

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

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。

背景

- 平成30年の建築基準法の改正並びに関連政令・告示の改正・制定により、今後の建築物で準耐火性能を要求される部材の設計自由度が高まると考えられる。本事業で取り扱う事項については、以下の課題が挙げられる。
 - ① 従来は60分以下の性能が確認されてきた木質系主要構造部材であるが、今後は60分を超える性能が要求されることも想定されることから、長時間加熱に対する木質系材料の性状変化を確認する必要がある。
 - ② 準耐火構造の住宅の需要の増大が見込まれ、屋根の天窗についても設計自由度の向上が求められている。一方で、屋根の開口部については、屋根板材と一体としての屋根の性能(非損傷性と遮炎性)が求められており、屋根の開口部に設ける場合は構造的な観点から組合せに応じた認定が必要になる。(参考: 外壁開口部の要求性能は、外壁とは独立に定められている。)
 - ③ 軒裏の開口部(換気部材)についても益々の多様性が求められている。現状では換気部材の多くが軒天材と嵌合させて設置するなど構造的に独立していないことから、換気部材と軒天材の組合せごとに認定を取得しなければならず、手続きが煩雑となり、市場のニーズにこたえられない。

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 平成30年度に実施
 - ・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分を超える木質系準耐火構造の仕様を決定する。

- 屋根の開口部(天窓)
 - ・天窓に関するニーズ(構成材料、規模など)を調査する。 平成30年度に実施
 - ・天窓を独立に評価するために非損傷性能の整理(載荷条件)及び天窓の支持条件の整理を行う。
 - ・天窓を独立に評価するための試験方法を提案し、試行的に試験を実施する。
- 軒裏の開口部(換気部材)
 - ・換気部材に関するニーズ(留付け方法、試験の合理化)を調査する。 平成30年度に実施
 - ・換気部材を独立に評価するために支持条件の整理を行う。
 - ・換気部材を独立に評価するための試験方法を提案し、試行的に試験を実施する。

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

天窗、換気部材の防火措置に関する検討

① 天窗の二重調査

⇒ 施工業者、材料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例示仕様として認められる。

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

② 換気部材の二重調査

⇒ 部材メーカー・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

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

天窓の防火措置に関する検討

背景

- 今般の法改正に伴い、準耐火構造の屋根における天窓の需要が増すと見込まれる。
- 現行法では鉄枠(あるいは鉄材補強)に網入りガラスの組合せが告示に定められている。
これに対して、
 - 網入りガラス以外の防火ガラスの採用
 - 鉄材以外の枠材の採用(省エネルギー政策への対応)などがニーズとして挙がっているところ。個別の認定を取得するには、以下の課題がある。

1)天窓の荷重支持性能

屋根には非損傷性能が要求される(認定試験における載荷条件は $65\text{kg}/\text{m}^2$)

2)天窓が設けられる屋根板材との組み合わせ

網入りガラス天窓はすべての屋根部材との組み合わせが可能であるが、個別認定は屋根板材との組み合わせごとに取得する必要がある。

検討項目

1)天窓を構成するガラス部材に係る標準的な載荷条件の検討

屋根に設置される一般的な物品・設備の調査

2)天窓部分に要求される性能への対応の検討

天窓の下地に独立に支持すること

試験における屋根板材を選定すること(当該試験を受ければすべての屋根板材との組み合わせが可能となる条件)

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

天窓の防火措置に関する検討

1) 天窓を構成するガラス部材に係る標準的な载荷条件の検討

○屋根に長期に設置されるものとして想定できるもの(非歩行屋根)

- ・太陽光温水器
- ・太陽光発電機
- ・避雷針
- ・看板
- ・エアコン室外機
- ・屋上緑化

いずれも、天窓のガラス部に設置されることはない。
そもそも天窓を設ける理由に反すること
ガラス部材に強度を期待できないこと

天窓ガラス部材には载荷しない

一般的な天窓サイズ(1m×1m程度以下)であることが条件。
これより大きい場合には個別に検討。

2) 天窓部分のみで評価する方法の検討

○屋根の構造材に直接固定されていることが前提条件。

個別で認定を取得する天窓部材の加熱時の状況により、屋根板材の防火性能が失われることがあってはならない(その逆も)。

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

天窓の防火措置に関する検討

2) 天窓部分のみで評価する方法の検討

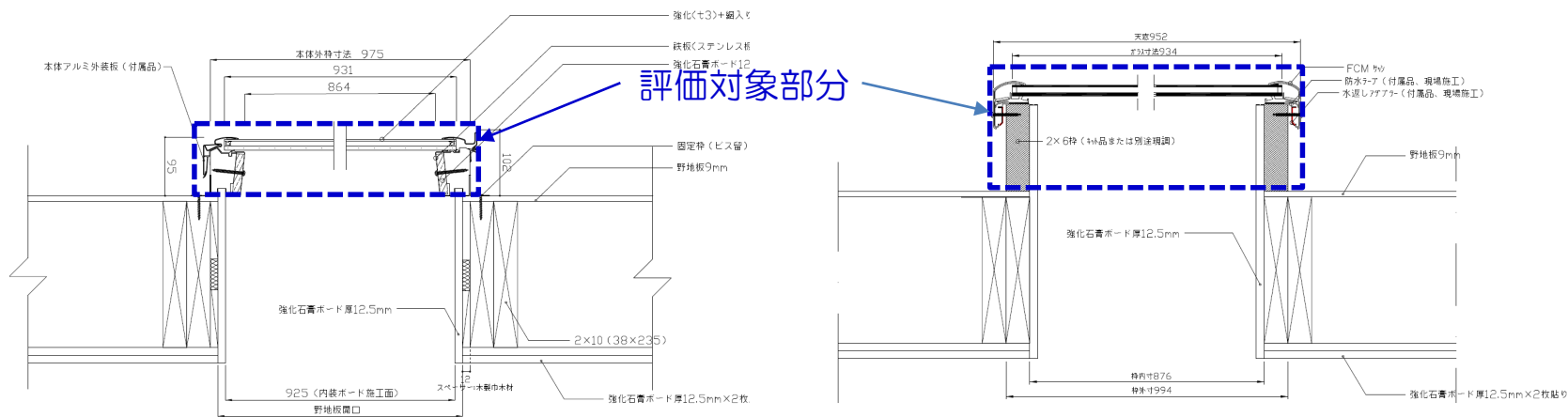
○標準屋根部材の選定(評価対象範囲の決定)

木製の下地を有する準耐火構造の屋根を対象とした。

木下地: 2×6材(38mm×235mm、スプルー)で構成。

防火被覆: 試験遂行上の安全性を確保するため、屋根の天井面側を現行の告示仕様よりも厚くし、60分間準耐火構造の床の天井面側の防火被覆と同じ、強化せっこうボードGB-F12.5mm 2枚張りとした。

開口部の側面の被覆については、当該部分の防火被覆の厚さと種類が開口部に設置する枠などの支持力等に直接的に影響を及ぼすことから強化せっこうボード12.5mm単層張りとした。



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

天窓の防火措置に関する検討

2) 天窓部分のみで評価する方法の検討

○試験方法(提案する試験方法での試行試験)

- ・水平炉に設置した試験体に対して、加熱を屋根の下面近傍の温度が標準加熱温度曲線に沿うように制御し、加熱試験を行った。
- ・開口部直下の温度を測定するため、開口中央のガラス面から100mm下がった高さ、天井面と同じ高さにシース熱電対(φ3.2mm)を設置した。
- ・試験番号2の試験からは、シース熱電対に対する炉外への放熱の影響を把握するため、プレート付き熱電対を天井面に設置した。
- ・試験番号3、4では、開口付近内の温度を炉内温度と均一化する目的で、試験炉内に衝立を設置した。
- ・試験番号2~4では、屋根材に勾配を付けた(屋根勾配の影響を確認する)

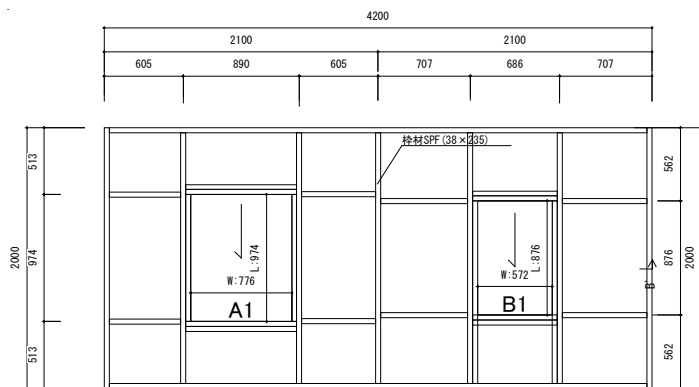
表 試験一覧

試験番号	試験体記号	ガラス種類	主たる開口枠種	防火被覆	屋根取付枠	屋根勾配	加熱時間(min)
1	C1	屋外側:耐熱強化ガラス(6.5mm) 中空層:空気層(12mm) 屋内側:合わせガラス(3+3mm)	鋼材	—	鋼材	0°	45
	D1	屋外側:耐熱結晶化(5mm) 中空層:空気層(12mm) 屋内側:Low-E ガラス(3mm)					
2	C2	屋外側:耐熱強化ガラス(6.5mm) 中空層:空気層(12mm) 屋内側:合わせガラス(3+3mm)				15°	
	D2	屋外側:耐熱結晶化(5mm) 中空層:空気層(12mm) 屋内側:Low-E ガラス(3mm)					
3	A1	屋外側:Low-E 強化ガラス(3mm) 中空層:アルゴンガス層(8mm)	木枠(パイン材)	—	鋼材 (Lアングル)		
	B1		2x6 材	GB-F 12.5mm			
4	A2	屋外側:型板網入りガラス(6.8mm)	木枠(パイン材)	GB-F 12.5mm			
				ステンレス鋼板 0.8mm			

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

天窓の防火措置に関する検討

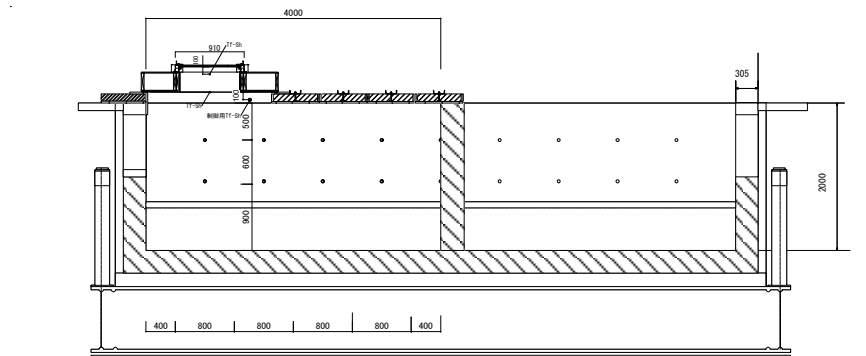
2) 天窓部分のみで評価する方法の検討



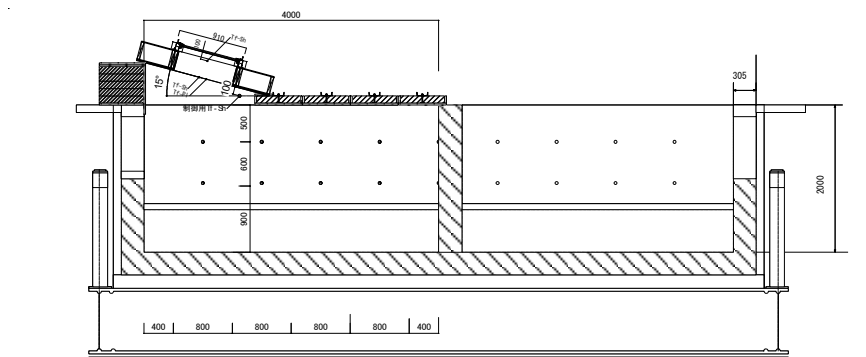
試験体平面図



水平炉の高温ガス拡散板の配置



水平炉への試験体の配置図(勾配なし)



水平炉への試験体の配置図(勾配あり)

- ・今回の施行試験では、一つの試験体に異なる仕様の2つの開口部を設置して実施した。
- ・屋根の天井面側の被覆(強化せっこうボードGB-F12.5mm2枚張り)により、開口部側面以外の屋根内部に燃焼が進行していないことを確認するため、45分間加熱を行った。水平炉への試験体の配置図

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

天窓の防火措置に関する検討

2) 天窓部分のみで評価する方法の検討

試験番号1



試験前



試験後(天窓部分に大きな損傷はない)

試験番号3



試験前



試験中(大量の発煙が確認された)

- 提案した試験方法で、天窓単体の評価が可能であることが分かった。
- 選定した被覆工法で、30分間準耐火構造に関しては加熱時間及びその後の脱炉作業を含めて、安全に試験を実施することができた。

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

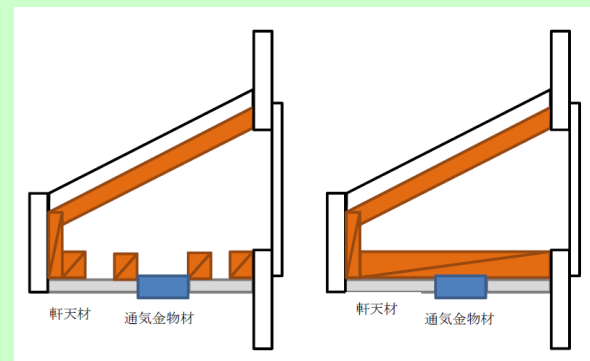
換気部材の防火措置に関する検討

背景

- 今般の法改正に伴い、準耐火構造で「軒」の需要が増すと見込まれる。
- 屋根の軒裏に関する評価の運用では、軒天材と換気部材は、組合せ毎に試験を実施し、認定を取得する必要がある。
 - ＜例＞軒天材5種類と換気部材5種類があれば、 $5 \times 5 = 25$ 通りの試験を実施する。
- 換気部材の設置位置ごとに試験を実施する必要がある。
 - ＜例＞軒元、中央部、軒先の位置毎で試験と実施する。前例と組み合わせれば75通りの試験が必要となる。

検討項目

- 換気部材の評価を独立で行うための試験法の検討
 - ・軒天材と換気部材が支持部材に独立に設置される工法を前提とする(右図)。
 - ・換気部材の設置の有無による温度差分を評価する試験方法の提案。
 - ・上記の試験方法に用いる標準的な軒天材の選定。



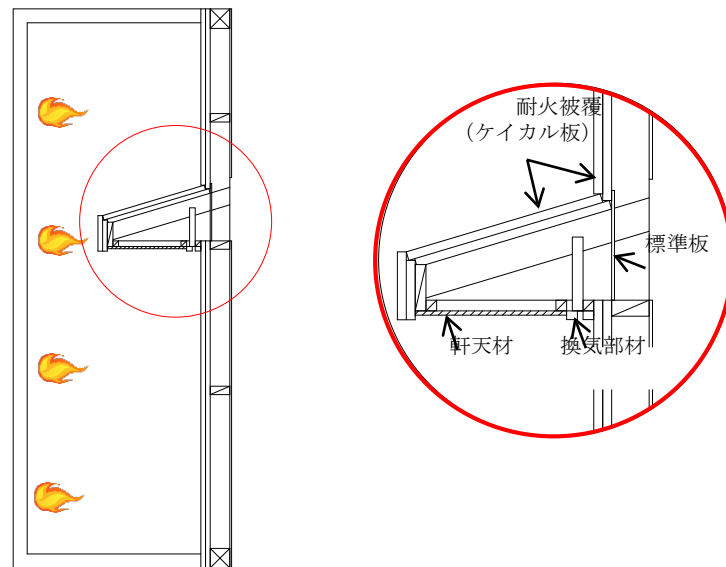
F13 屋根・軒裏の開口部等の建築物の部分における防火措置の検討

換気部材の防火措置に関する検討

○換気部材のみで評価する方法の検討

軒裏耐火試験

右図では、壁および屋根部分を耐火被覆した軒裏試験体を壁炉に設置し、軒天井部分を加熱する。小屋裏部分に設置された標準板の裏面温度を測定し、その温度上昇値で遮熱性能を判定する。一般に換気部材が設置されることにより、換気部分からの軒裏への熱流入が大きくなり、標準板裏面温度が上昇しやすくなると考えられる。換気部材が設置されることによる温度上昇分を評価するためには、安定的な「標準軒天材」を準備したうえで、標準軒天材に換気部材を設けたものと設けないものを同時に加熱し、その標準板裏面温度の差分を換気部材設置による温度上昇分として評価する試験方法を検討した。



・検討の流れ

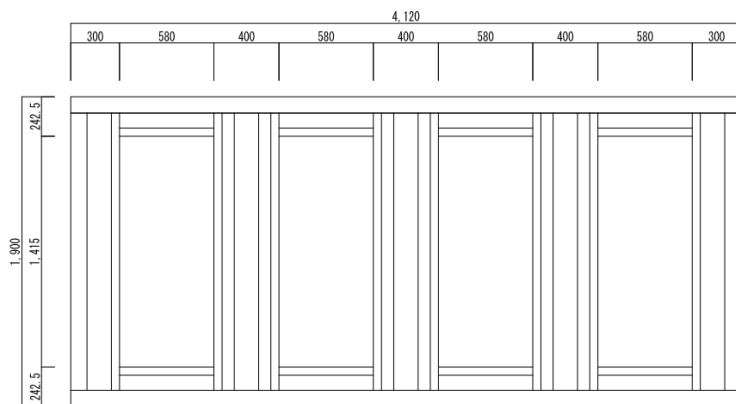
- 1) 標準軒天材の選定実験
- 2) 換気部材を単独で評価する試験方法と結果の取扱いについて

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

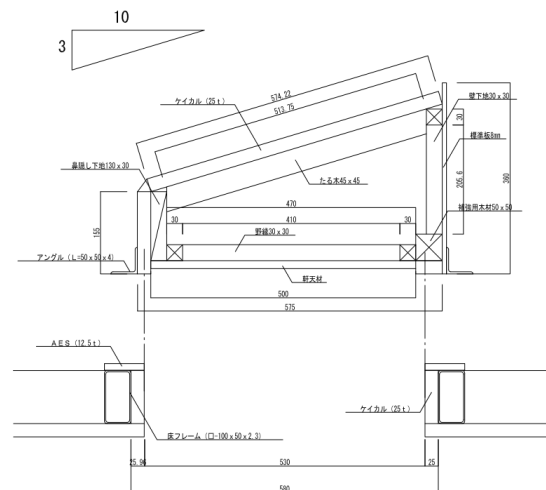
換気部材の防火措置に関する検討

1) 標準軒天材の選定

○換気部材以外の部分に弱点が生じると温度上昇の原因が特定できなくなるため、標準軒天材は加熱時間中に亀裂・溶融などが生じない材料とする必要がある。また、換気部材による温度上昇分を適切に評価するためには、軒天材のみ(換気部材なし)の場合の標準板裏面温度の平均温度上昇が100K~130K(蒸発潜熱による温度停滞域を超える温度)となる標準軒天材を要求耐火時間ごとに設定する必要がある。



試験体平面図 (軒試験体の割付図)



試験体断面図



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

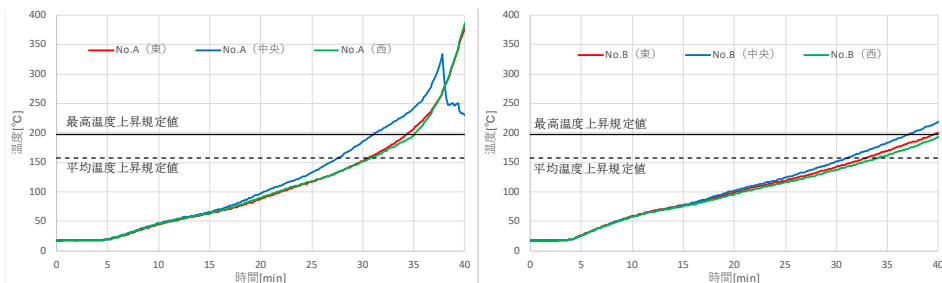
換気部材の防火措置に関する検討

1) 標準軒天材の選定

表 試験体一覧

No.	材料名	厚さ
A	パルプ繊維混入セメント板	12mm
B	水酸化アルミニウム混入火山性ガラス質堆積物板	
C	繊維混入けい酸カルシウム板	
D	パルプ混入けい砂セメント板	

いずれも「QF030RS」認定を取得した軒天材である。



試験体Aの状況 (加熱30分時)
大きな亀裂が観測される。

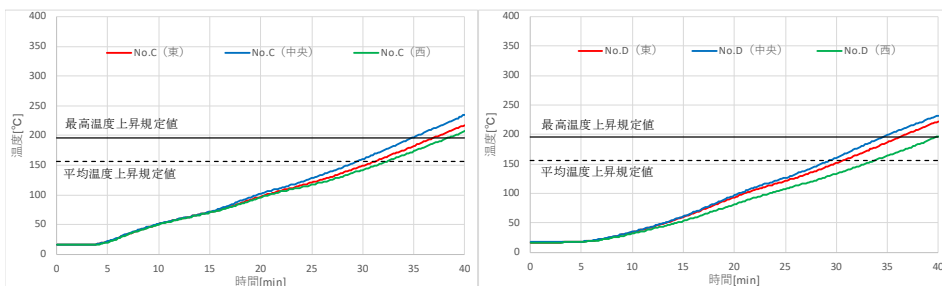


図 標準板裏面温度の経時変動

表 結果一覧 (初期温度 = 18°C)

標準板裏面温度 [°C]	30分時		35分時		40分時	
	平均	最高	平均	最高	平均	最高
No.						
A	163	185	215	242	332	386
B	143	151	172	183	204	218
C	150	160	184	197	220	235
D	148	160	183	199	217	232

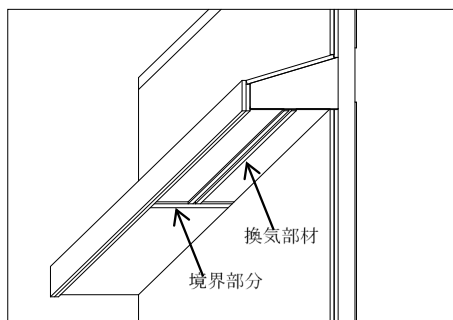
- 今回行った実験によって、加熱時間中の変形等の有無、標準板裏面温度の確認が可能となり、適切な標準軒天板を選定することができる。

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

換気部材の防火措置に関する検討

2) 換気部材を単独で評価する試験方法と結果の取扱いについて

標準試験体のイメージ図を示す。軒天井部分が幅中央を境界に異なり、換気部材が設置されている側と設置されていない側に分かれる。境界部分は熱移動が生じないように仕切り材を設置し、換気部材あり・なしの標準板裏面温度を比較できる仕様である。費用・時間の関係から、要求時間を30分に絞り、軒天材3種類、換気部材の設置位置は軒元・中間・軒先の3パターンの合計9仕様について耐火試験を行った。試験は防耐火構造試験・評価業務方法書に基づき実施し、標準板裏面温度の平均温度上昇が140Kを超えるまで加熱を継続した。



試験体のイメージ

表 試験体一覧

No.	材料名	厚さ
A	パルプ繊維混入セメント板	12mm
B	水酸化アルミニウム混入火山性ガラス質堆積物板	
C	繊維混入けい酸カルシウム板	

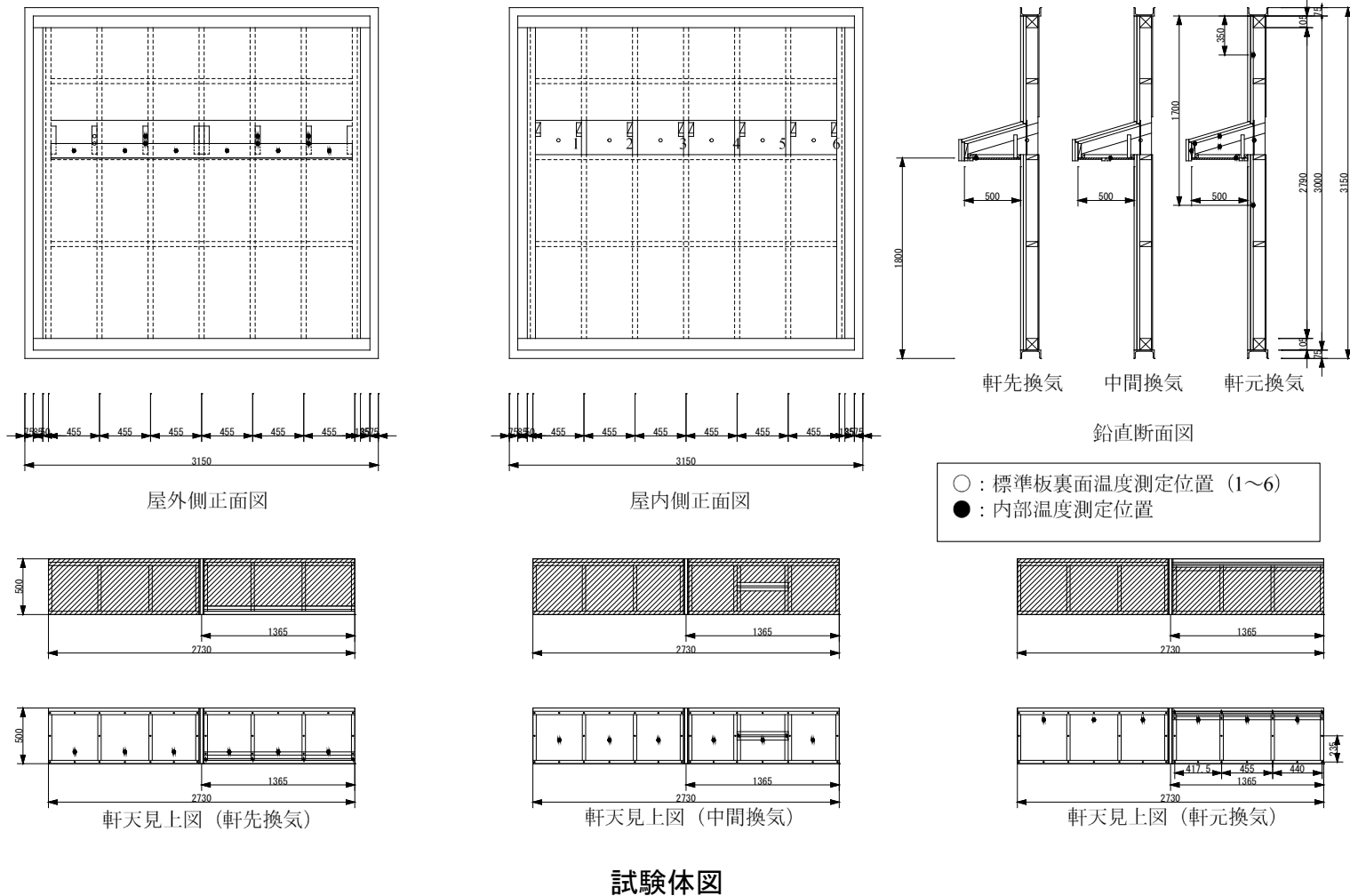
いずれも「QF030RS」認定を取得した軒天材である。また、材料は表 3-1 の符号と一致する。



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

換気部材の防火措置に関する検討

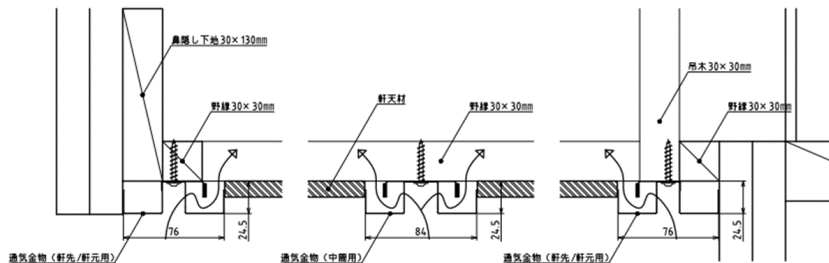
2) 換気部材を単独で評価する試験方法と結果の取扱いについて



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

換気部材の防火措置に関する検討

2) 換気部材を単独で評価する試験方法と結果の取扱いについて



【通気金物】
 材質：塗装溶融55%アルミニウム-亜鉛合金めっき鋼板(厚さ0.35mm)
 加熱膨張材：グラファイト系(t2, w10)
 仕様：軒先と軒元は兼用、中間用はエンドキャップ付き
 長さ：軒先/軒元1365mm、中間455mm
 換気面積：軒先/軒元 約120cm²/m、中間 約240cm²/m

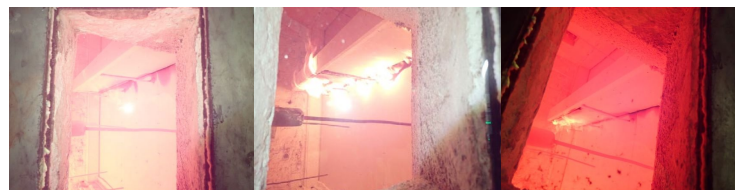
換気部材の取付け図



No.A 軒元 29分時

No.A 中間 29分時

No.A 軒先 27分時



No. B 軒元 28分時

No. B 中間 43分時 (加熱終了後)

No. B 軒先 29分時



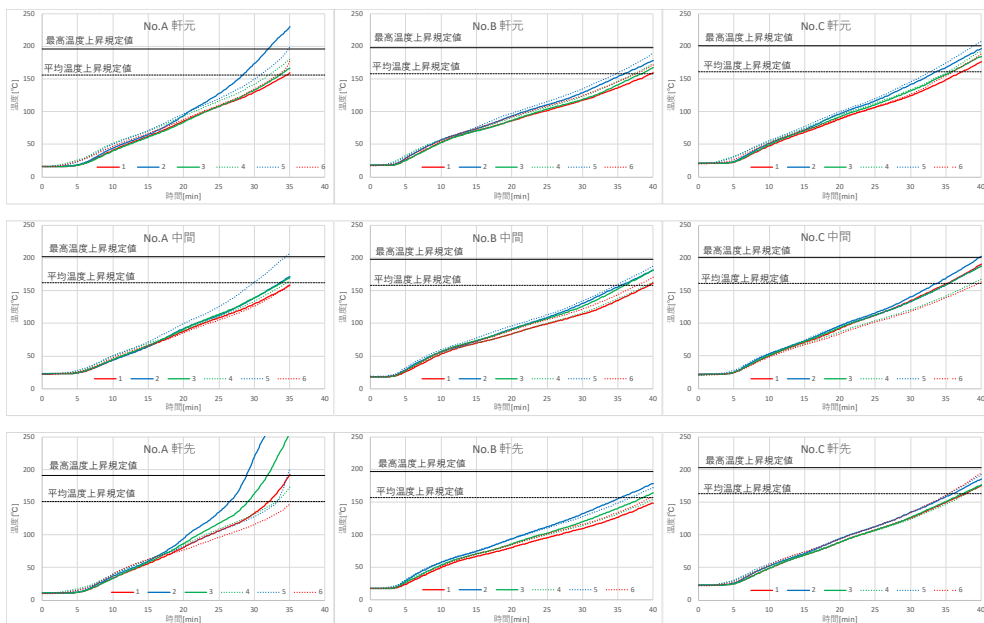
No.C 軒元 29分時

No.C 中間 29分時

No.C 軒先 29分時

試験の状況

- ・試験体Aでは、標準軒天材の選定実験と同様に軒天材の大きな亀裂が確認された。



試験結果(標準板裏面温度)

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

換気部材の防火措置に関する検討

2) 換気部材を単独で評価する試験方法と結果の取扱いについて

表 試験結果一覧

標準板裏面温度[°C]			30分時		35分時		40分時	
No.	換気部材 取付位置	換気材	平均	最高	平均	最高	平均	最高
A	軒元	なし	146	174	186	230	-	-
		あり	142	150	187	200	-	-
		温度差	-3	-24	1	-30	-	-
	中間	なし	136	139	167	172	-	-
		あり	141	163	177	207	-	-
		温度差	5	24	10	35	-	-
	軒先	なし	171	218	268	355	-	-
		あり	125	132	175	203	-	-
		温度差	-46	-86	-93	-152	-	-
B	軒元	なし	122	129	144	154	169	179
		あり	128	135	151	160	179	190
		温度差	6	6	7	6	10	11
	中間	なし	124	131	148	156	175	182
		あり	124	134	147	160	174	188
		温度差	0	3	-1	4	-1	6
	軒先	なし	120	132	140	155	163	178
		あり	118	127	138	148	161	172
		温度差	-2	-5	-2	-7	-2	-6
C	軒元	なし	133	142	158	168	186	197
		あり	136	146	163	175	197	208
		温度差	3	4	5	7	10	11
	中間	なし	136	141	163	169	194	203
		あり	124	133	147	159	174	190
		温度差	-12	-8	-16	-10	-20	-13
	軒先	なし	129	135	153	159	180	186
		あり	131	135	156	161	189	196
		温度差	2	0	3	2	9	10

試験結果より

- 加熱中の亀裂・変形が大きい軒天材は標準軒天材として採用できない。
 - 加熱に対して安定的な軒天材を用いた場合、換気部材の有無により、有意と思われる温度差が生じることが分かった。
- 提案試験方法によって換気部材のみでの評価が可能となり、天井材との組合せにより屋根の軒裏としての性能が評価可能。

試験結果の取扱いの考え方

- 換気部材有りの場合の方が、標準板温度が高くなる場合には、その温度上昇分と軒天材のみでの標準板温度の和が裏面温度のクライテリアを超えないこと。
- 換気部材有りの場合の方が、標準板温度が低くなる場合には、当該換気部材は、火災時に有害な変形や溶融が生じない軒天材との組み合わせが可能。

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

まとめ

○ 屋根の開口部(天窓)

- ・天窓を独立に評価するために非損傷性能の整理(載荷条件)及び天窓の支持条件の整理を行った上で、試験方法を提案し、試行的に試験を実施した。
- ・その結果を以下にまとめる。
 - ・耐火試験において天窓ガラス部材には載荷は行わない。
 - ・提案した試験方法で、天窓単体の評価が可能である。
 - ・選定した被覆工法で、30分間準耐火構造に関しては加熱時間及びその後の脱炉作業を含めて、安全に試験を実施することが可能。

○ 軒裏の開口部(換気部材)

- ・換気部材を独立に評価するために支持条件の整理を行った上で、試験方法を提案し、試行的に試験を実施した。
- ・その結果を以下にまとめる。
 - ・提案試験方法によって換気部材のみでの評価が可能となり、天井材との組合せにより屋根の軒裏としての性能が評価可能。