

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

一般財団法人 日本建築防災協会

アイエヌジー株式会社

共同研究：国立研究開発法人建築研究所

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

本事業の目的

① 主要構造部を構成する部分の性能に関する検討

- 法令においては、建築物の火災に対する安全性を確保するための対策の一つとして主要構造部に所要の耐火性能を求めている。
- しかしながら、法令では仕様やディテールを示しきれない部分もあり、取扱いが明確でないケースがある。
- 本課題では、屋根の開口部、軒裏の開口部などに求められる性能について整理し、必要な防火対策を含む、仕様の明確化(告示)、及び大臣認定や認定試験の運用方針の明確化を目的とする。

② 60分を超える準耐火構造の性能に関する検討

- 今般の法改正において、「通常の消火の効果を見込んだ」準耐火構造が位置づけられた。
- 既往の準耐火構造(45分、60分)では、火災による加熱時間の間の性能確保が求められていたため、火災による加熱が終了した後の性能は担保されていない。
- 本課題では、新たな準耐火構造の有すべき性能を明示し、その性能を有する主要構造部の仕様を試験によって確かめることを目的とする。

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

検討の方針

○ 60分を超える準耐火構造の仕様の決定

- ・60分を超える「準耐火構造」が有すべき性能を明確にする。
- ・過去の試験結果並びに本事業で実施する耐火試験の結果に基づき、60分を超える準耐火構造の仕様を決定する。

○ 屋根の天窗

- ・「網入りガラス＋鉄枠」以外の、防火ガラスやサッシ枠の可能性を調査し、試験によって性能を確認する。

○ 軒裏の換気口(通気金物)

- ・試験の合理的な運用を図るために、軒のサイズ(長さ)、通気金物の位置・大きさ、通気金物の留め付け方法などをパラメータとした試験を実施して、各項目の効果の有無を確認する。

○ 準耐火構造(H30年度)

- ・60分を超える準耐火構造の告示化に向けての試験実施と条件整理

○ 屋根の天窗(H30年度後半～H31年度)

- ・屋根試験における天窗部分への要求性能の整理と条件の明確化のための試験実施と条件整理

○ 軒裏の換気口(H30年度後半～H31年度)

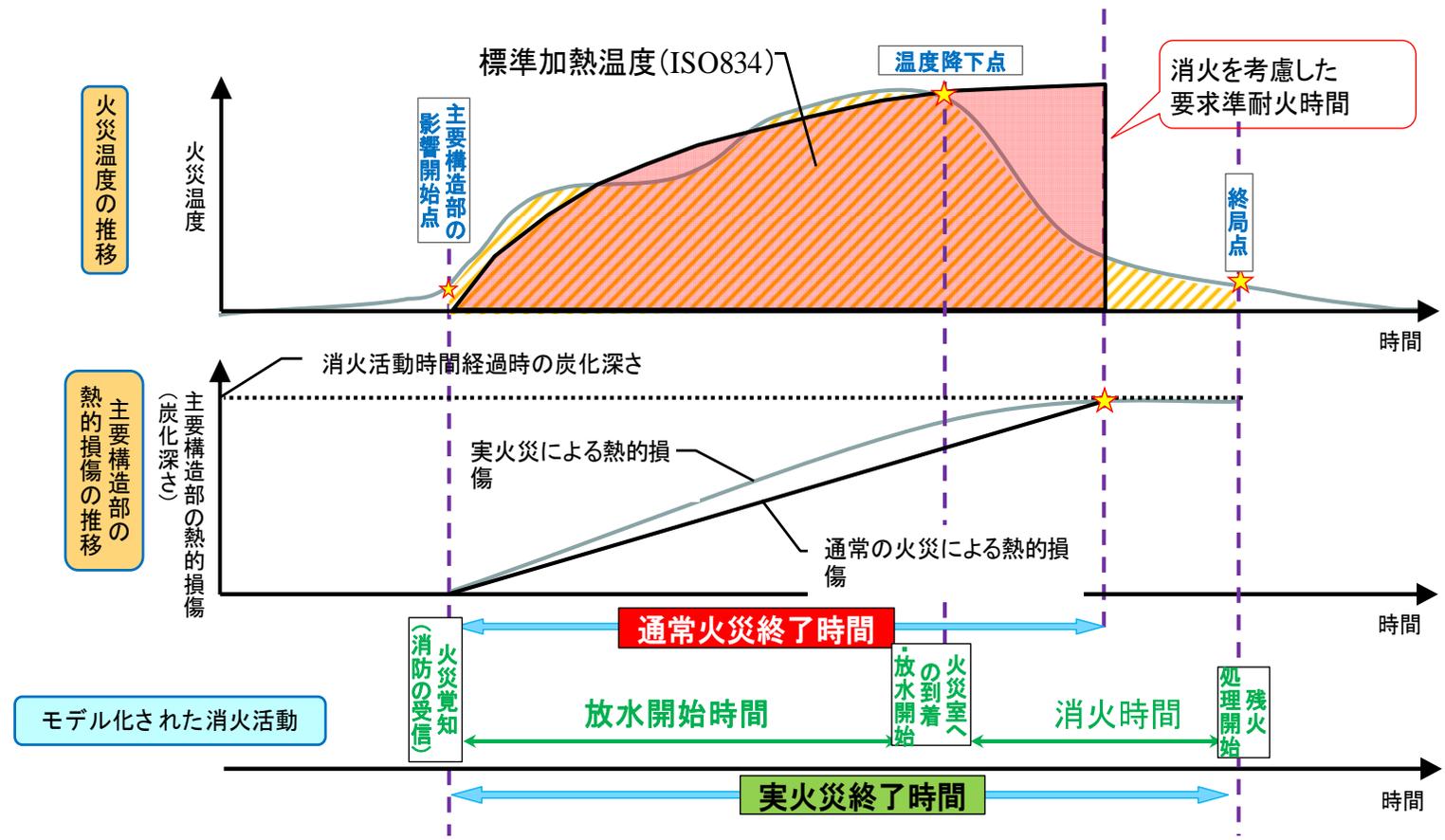
以下の指針策定のための試験実施と条件整理

- ・軒裏として認定を取得した換気口と、他の軒裏認定品を併用する場合の留め付け方法に関する指針
- ・軒裏耐火試験における換気口設置位置並びにサイズの合理的な設定方法に関する指針

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

(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討

- 法21条における通常火災終了時間は60分を超える可能性がある一方、現行の告示は準耐火構造は60分までの例示仕様に限られており、告示に基づく構造方法による建築物の実現ができない。
- 60分超の準耐火構造の性能評価・確認方法について整理し、主要構造部の仕様案を提案する。
- 性能確認にあっては、消火終了直後および残火処理時に倒壊することがないように、一定の安全率を確保する。
- 床の上面にあっては、消防隊の転落につながるため、木材の炭化しない被覆を設置する。

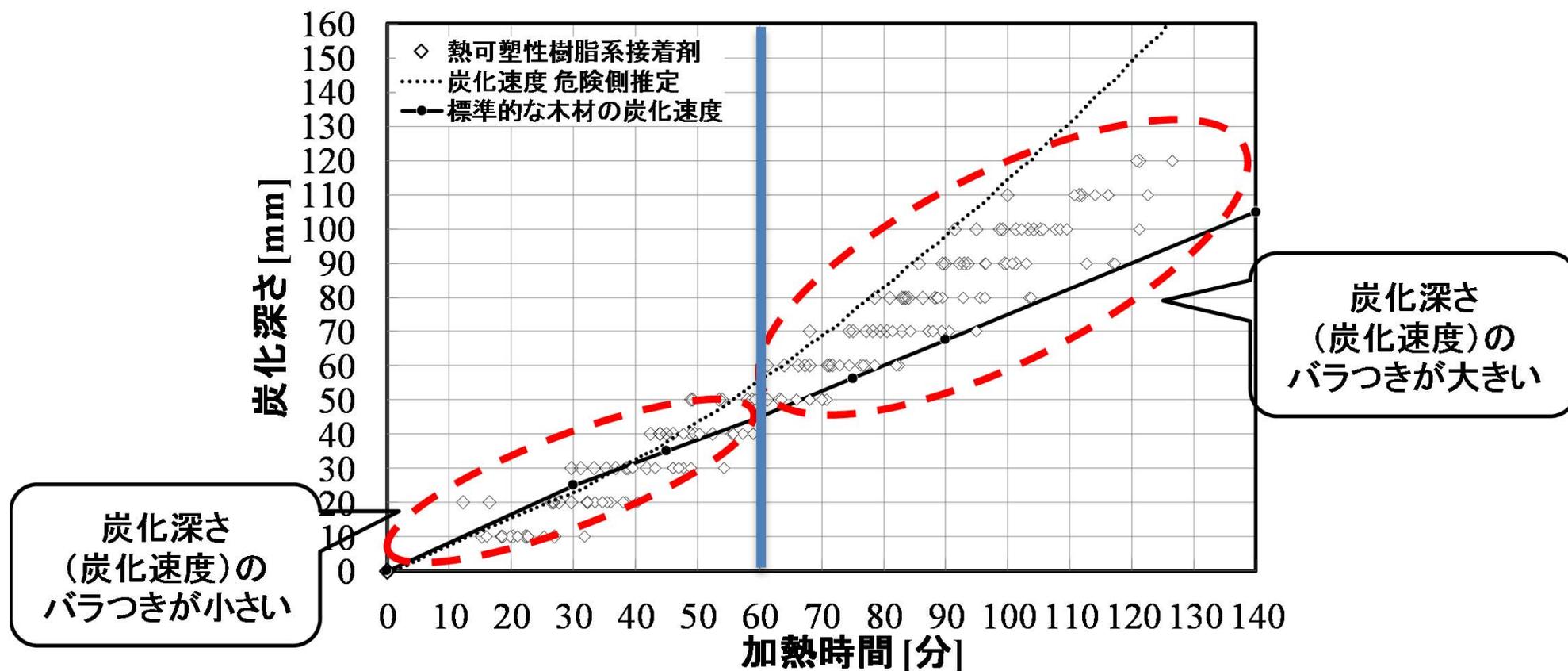


F13 屋根・軒裏の開口部等の建築物の部分における防火措置の検討

(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討

○ 性能のばらつき(安全率の考え方)

加熱時間60分を境に性能のばらつきが大きくなる。→材料ごとの安全率の設定

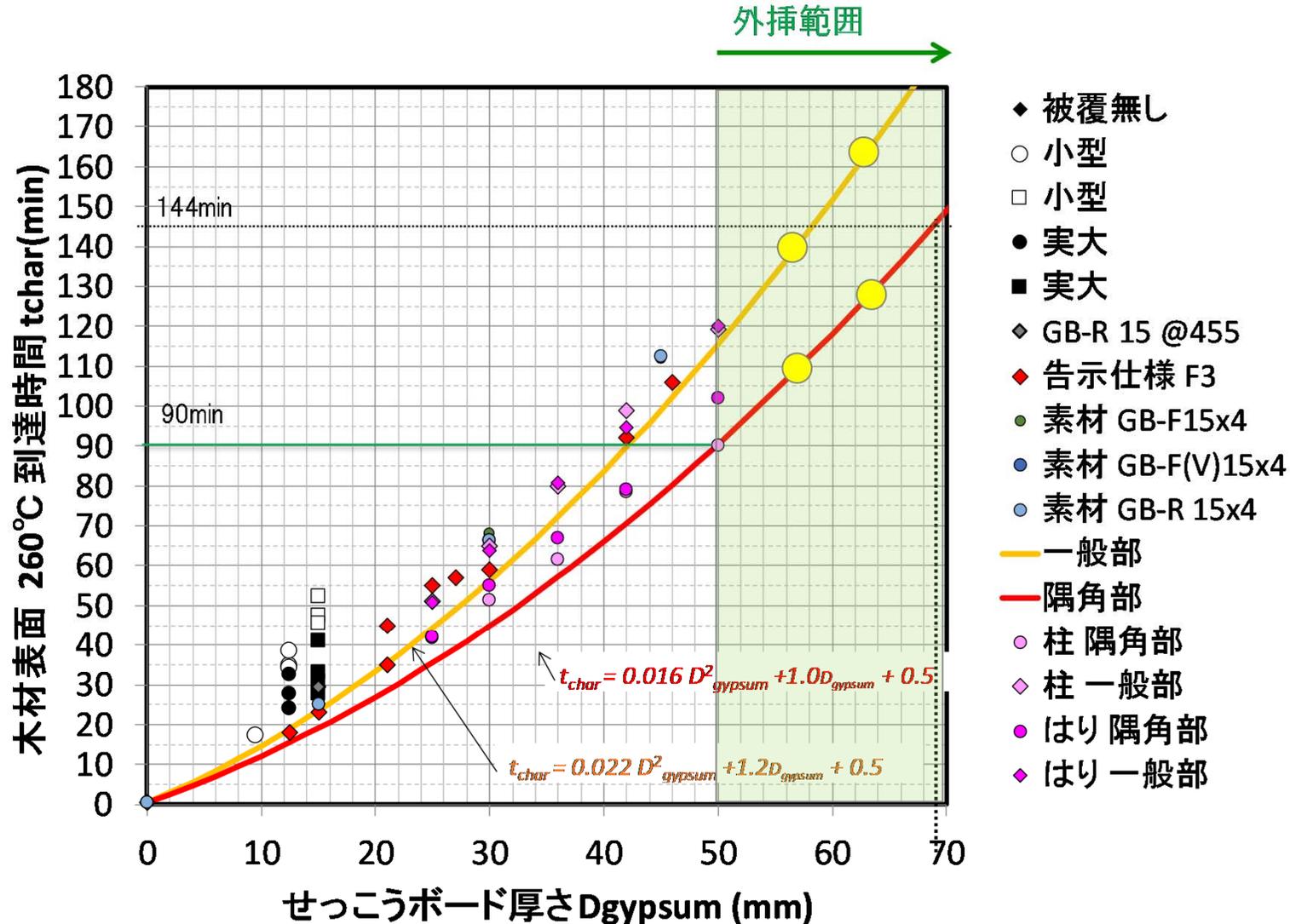


F13 屋根・軒裏の開口部等の建築物の部分における防火措置の検討

(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討

○ 性能のばらつき(木材着火時間と石膏ボード厚さの関係)

加熱時間が長くなると、防火被覆の熱劣化が激しい。長時間加熱のデータが不足。



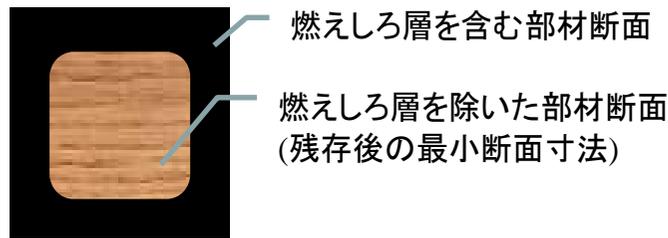
F13 屋根・軒裏の開口部等の建築物の部分における防火措置の検討

○ 通常火災終了時間・特定避難時間を用いた設計を行う場合、60分を超える準耐火構造を用いることが想定される。この際、準耐火時間 t_{qfr} については、その構造に応じ、以下のとおり取り扱う。

- ① 製材、集成材、単板積層材又は直交集成板のJASに適合する木材を用いる場合
 - 設計上、必要となる通常火災終了時間又は特定避難時間(=準耐火時間 t_{qfr})を元に燃えしろ層の厚さ D を計算し、燃えしろ層を除いた残存断面による構造計算(残存断面に発生する長期応力度が、短期許容応力度を超えないことを確かめるもの)を行う。
- ② 上記①以外の場合(防火被覆のない木材による構造を除く。)
 - ISO834の加熱試験(2回以上)によって得られる時間のうち、もっとも短い時間を性能限界時間 t_{limit} とした場合に、安全率 f_s を見込んだ以下の式によって得られる時間によって設計する。

$$t_{qfr} = t_{limit} / f_s \text{ (単位 分)}$$

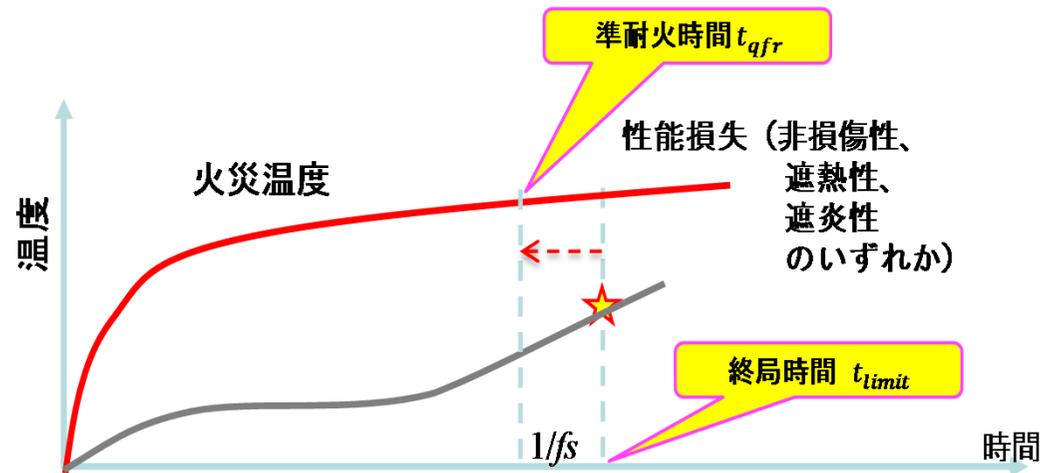
$f_s = 1.2$ 長時間加熱と鎮圧後の安全性を確保するための種々の不確定要因の影響



$$D = t_{qfr} \cdot k \cdot CR_{std}$$

k : 接着剤、種類(製材、集成材等)等に基づく安全率係数
 CR_{std} : 標準加熱時の炭化速度 0.75mm/分(60分時)

a) 燃えしろ型



b) 防火被覆型

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

(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討

○ 試験の目的

木質系主要構造部材の準耐火性能を確認するための試験を行うにあたり対象と目的を以下に定める。

「防火被覆型」と「燃えしろ型」の主要構造部を対象とする。

小規模試験体を用いた非載荷加熱実験を行う。

消火効果や加熱条件などの影響を把握することが必要。



○ 選定方針

①被覆厚さを主たる実験変数とした木材の試験体を加熱して、60分～120分の範囲で防火被覆された木部の炭化が発生する条件を明らかにする。

②燃えしろ型の試験体については、長時間の加熱実験を実施して、加熱時間と炭化深さの関係を明かとする。燃えしろ型の部材に対しては、放冷中・散水時の炭化深さを把握する。

③消防活動を想定した火勢の減衰と炭化速度の関係を把握するため、火災外力に関しては、標準加熱($\alpha=460$)を基準として、強加熱($\alpha=650$, 上限 1200°C)、放冷(自然放冷・放水等)についても条件を設定する。

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

(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討

小規模燃えしろ集成材柱試験体

No.	種類	部位	試験体サイズ	試験体の概要	加熱強度	加熱時間	接着剤	樹種	柱、梁幅	奥行き、せい	高さ、長さ
CB-1	燃えしろ 集成材	柱	小規模	小規模柱 2m	$\alpha=460$	∞	PRF	スギ	360.0	360	1,950
CB-2				小規模柱 2m		∞	API	スギ			
CB-3				小規模柱 2m	$\alpha=460$ 放冷	75	PRF	スギ			
CB-4				小規模柱 2m		API	スギ				
CB-5				小規模柱 2m	$\alpha=650$	∞	PRF	スギ			
CB-6				小規模柱 2m		∞	API	スギ			
CB-7				小規模柱 2m	$\alpha=650$ 放冷	50	PRF	スギ			
CB-8				小規模柱 2m		API	スギ				

小規模燃えしろCLT床パネル試験体

No.	種類	部位	試験体サイズ	試験体の概要	加熱強度	加熱時間	接着剤	樹種	幅	厚さ	長さ
FB-1	燃えしろ CLT	床	小規模	小規模CLT 床	$\alpha=460$	∞	PRF	スギ	1,000	270	1,700
FB-2				小規模CLT 床			API	スギ			
FB-3				小規模CLT 床	$\alpha=460$ 放冷	75	PRF	スギ			
FB-4				小規模CLT 床		API	スギ				
FB-5				小規模CLT 床	$\alpha=650$	∞	PRF	スギ			
FB-6				小規模CLT 床			API	スギ			
FB-7				小規模CLT 床	$\alpha=650$ 放冷	50	PRF	スギ			
FB-8				小規模CLT 床			API	スギ			

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

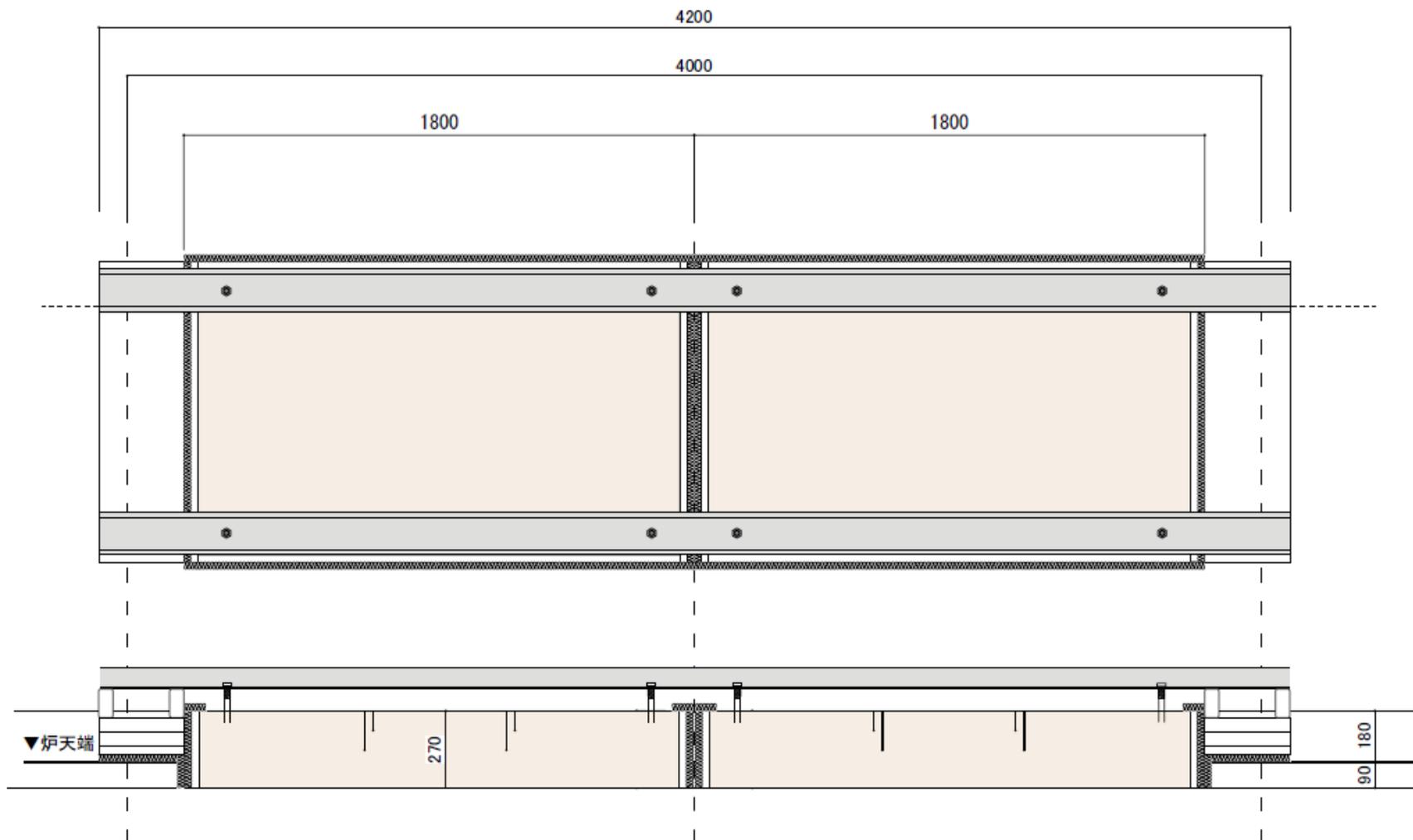
(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討

小規模被覆型試験体

No.	種類	部位	試験体サイズ	試験体の概要	加熱強度	加熱時間	接着剤	樹種	被覆厚さ	幅	奥行き		
CG-1	被覆型	柱	小規模	GB-F(V) 12.5x2	$\alpha=460$	∞	RF	スギ	25	105	105		
CG-2				GB-F(V) 15x2			RF	スギ	30	105	105		
CG-3				GB-F(V) 15+21			RF	スギ	36	105	105		
CG-4				GB-F(V) 21x2			RF	スギ	42	105	105		
CG-5				GB-F(V) 25x2			RF	スギ	50	105	105		
CG-6				GB-F(V) 15+21x2			RF	スギ	57	105	105		
CG-7				GB-F(V) 21x3			RF	スギ	63	105	105		
CG-8				GB-F(V) 21+25x2			RF	スギ	71	105	105		
CG-9				GB-F(V) 25x3			RF	スギ	75	105	105		
CG-10				GB-F(V) 15+25			RF	スギ	40	105	105		
CG-11				GB-F(V) 15+25			RF	スギ	40.0	600.0	600		
CG-12				GB-F(V) 15+25			$\alpha=460$ 放冷	75	RF	スギ	40	105	105
CG-13				GB-F(V) 15+25			$\alpha=650$	∞	RF	スギ	40	105	105
CG-14				GB-F(V) 21x2					RF	スギ	42	105	105
CG-15				GB-F(V) 25x2	RF	スギ			50	105	105		
CG-16				GB-F(V) 15+25	$\alpha=650$ 放冷	50	RF	スギ	40	105	105		
BG-1	被覆型	梁	小規模	GB-F(V) 12.5x2	$\alpha=460$	∞	RF	スギ	25	105	210		
BG-2				GB-F(V) 15x2			RF	スギ	30	105	210		
BG-3				GB-F(V) 15+21			RF	スギ	36	105	210		
BG-4				GB-F(V) 21x2			RF	スギ	42	105	210		
BG-5				GB-F(V) 25x2			RF	スギ	50	105	210		
BG-6				GB-F(V) 15+21x2			RF	スギ	57	105	210		
BG-7				GB-F(V) 21x3			RF	スギ	63	105	210		
BG-8				GB-F(V) 21+25x2			RF	スギ	71	105	210		
BG-9				GB-F(V) 25x3			RF	スギ	75	105	210		
BG-10				GB-F(V) 15+25			RF	スギ	40	105	210		
BG-11				GB-F(V) 15+25			RF	スギ	40.0	220.0	800		
BG-12				GB-F(V) 15+25			$\alpha=460$ 放冷	75	RF	スギ	40	105	105
BG-13				GB-F(V) 15+25			$\alpha=650$	∞	RF	スギ	40	105	210
BG-14				GB-F(V) 21x2					RF	スギ	42	105	210
BG-15				GB-F(V) 25x2	RF	スギ			50	105	210		
BG-16				GB-F(V) 15+25	$\alpha=650$ 放冷	50	RF	スギ	40	105	105		

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

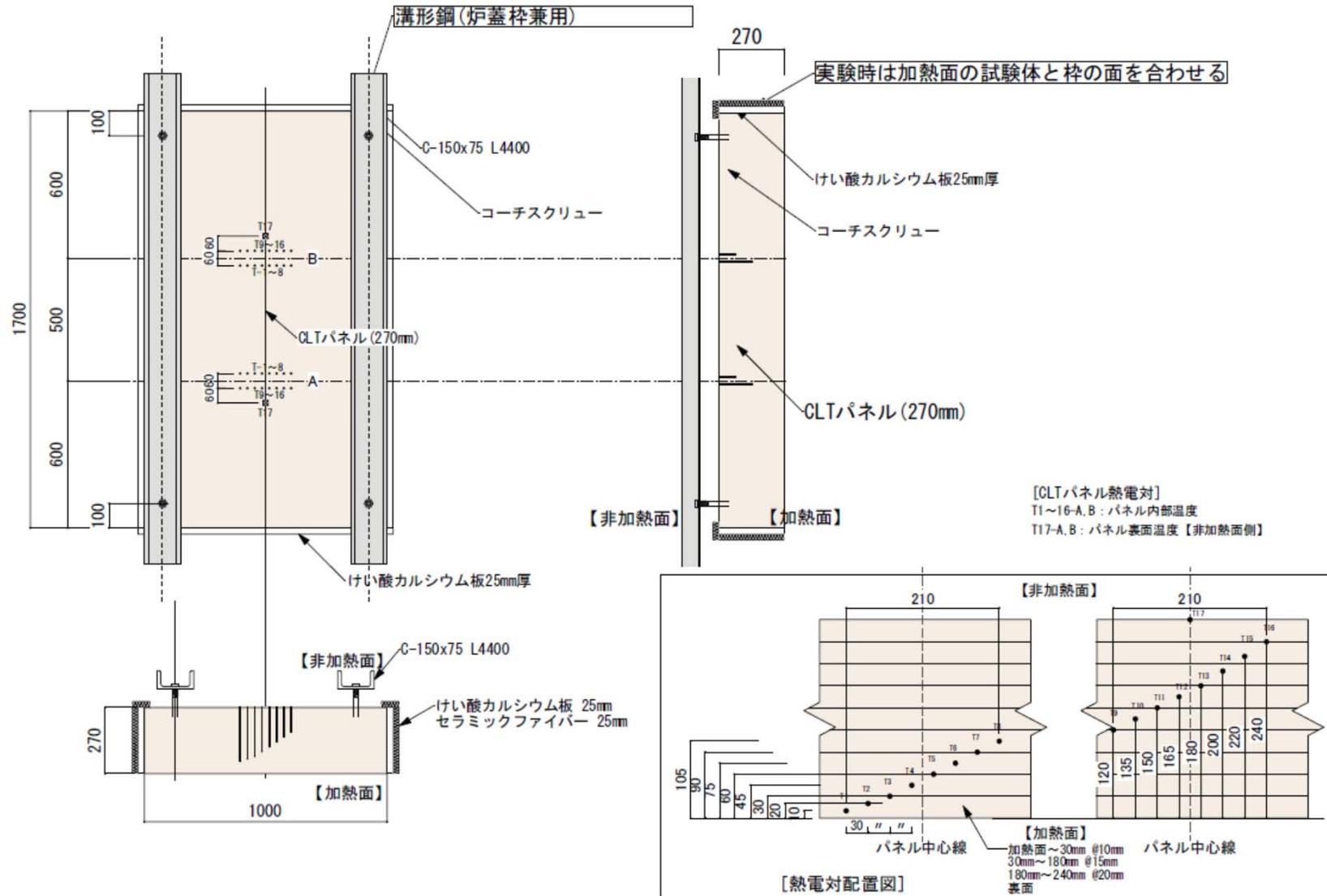
(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討



FB-1~4 加熱実験 CLTパネル(270mm)試験体図

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

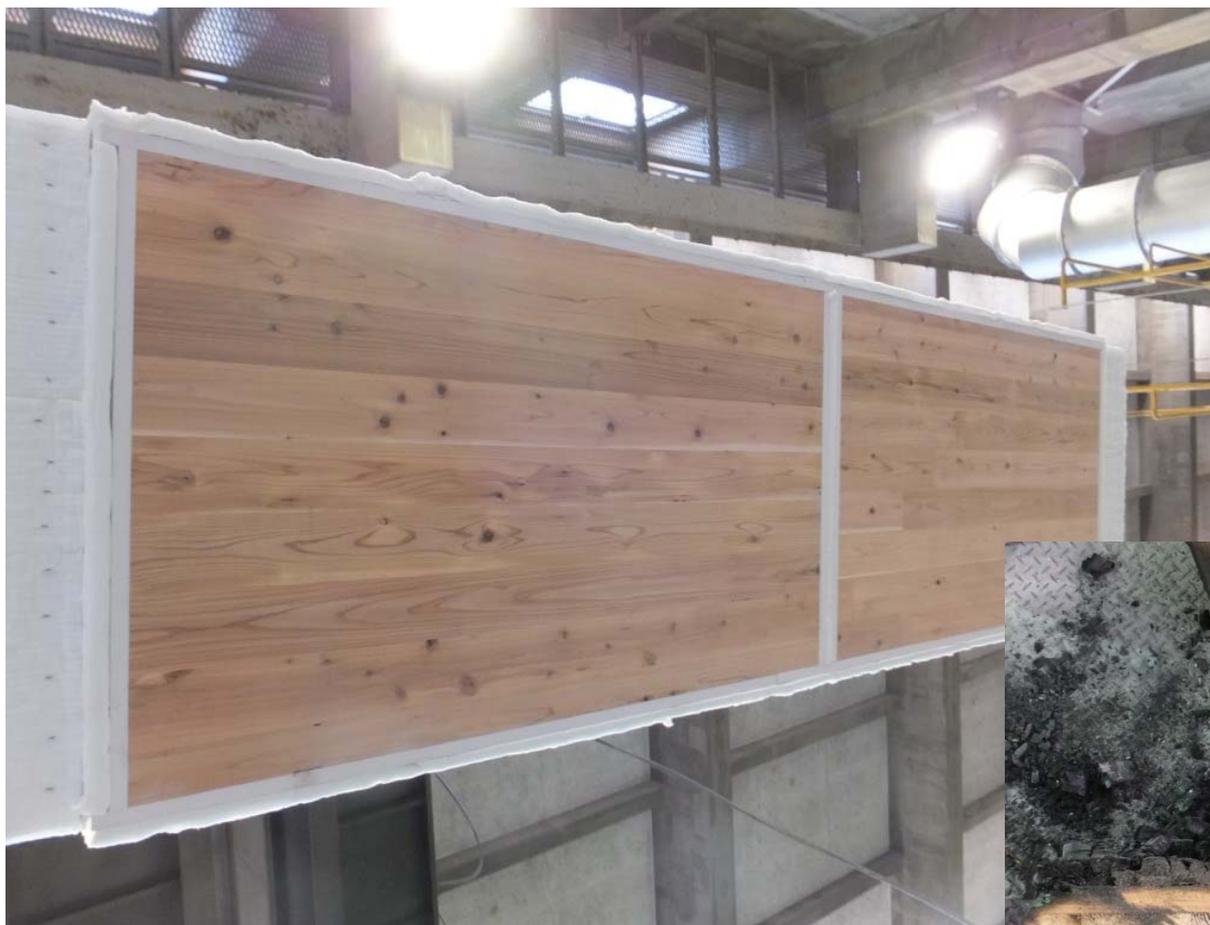
(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討



Title	FB-1~4 加熱実験 CLTパネル (270mm) 試験体図	Scale 1/15(A3) (熱電対配置図1/5)
		Date

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

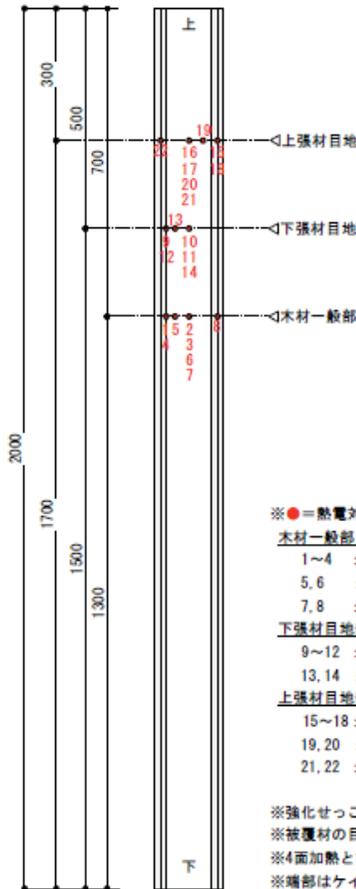
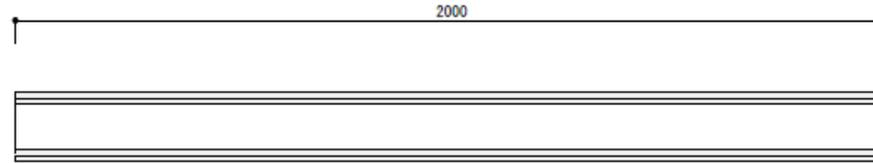
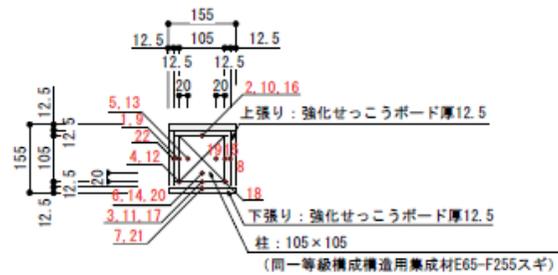
(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討



燃えしろ型試験体と試験後の状況

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

(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討



- ※●=熱電対設置位置 22点 (上部へ抜く)
- 木材一般部: 下端よりH=1,300mm
- 1~4 : 木材表面
- 5, 6 : はり内部(木材表面から20mm)
- 7, 8 : 上張り裏面
- 下張り目地部: 下端よりH=1,500mm
- 9~12 : 木材表面
- 13, 14 : はり内部(木材表面から20mm)
- 上張り目地部: 下端よりH=1,700mm
- 15~18 : 木材表面
- 19, 20 : はり内部(木材表面から20mm)
- 21, 22 : 上張り裏面

- ※強化せっこうボードはタイプV (ひる石入り) とする
- ※被覆材の目地処理はなしとする
- ※4面加熱とする
- ※端部はケイカル板+ファイバーブランケットで入熱しないよう耐火被覆する (評価外)

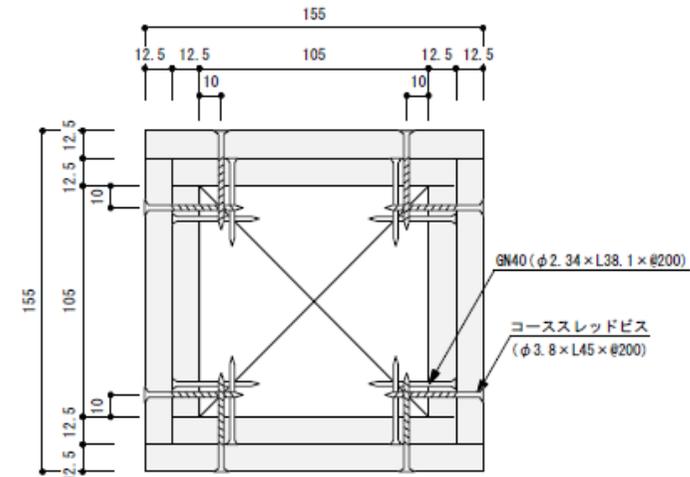


図1-試験体CG-1 試験体図 (寸法:mm)

柱

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

(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討

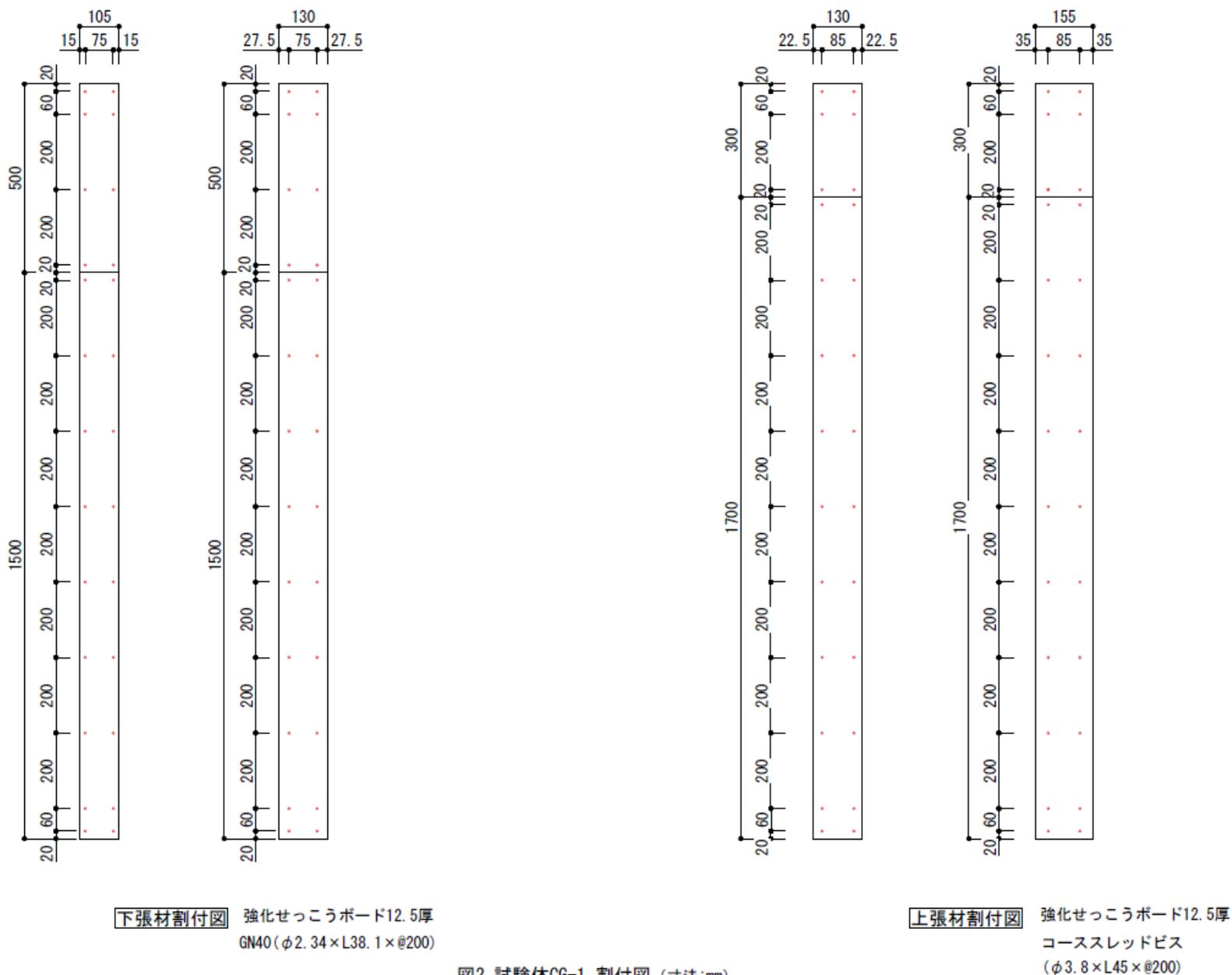


図2 試験体CG-1 割付図 (寸法:mm)

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

(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討



防火被覆型試験体と試験後の状況

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

(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討

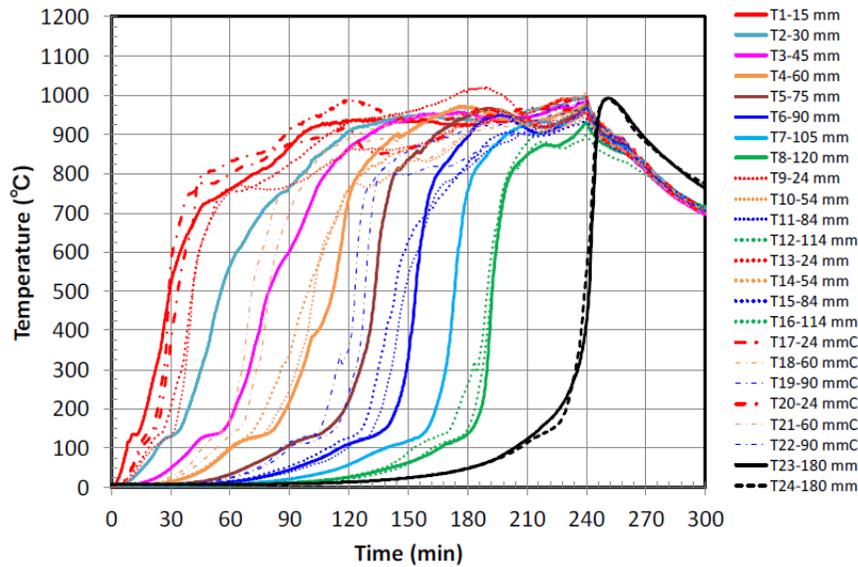


図 2.22 試験体内部温度(CB-1)

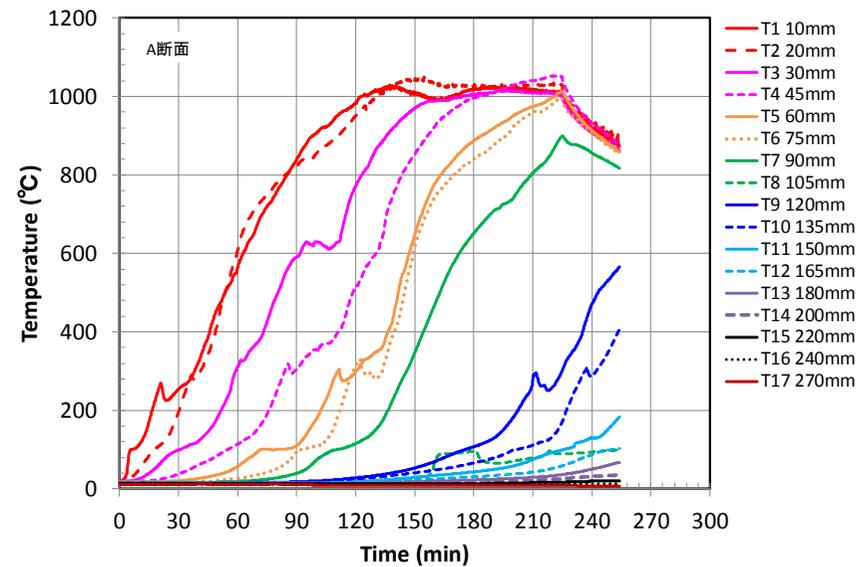


図2.3 試験体内部温度(FB-1A)

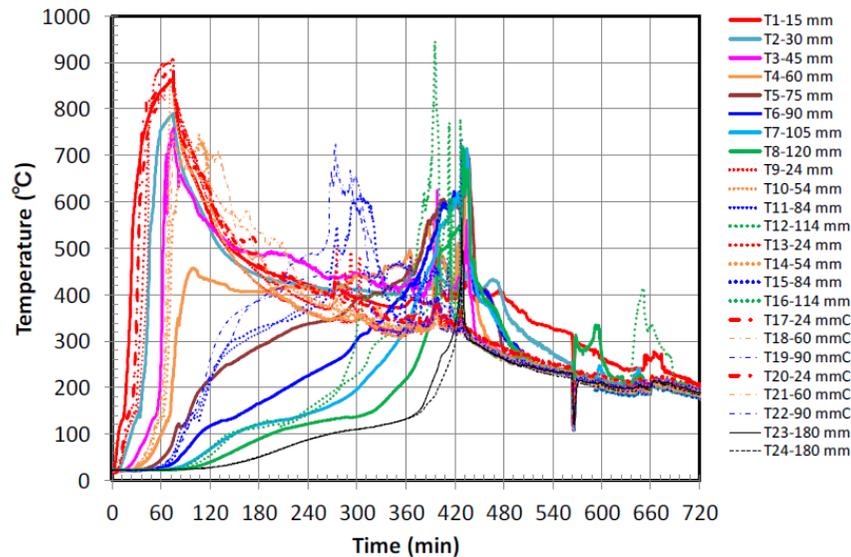


図 2.23 試験体内部温度(CB-4)

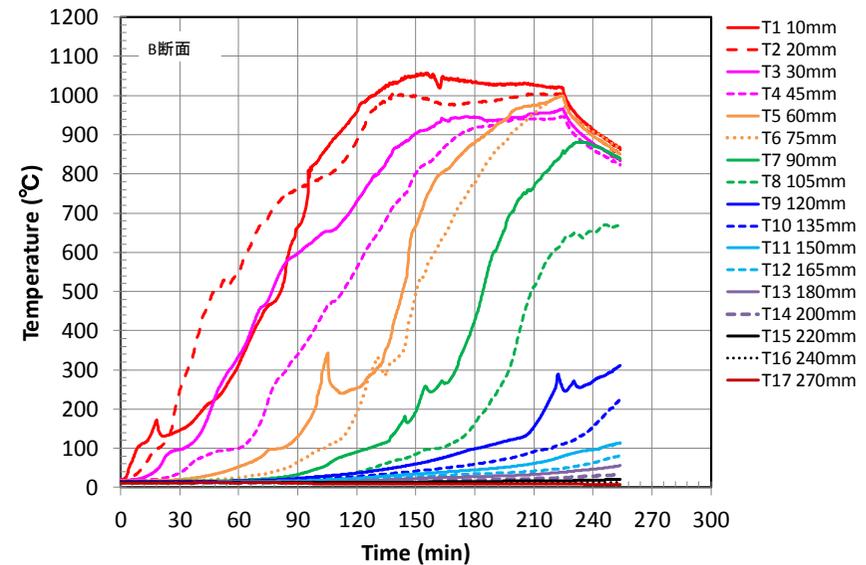
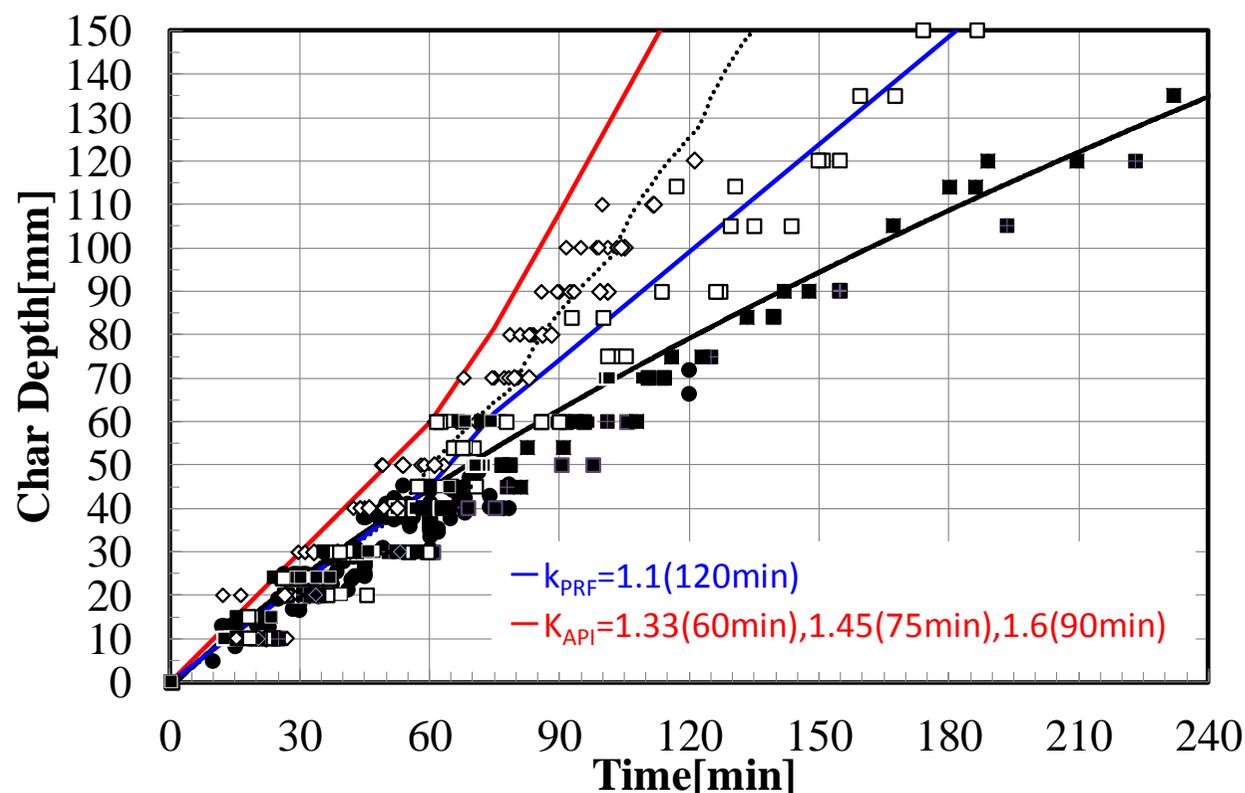


図2.3 試験体内部温度(FB-1B)

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

(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討

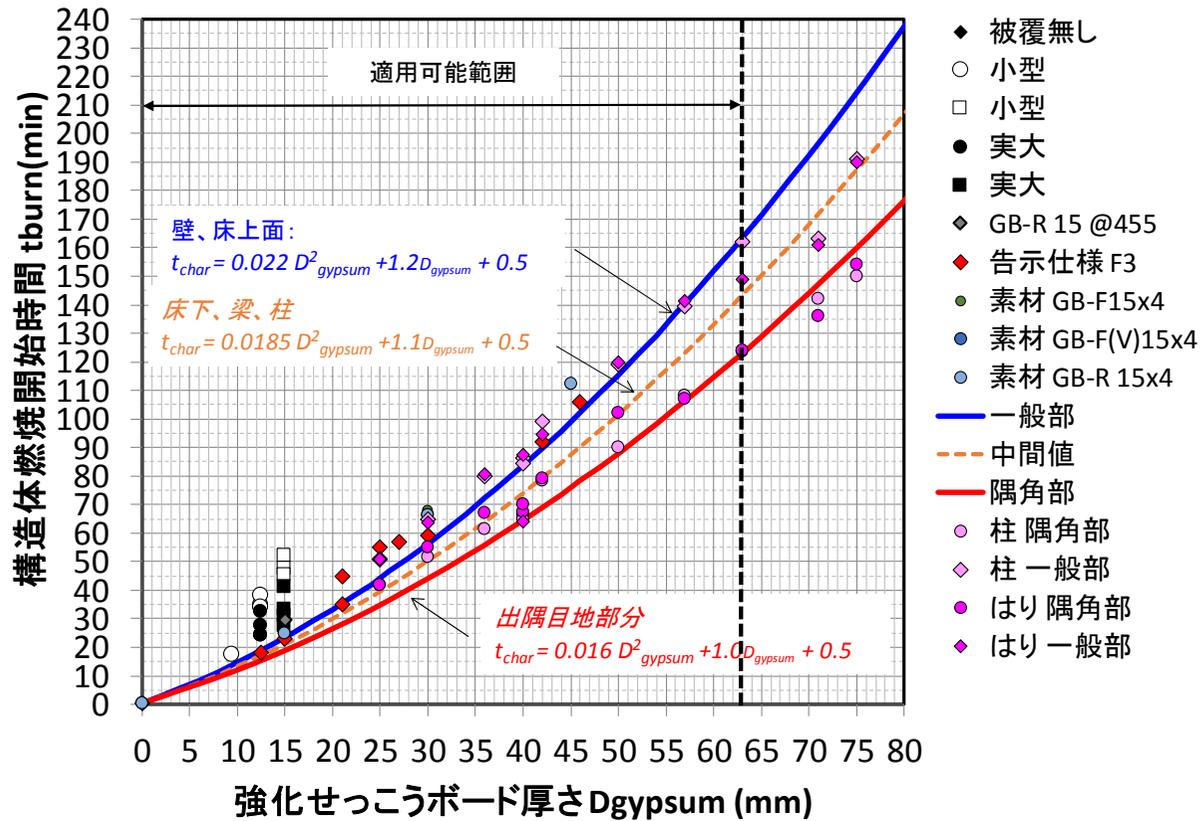


加熱時間と燃えしろ寸法(熱硬化性樹脂(PRF)、熱可塑性樹脂(API))

- 燃えしろ型の部材に関して、長時間の加熱実験を実施して、加熱時間と炭化深さの関係を整理した。接着剤の種類に応じて、炭化深さが異なる。特にAPI系接着剤は長時間加熱となるほど炭化速度が増加した。
- 加熱時間と炭化深さの関係から、一定の安全率を確保するための安全係数を算出した結果、 $k_{PRF}=1.1(75\sim 120min)$ 、 $k_{API}=1.33(60min), 1.45(75min), 1.6(90min)$ とすることで、1.2倍の準耐火時間の炭化深さとなる。

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

(1) 60分を超える準耐火構造の構造方法に関する検討



構造体燃焼開始時間とGB-F(V)の必要被覆厚さ

- 強化石膏ボード(GB-F(V))を防火被覆とした場合に関して、防火被覆厚さ D_{gypsum} に対する木材の燃焼温度到達時間 t_{char} を整理した。標準加熱下において火災温度が 1100°C 以下 ($D_{gypsum} < 63\text{mm}$)であれば、防火被覆厚さと燃焼温度到達時間は2次関数により近似できる。
- 75分の準耐火性能(終局性能90分)に必要な被覆厚さは、鉛直面の一般部(壁)で約42mm、隅角部、水平面(柱・梁、床、屋根)では、約46mmとなる。

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

(2) 軒裏開口部・屋根開口部の防火措置に関する検討

① 軒裏開口部の二重調査

⇒ 施工業者・ハウスメーカーなどへのヒアリング



軒板と通気口を独立に評価できる条件を模索

② 屋根天窗の二重調査

⇒ 施工業者・ハウスメーカーなどへのヒアリング



現行は鉄枠＋網入りガラスであればオールマイティ。

他の組合せ（アルミサッシ＋結晶化）で、30分遮炎性が確保できる条件を模索

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

(2) 軒裏開口部・屋根開口部の防火措置に関する検討

① 軒裏開口部のヒアリング結果（軒天井材、換気部材の整理）

ボンチ絵	ボンチ絵	ボンチ絵	ボンチ絵
			<p>5 軒ゼロ</p> <p>3次元不織布</p> <p>スリット換気機</p>
	<p>6</p> <p>フリップ(換気時上げて火の侵入防止)</p> <p>フリップ(換気時上げて火の侵入防止)</p>		<p>7</p> <p>スリット換気機</p>
			<p>8</p> <p>防火壁</p> <p>防火壁</p>
<p>9</p>	<p>10</p>	<p>11 軒ゼロ</p> <p>12 軒ゼロ</p>	<p>13</p>

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

(2) 軒裏開口部・屋根開口部の防火措置に関する検討

① 軒裏開口部のヒアリング結果

要望者	要望事項
ハウスメーカー (ユーザー側)	<ul style="list-style-type: none">・軒裏部材の告示仕様の拡充(下地部材は現行告示同様、不問とされたい)。・告示の軒裏構造において、通気部材を規定が必要。・告示の軒裏構造において、軒天材と通気部材の組合せ仕様を可とする規定が必要。
換気部材メーカー	<ul style="list-style-type: none">・軒天材と換気部材が独立で認定を取得し、それらの組合せを自由に行えるような規定が必要。・軒の下地サイズや下地組について、各メーカーで設定した仕様で認定を取得できる仕組みが必要。・軒の出の制限を課さない認定を取得できる仕組みが必要。・耐火建築物における軒裏の位置づけとその認定制度が必要。・鋼板への塗装あるいは表面化粧シールに関する認定条件の合理化。・木下地適用範囲の拡大。

② 屋根天窗のヒアリング結果

要望者	要望事項
屋根天窗メーカー	<p>【運用への要望】</p> <ul style="list-style-type: none">・「屋根の開口部は外装が不燃材であること」との運用を要望。 <p>【耐火試験実施の際の要望】</p> <ul style="list-style-type: none">・屋根に要求される性能は建物内の火災であることから、耐火試験は内側加熱のみとすることを要望。・壁の開口部(窓)と同様に要求遮炎時間を20分とすることを要望。
ガラスメーカー	<ul style="list-style-type: none">・以下のガラス材料が使用可能となるような評価方法(あるいは運用方法)を認めていただきたい。<ul style="list-style-type: none">・耐熱強化ガラス・積層ガラス・耐熱結晶化ガラス