 今後の課題と展望

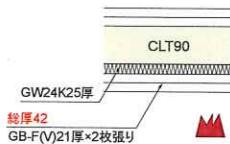
本事業では、1時間耐火構造及び2時間耐火構造の壁（防火区画以外の部分）を設備配管等が貫通したり、外壁開口部の小口の耐火被覆を代替えする（サッシ取付け用のビスが効くように）する場合の防火的な措置を実験的に検討し提案した。

貫通部、開口小口についていくつかの仕様を提案することができたが、仕様が限定的であるため、設計の実状に応じたバリエーションを今後増やしていくことが重要であろう。特に1時間耐火構造の開口小口の耐火被覆代替え措置においては、「木材30mm厚」を最外層に設けた仕様が、実施工を考えると必要であろう。

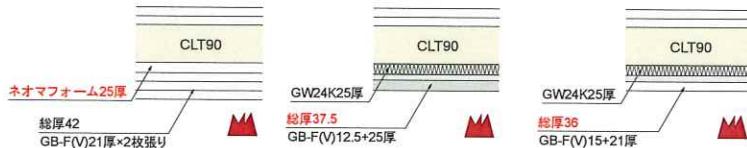
なお、本事業では、防火区画以外の壁を想定して実験を実施したが、設備貫通部の実験で採用した評価基準は、「防火区画の壁の貫通部（区画貫通措置）」においても法令が要求する性能を満足している。必要に応じて、国土交通大臣認定取得等で実用化していくば設計自由度が向上するだろう。

また、1時間耐火構造の告示、2時間耐火構造の大臣認定の耐火被覆仕様及び断熱材仕様について、耐火被覆の低減、可燃性発泡系断熱材への置き換えについて、耐火構造の要求性能を満足する仕様を明確にした。今後、性能評価試験を経て大臣認定を取得することで実用化が可能となる。

[1時間耐火構造の告示仕様]



[1時間耐火構造の性能を満足した仕様]



[2時間耐火構造の大臣認定仕様]



[2時間耐火構造の性能を満足した仕様]



図1.5 本事業の実験から示された耐火構造の壁の耐火被覆仕様

