

付 録 2

防耐火関係試験結果

試験1：「ALC壁を支持する取付け金物等を耐火被覆しない場合の耐火性能」	185
試験2：「補修されたALCパネルの耐火性能」	188
試験3：「ALCパネル外壁・床を有する中層木造建築物の耐火性能に関する実験的研究」	193
試験4：平成26年度建築基準整備促進事業	
F3. 防火に関する大臣認定仕様の告示化の検討 報告書（引用抜粋）	199
1) 壁：強化せっこうボード厚さ15mm＋ALCパネル厚さ50mm	
2) 壁：ALCパネル厚さ35mm	
試験5：平成27年度建築基準整備促進事業	
F3. 防火に関する大臣認定仕様の告示化の検討 報告書（引用抜粋）	212
1) 柱：ALCパネル厚さ35mm	
2) 床：ALCパネル厚さ100mm	

試験1：

「ALC 壁を支持する取付け金物等を耐火被覆しない場合の耐火性能」

2009 年 8 月 日本建築学会大会（東北）学術講演梗概集 3122

【対象】

- ・ 部位：壁
- ・ 構造：耐火構造
- ・ 試験体：ALC パネル 厚さ 75 mm

【確認事項】

- ・ 壁用 ALC パネルを支持する支持構造部材（間柱）、下地鋼材（定規アングル等）、取付け金物の防火被覆の要否.
- ・ 面取形状のパネル、乾式目地におけるシーリング材（アクリル系）、バックアップ材（発泡ポリエチレン）、耐火目地材（セラミックファイバー）の耐火性能上の影響.

【主に関係する本書の節】

- 3.1 節 壁：耐火構造(1)（非耐力壁）
 - －ALC パネル 厚さ 75 mm以上
- 3.6 節 間仕切壁：壁等（非耐力壁）
 - －ALC パネル 厚さ 75mm 以上

ALC 壁を支持する取付け金物等を耐火被覆しない場合の耐火性能

正会員 松下 健一 *1 同 村田 茂樹 *1
同 阪口 明弘 *2 同 門岡 直也 *2

ALC パネル	取付け金物	無耐火被覆
遮炎性能	遮熱性能	耐火性能

1. はじめに

ALC 帳壁は、厚 75 mm 以上であれば 1 時間の耐火性能を有すると、告示（第 1399 号）に示されている。しかし、ALC 帳壁の下地鋼材（定規アングル等）あるいは取付け金物等への耐火被覆の有無が、ALC 帳壁の耐火性能に与える影響に関する明確な知見が無い。

そこで、これら金物類に耐火被覆を行わない場合の耐火性能を確認するため、金物類が直接火炎にさらされる室内側からの加熱による ALC 帳壁の耐火試験を行なったので、以下に報告する。

2. 試験概要

2.1 試験体

試験体は試験フレーム（鋼製 W3,000×H3,000 mm）に、75mm 厚さの ALC パネルを、一般的に行なわれている仕様により取付けた。試験体は縦張構法と横張構法による各々一体とした。試験体の仕様の詳細を以下に示す。

1) シーリング

試験体目地部の非加熱側（屋外側）には、JIS A 5758 に規定するアクリル系シーリング材を施した。

2) 金物類

パネルの取付け金物（一般構造用圧延鋼材）は厚さ 3.2mm のものを、ボルトは M12 を、下地鋼材（定規アングル）には 6mm の厚さのものを用了。

3) 縦張構法

縦張構法の試験体ならびにその取付け詳細を図 1 および図 2 に示す。RC 躯体への取付を想定し、上下部に設置されたコンクリート躯体の埋め込みプレートに溶接して下地鋼材を取付けた。パネルは下地鋼材に、取付け金物を介して取付けた。

4) 横張構法

横張構法の試験体ならびにその取付け詳細を図 3 および図 4 に示す。試験フレーム内に間柱（H-125×125×6.5×9）2 本をできるだけ間隔が大きくなるよう設け、それらに下地鋼材を溶接により取付けた。ALC パネルは、下地鋼材に取付け金物を介して取付けた。ALC パネルは 5 枚積みとし、上から 2 枚目のパネル下部に自重受け金物を設け伸縮目地とした。なお、間柱には耐火被覆を施さなかった。

5) 含水率

実試験体に使用したパネルからコア抜きし、含水率を測定したところ 2.62%であった。

2.2 試験方法

試験は（財）日本建築総合試験所が制定する「防耐火性能試験・評価業務方法書」4.1 耐火性能試験・評価方法（H17.10.17 版）に基づき同所にて行なった。

試験時間は 240 分（加熱 60 分、後追い 180 分）とした。裏面温度は ALC パネル中央部、取付け金物の裏面、目地部等の温度を、縦張 15 点、横張 18 点について測定し、またパネル中央部における面外方向変位量も測定した。

各試験体の測定位置を図 1 および図 3 に示す。

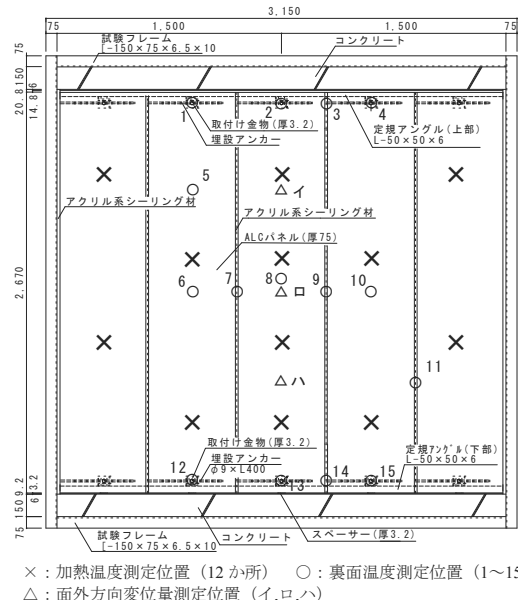


図1 縦張構法正面図（屋外側、非加熱側）

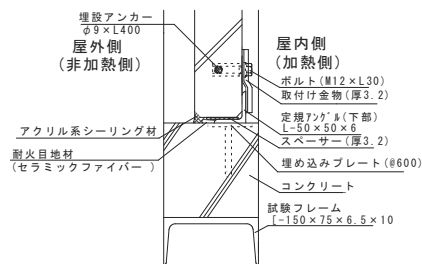


図2 縦張構法下部取付け詳細図

3. 試験結果および考察

試験では加熱炉内の取付け金物の状況、及び非加熱面側の亀裂等の発生の有無や火炎の噴出・発炎の目視観察を行なった。

3.1 試験結果

1) 縦張構法

写真1に試験終了後の試験体加熱面の状況を示す。試験終了時まで火炎が通る亀裂等の損傷あるいは隙間の発生ならびにパネルの脱落はなかった。また取付け金物に有害な変形は認められなかった。

ALCパネル裏面の測定点の最高温度は、規定値180Kに対し120K(70分:測定位置NO.4)であり、平均温度は規定値140Kに対し、79K(89分)であった。最大面外方向の変位量は81.6mm(加熱側へ凸、43.5分)であった。

図5に縦張構法の試験における温度測定曲線を示す。

2) 横張構法

写真2に試験終了後の試験体加熱面の状況を示す。試験終了時まで火炎が通る亀裂等の損傷あるいは隙間の発生ならびにパネルの脱落はなかった。また取付け金物に有害な変形ならびに間柱を耐火被覆しなかったことによる不具合も認められなかった。

ALCパネル裏面の各測定点の最高温度は、145K(73分:測定位置NO.7)であり、平均温度は97K(80分)であった。最大面外方向変位量は37.7mm(加熱側へ凸、43.5分)であった。

図6に横張構法の試験における温度測定曲線を示す。

4. まとめ

今回の試験では、ALC壁を支持する金属製金物(下地鋼材(定規アングル等)あるいは取付け金物等)に耐火被覆を行わない場合においても、内側加熱60分における耐火性能に関して、遮熱性及び遮炎性ともに所定の性能を有していることを確認した。



写真1 縦張構法の試験終了時（加熱側）

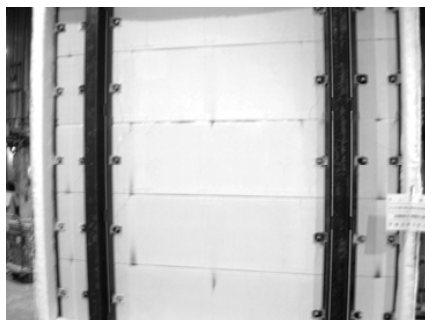


写真2 横張構法の試験終了時（加熱側）

*1 ALC協会

*2 財団法人日本建築総合試験所

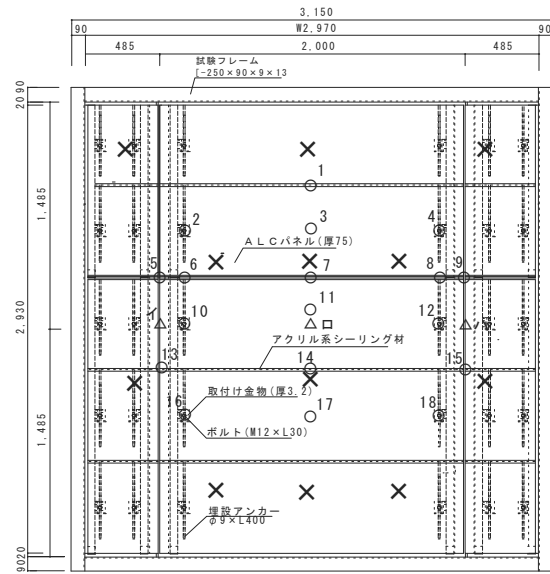


図3 横張構法正面図（屋外側、非加熱側）

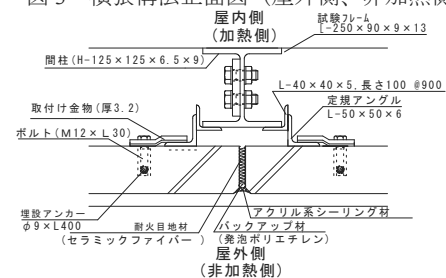


図4 横張構法間柱部取付け詳細図

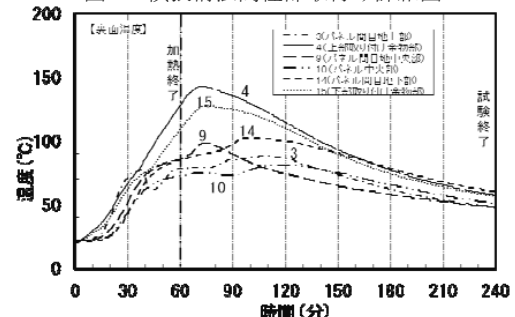


図5 縦張構法の温度測定曲線（抜粋）

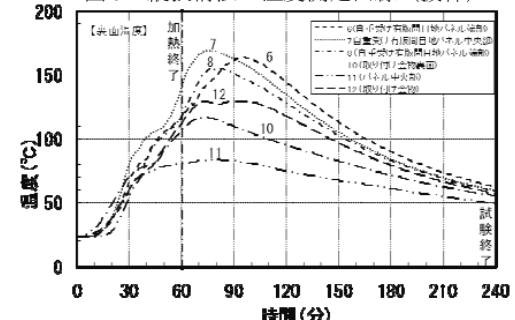


図6 横張構法の温度測定曲線（抜粋）

試験 2 :

「補修された ALC パネルの耐火性能」

2011 年 1 月 A L C 協会

【対象】

- ・ 部位 : 壁
- ・ 構造 : 耐火構造
- ・ 試験体 : ALC パネル 厚さ 100 mm

【確認事項】

- ・ ALC 専用補修材による補修部の遮熱性および遮炎性.

【主に関係する本書の節】

- ・ 2.3 節 副資材およびその他の材料
- ・ 他 各節

補修された ALC パネルの耐火性能

= 遮熱性能と遮炎性能 =

ALC 協会

1. はじめに

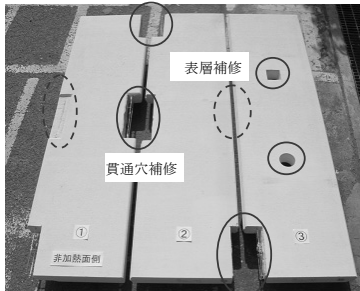
ALC パネル(Autoclaved Lightweight aerated Concrete panels)は、軽量性、耐火性ならびに断熱性優れた建築材料として、昭和 30 年代後半に本格生産が開始されて以後、あらゆる建築部位に広く用いられ、汎用性の高い建築材料として普及している。ALC パネルの特徴は内部に無数の気泡を有することにより得られており、軽量で加工性が高い平面、吸水性が高く、セメントモルタル及びコンクリート等と比較して欠け、割れなどを生じやすい材料でもある。

ALC パネルに関する技術基準は整備されており、中でも施工に関しては、JASS 21(日本建築学会建築工事標準仕様書 ALC パネル工事)は 1975 年に制定されて以来、3 回の大きな改定を経て現在に至る最も普及した工事標準仕様書である。

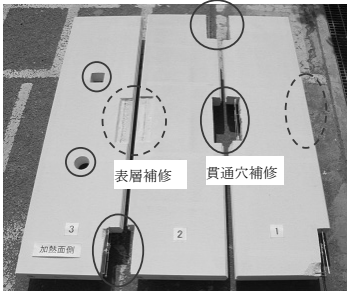
施工現場で欠けなどが生じた場合に、一律にパネルを廃棄することは、天然資源を多量に消費して生産される建築材料にとって、資源循環の観点あるいは環境共生の観点からも決して好ましいことではない。そこで、JASS 21 では ALC パネルの強度上支障のない範囲の目安を定めて、欠けなどを生じたパネルを補修して用いてもよいとしている。前記のように、ALC パネルは加工性が高く、設備配管などの穴あけも容易である。しかし、この場合の加工間違いに際しても、補修などにより欠損部の保全が一般的に行われている。

これら、ALC パネルの補修には、軽量性や施工性などを兼ね備えた専用の補修材(既調合モルタル)が一般的に用いられており、ALC パネル製造会社からパネルとともに供給されている。一般に、パネルの補修に際しては、パネルの強度および防水性などに支障がないことの検討が行われ、補修部の強度、防水性(透水性等)については十分な検証が行われている。しかし、ALC パネルに求められている性能のうち、法的必要性能として重要な耐火性能に関する報告は十分に行われていない。

本研究は、JASS 21 に示されている補修して使用できる欠損部分の大きさで、最大の寸法で補修された ALC パネルについて、補修部の遮熱性および遮炎性について縦型炉での耐火加熱試験を行い確認する。



(加熱裏面側)



(加熱面側)

写真1 パネル加工状況

2. 補修材

本研究に用いた補修材(既調合モルタル)の配合を表 1 に示す。補修材は白色セメントを主体に、珪砂、バーライトを骨材とし、有機系混和剤が添加されたものである。硬化した補修材の物性を表 2 に示す。補修材の物性は、JIS R 5201 セメントの物理試験方法に準じ、曲げ強度試験及び圧縮強度試験を行うとともに、試験後の試験体の絶乾密度を測定した。なお、補修材の各強度試験は、水/補修材比を 50wt%として、型枠に打設後 24 時間で脱型し、温度 20℃、湿度 60%R.H.の気中にて 7 日間養生して行った。

3. 試験体および試験方法

表 1 補修材の配合 (wt%)

セメント	骨材(珪砂等)	バーライト	石こう	有機混和剤
49	40	7	2	2

表 2 硬化した補修材の物性

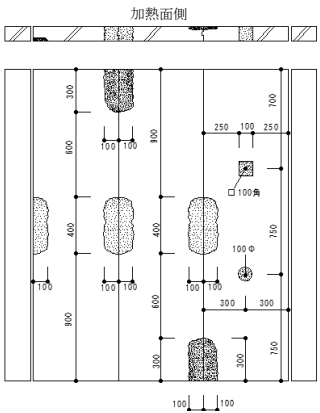
絶乾密度	曲げ強度	圧縮強度	試験時含水率*
905kg/m ³	1.8N/mm ²	6.1N/mm ²	37.2wt%

※補修材の強度試験時の含水率

3.1 試験体

試験に用いる ALC パネルは、厚さ 100 mm、幅 600 mm 及び長さ 2200 mm のもの 3 体とし、ALC パネルに欠損を想定した穴あけ、切り欠きを施した。その後、当該部分に前記の補修材を充てんして補修し、耐火加熱試験用鋼製フレームに取付けて供試体とした。

なお、穴あけは、パネル表裏に貫通する丸穴(100φ)、角穴(100角)とし、切り欠きはパネルの角部及び長辺目地部を表裏が貫通するように切り欠き、表層欠損はパネル長辺目地部を鉄筋の深さ付近まで部分的に削り込んだ。試験体パネルの穴あけ、切り欠きなどの加工状況を写真 1 に示す。また、試験体の形状寸法及び加工の位置および寸法を図 1 に示す。



(加熱裏面側)

図1 加工の位置および寸法

試験体作成後、室内にて 210 日間乾燥させ、耐火加熱試験に供した。加熱試験前に、補修材部及び ALC 部を貫通するように 20φ 程度のコアを抜き取り、105℃で 48 時間乾燥し、乾燥前後の質量差より含水率を算出した結果、補修部の含水率は 4.5wt%、ALC 部は 3.8wt%であった。

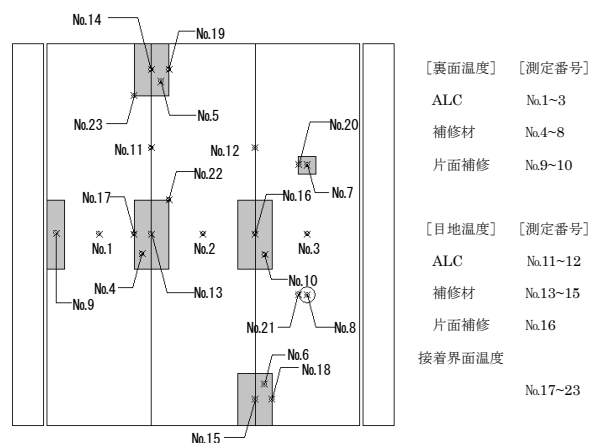


図 2 試験体裏面温度の測定位置および測定番号

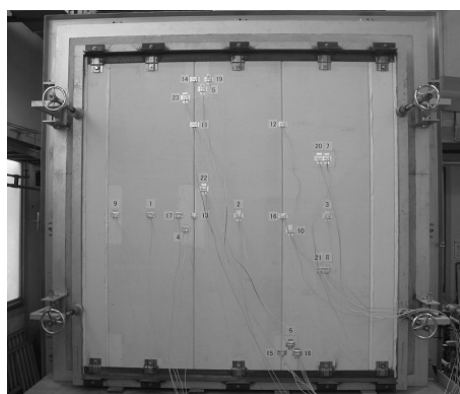


写真 2 試験体設置状況

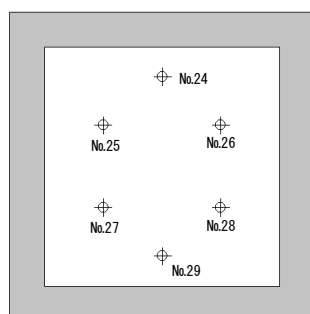


図 3 炉内温度の測定位置および測定番号

なお、施工現場におけるパネルの補修の可否は、JASS 21 を参考に施工現場の係員との協議のうえ決定されるが、本研究の試験体パネルのように、JASS 21 に示される限度に近い、あるいは部分的に超えた大きさの補修が、複数箇所施されたパネルを施工に用いることは希有なことである。

3.2 試験方法

耐火加熱試験は、公的試験所などが定める防耐火性能・評価業務方法書(一般社団法人 建材試験センター発行)に準じ、LPG を熱源とした加熱面寸法が h:2075×w:2035(mm)の縦型炉にて、非耐力の壁の加熱試験を行い、耐火性能の内、遮熱性及び遮炎性を確認した。

一般に、ALC 厚形パネルを用いた建築物は、建築基準法第 2 条第 7 号の規定に基づき、非耐力の壁は 1 時間(75mm 厚以上)、床は 1 時間(100mm 厚以上)、屋根は 30 分(75mm 厚以上)の耐火構造として指定されており、60 分の耐火性能の保持が期待されている。本研究では、加熱試験は、ISO834 に準拠した標準加熱曲線に従い、試験体の片面に 90 分の加熱を行い、60 分の加熱における遮熱性および遮炎性を、補修部及び補修部と ALC との接着界面ならびに補修した目地部について、補修をしていない ALC 部分との比較を行いながら確認した。なお、防耐火性能・評価業務方法書の規定では 60 分の要求耐火時間に対して 1.2 倍の 72 分が規定加熱時間となっている。

図 2 に試験体裏面温度の測定位置および測定番号を、図 3 に炉内温度の測定位置および測定番号を示す。また、写真 2 に、縦型炉への試験体の設置状況を示す。

4. 試験結果及び考察

4.1 加熱温度

図 4 に、本試験の炉内温度の測定結果を示す。本試験における加熱温度は、防耐火性能・評価業務方法書に規定される許容誤差内であった。

4.2 遮炎性

本試験においては 90 分の加熱を行ったが、加熱中に ALC パネルの裏面、パネル間目地、補修部、補修部と ALC の補修界面など、あらゆる個所において火炎の噴出あるいは炉内が見視できる亀裂などの発生は確認できず、60 分の耐火加熱における遮炎性能が確認された。

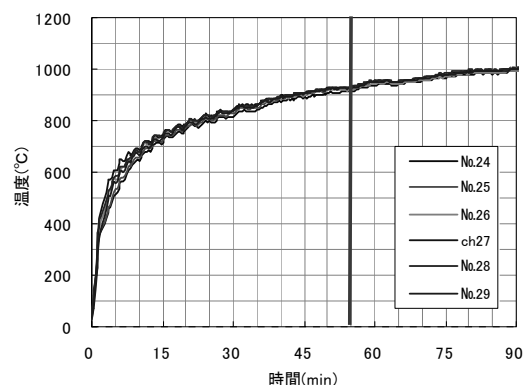


図 4 炉内温度

4.3 パネル裏面温度

本試験における試験体裏面のうち、各パネル中央部の ALC 部の裏面温度を、図 5 に示す。

防耐火性能・評価業務方法書に規定される耐火試験の合否判定は、測定点の温度上昇が最高温度で 180K、測定点の平均値で 140K である。75mm 厚さの ALC パネルは、建築基準法に基づき、非耐力の壁パネルとして 1 時間の耐火性能を有する構造として告示に例示仕様として規定されているが、本測定点の 90 分加熱時までの上昇温度はすべて 140K 未満であり、60 分の耐火加熱における遮熱性能が確認された。

4.4 貫通補修部の裏面温度

角欠け部、長辺目地部、穴あけ(角穴、丸穴)部のパネルを貫通する各欠損補修部分の裏面温度(測定チャンネルNo.4~No.8)を、比較対象の ALC 部の裏面温度(No.3)とともに図 6 に示す。補修部の裏面温度は、ALC 部の裏面温度よりやや低めに推移し、各測定点の 90 分加熱時までの上昇温度はすべて 140K 未満であり、60 分の耐火加熱における遮熱性能が確認された。

4.5 表層補修部の裏面温度

パネル長辺目地部の表層部(鉄筋の被り厚さ 15mm 程度)を補修した場合の補修部のパネル裏面温度(No.9,10)を、ALC 部の裏面温度(No.3)とともに図 7 に示す。表層補修部が加熱面となる部分(No.10)

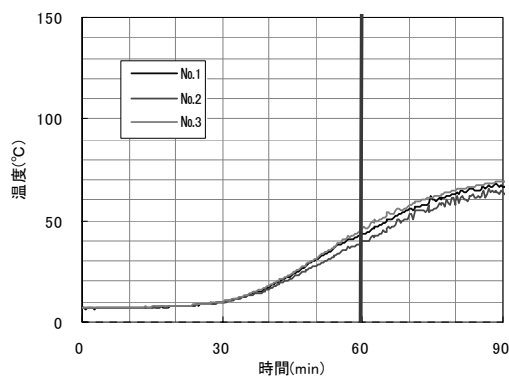


図 5 ALC 部加熱裏面温度

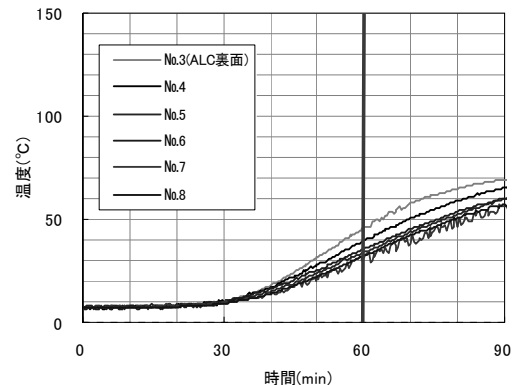


図 6 補修部加熱裏面温度

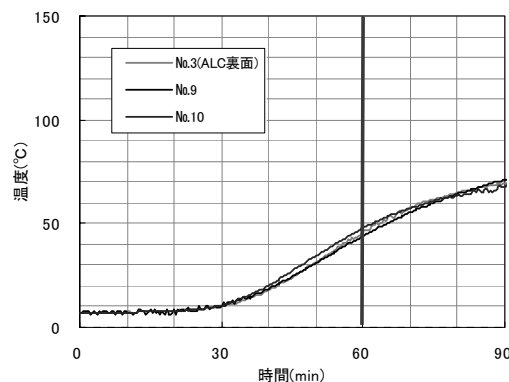


図 7 表層補修部裏面温度

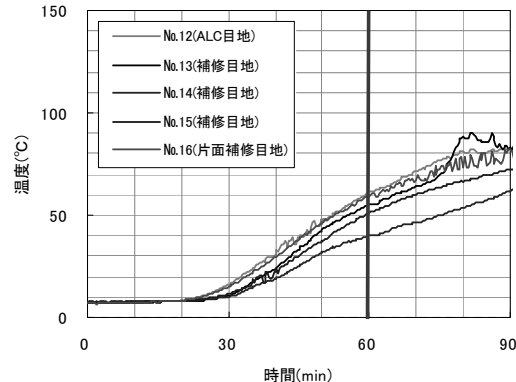


図 8 パネル間目地(補修部)裏面温度

と、表層補修部が加熱裏面側となる部分(No.9)の 2 種類の裏面温度を測定した結果、ともに ALC 部の裏面温度よりやや低めに推移し、各測定点の 90 分加熱時までの上昇温度はすべて 140K 未満であり、60 分の耐火加熱における遮熱性能が確認された。

4.6 補修された目地部の裏面温度

パネルの長辺目地部を補修した場合の、目地部の裏面温度(No.13~No.16)について、ALC の目地部の裏面温度(No.12)とともに図 8 に示す。なお、ALC 目地部の裏面温度は 2 か所測定予定であったが、No. 11 は接続不良により測定できていない。

ALC 目地部を含めて、各測定点の 90 分加熱時までの上昇温度はすべて 140K 未満であり、60 分の耐火加熱における遮熱性能が確認された。

4.7 ALC との補修界面の裏面温度

ALC と補修材の接着界面の裏面温度(No.17~No.23)を、ALC 部の裏面温度(No.3)とともに図 9 に示す。遮炎性においても確認されたように、補修材と ALC の接着界面に火炎が噴出したり、炉内が目視できるひび割れは発生しておらず、裏面温度も ALC 部の裏面温度と同様の上昇傾向を示し、測定点の 90 分加熱時までの上昇温度はすべて 140K 未満であり、60 分の耐火加熱における遮熱性能が確認された。

ALC パネルの壁構造の耐火試験は片面側からの加熱であり、加熱面側の補強鉄筋の熱膨張を主な原因とした反りが発生する。表 2 に示されるように、補修材はセメント系モルタルとしては大変軽量で、強度も低い材料があるが、密度及び強度が ALC の約 2 倍あり、ALC と比較して剛性の高い材料である。加熱によりパネルが変形すると、相対的にパネルの変形を剛性の高い補修材が阻害することとなるため、ALC と補修材の接着界面に応力が発生し、それは補修材部分が大きいほど高くなると推定される。本試験では、1 枚のパネルに複数箇所の、JASS 21 に示されている、補修して使用できる最大の欠損部分の大きさと補修を行い、ALC パネルの加熱試験を行ったが、接着界面に耐火性能上の不具合は確認されなかった。

本試験の結果、JASS 21 に示されている、補修して使用できる範囲以下の補修であれば耐火性能上支障を生じないと判断される。

5. まとめ

JASS 21 に規定される補修可能な範囲の大きさの欠損部を、ALC パネル製造会社が一般的に供給している ALC 補修材にて補修した ALC パネルについて、壁パネルとして非載荷にて縦型炉で、60 分の要求耐火時間に対して 90 分の加熱試験を行い、耐火性能に関する以下の知見を得た。

- 1) 補修を行った ALC パネルは、90 分の加熱に際し、火炎の噴出あるいは炉内が目視できる亀裂などの発生は確認できず、60 分の遮炎性能を有すると評価される。
- 2) 表裏を貫通する ALC の補修部の裏面温度は、90 分の加熱に際し ALC 部と同等の温度推移を示し、60 分の遮熱性能を有すると評価される。
- 3) ALC パネルの長辺目地の補修部の裏面温度は、補修をしていない ALC 目地部と同等の温度推移を示し、60 分の遮熱性能を有すると評価される。
- 4) 表裏を貫通する ALC パネル補修部の補修材と ALC の界面は、ALC 部の裏面と同等の温度推移を示し、60 分の遮熱性能を有すると評価される。

以上の点より、JASS 21 に規定される補修可能な大きさまでの欠損部を補修した ALC パネルは、補修を行わない ALC パネルと同等の 60 分の遮炎性、遮熱性を有すると評価できる。

6. 試験場所等

試験年月：2011 年 1 月

試験場所：クリオン株式会社

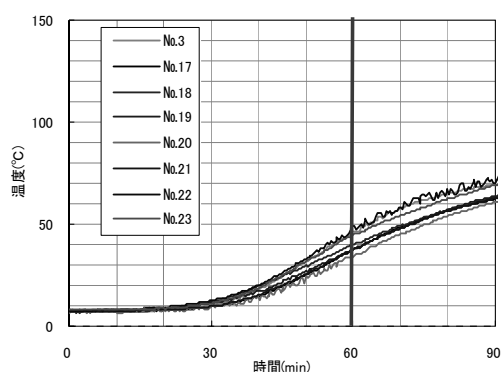


図 9 補修材と ALC の接着界面部の裏面温度

試験3：

「ALC パネル外壁・床を有する中層木造建築物の耐火性能に関する実験的研究」

その1 試験体仕様と加熱実験の概要、その2 加熱実験結果

2014 年 9 月 2014 年度日本建築学会大会（近畿）学術講演梗概集 3121-3122

【対象】

- ・ 部位：壁、床
- ・ 構造：耐火構造
- ・ 試験体：ALC パネル 壁：厚さ 100 mm、床：厚さ 75 mm、100 mm

【確認事項】

- ・ ALC パネルを木造建築物に活用するために必要な木造の構造体への留付け方法や外壁と構造体間の隙間の防火措置、層間塞ぎ等の耐火性能.
- ・ 面取形状付き平形状の床用 ALC パネル、および面取・シーリング溝形状付き本実形状の壁用 ALC パネルについて、突付け乾式目地におけるシーリング材（ポリウレタン系）、ボンドブレーカーの耐火性能.
- ・ 床用 ALC パネルの乾式構法における突付け目地（フラット形状（面取形状付））および伸縮目地（ロックウール充填）の耐火性能.
- ・ 壁用 ALC パネルの乾式構法における突付け目地（本実形状（面取・シーリング溝形状付））の耐火性能.
- ・ 壁用 ALC パネルの目地部のシーリング材（ポリウレタン系）、ボンドブレーカーの耐火性能への影響.
- ・ 床ー壁取合部の充填材（ロックウール、ALC パネル）の防火性能

【主に関係する本書の節】

- 3.1 節 壁：耐火構造(1)（非耐力壁）
ー ALC パネル 厚さ 75 mm 以上
- 3.6 節 間仕切壁：壁等（非耐力壁）
ー ALC パネル 厚さ 75mm 以上
- 5.1 節 床：耐火構造（1 時間）
ー ALC パネル 厚さ 100mm 以上
- 5.4 節 床：1 時間準耐火構造・準耐火構造（参考 主要構造部：木造）
ー ALC パネル 厚さ 100mm 以上
- 6.1 節 屋根：耐火構造
ー ALC パネル
- 6.2 節 屋根：準耐火構造（参考 主要構造部：木造）
ー ALC パネル

ALC パネル外壁・床を有する中層木造建築物の耐火性能に関する実験的研究

その1 試験体仕様と加熱実験の概要

中層木造 ALC パネル 外壁
層間塞ぎ 梁 燃えしろ設計

正会員 ○大須賀 正実*1 正会員 鈴木 淳一*2 正会員 毛利 隆*1
水上 点晴*3 中島 史郎*3 荒木 康弘*3
山口 修由*3 平光 厚雄*2 塚本 忠*1
松下 健一*1

1. はじめに

近年、中層規模・低層大規模の木造建築物を実現するための研究開発が盛んに実施されている。中層建築物の場合、低層建築物に比べて火災発生時における避難時間の増加や倒壊時の周囲への被害等が予想されるため、より高い安全性確保のための設計・施工技術が必要となる。

本研究では、中高層 S 造建築物の外壁や床材として実績がある ALC パネルを木造建築物に活用するために必要な木造の構造体への留付方法や外壁と構造体間の隙間の防火措置、層間塞ぎ等に関して、加熱実験によりその耐火性能を把握することを目的とした。特に、大断面集成材を用いた軸組木造建築物の集成材梁に ALC パネルの外壁および床を設置することを想定し、試験体設計および加熱実験を計画した。その 1 では、試験体仕様と加熱実験の概要を、その 2 では、加熱実験結果を報告する。

2. 試験体の概要

試験体は、図 1、写真 1、2 に示すとおり、外壁 ALC が大梁に取り付く部分が屋内火災で加熱される条件を想定し、①外壁用 ALC パネルと集成材梁のクリアランス寸法(30mm、105mm)、②クリアランス部分のファイヤーストップ(以下 FS)の有無および FS の種類(木材、せっこうボード)、③層間塞ぎ部分のロックウール(以下 RW)等の被

覆方法を実験変数とした。試験体は 4 仕様設計した。

各試験体には、大梁としてスギ集成材(異等級構成 E65-F225、210mm×500mm)を用いた。外壁には、厚さ 100mm の ALC パネル(JIS A 5416)、床は ALC100mm または構造用合板 24mm 厚(JAS 規格品)と厚さ 75mm の ALC パネルとした。

外壁の ALC パネルは、下地鋼材を梁にねじ止めし、標準取付け金物(ALC 取付け金物等規格¹⁾)を溶接して取付けた。床の ALC パネルは、梁に専用木ねじ¹⁾にて取付けた。

図1のとおり変位計、熱電対を設置した。変位計は各試験体の外壁のALCパネルに3点(上部、中央部、下部)設置して面外変形量を測定した。熱電対は、図1中のa、b(一般部)、c(ALC目地部)のラインを中心に配置した。また、図2のとおり、ALC外壁・床裏面温度、金物温度、クリアランス部分、梁上部など、主要な箇所にK熱電対(Φ0.65mm)を設置して、温度を測定した。

2.1 各試験体の仕様

各試験体仕様を図 2 および表 1 に示す。図 2 には、熱電対の設置位置も示す。試験体 1 は外壁と梁とのクリアランスを 30mm、FS を非設置とし、他の FS を設けた試験体 2~4 では中空部(熱電対: HT-7~10)の温度上昇抑制効果を把握することとした。試験体 2 は、クリアランス

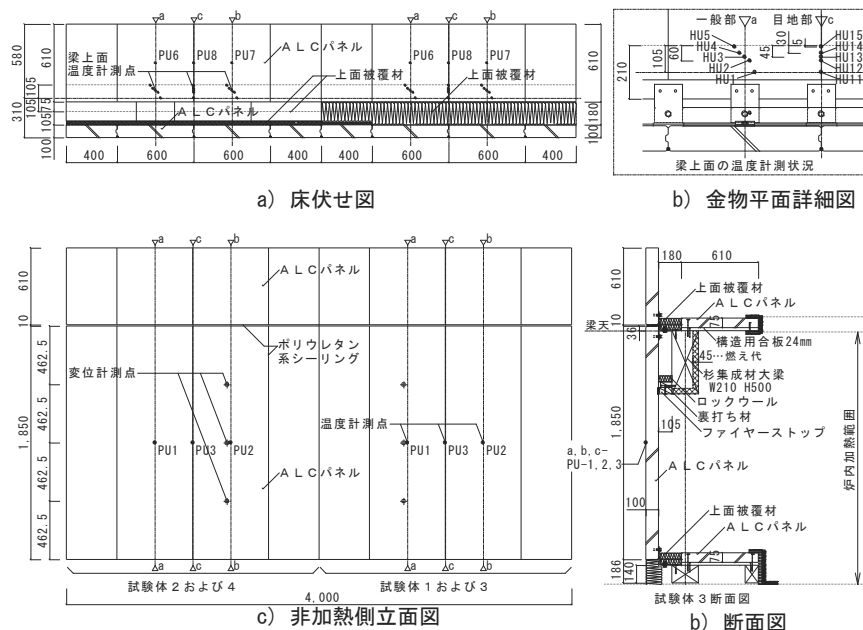


図 1 試験体概要図および計測定位置



写真 1 試験体(非加熱側)



写真 2 試験体(加熱側)

30mmとし、スギおよびRW25mm厚のFSを設置した。
試験体3、4はクリアランスを105mmとし、試験体3ではFSをスギ(105mm×50mm)とRW50mm、試験体4ではせっこうボード(GB-R 12.5mm 2枚張り)とRW50mmとした。また、各試験体下部の層間塞ぎ部分のALC用金物の被覆厚さ、梁上面被覆材の仕様(RW、ALC)の違いによる金物・下地鋼材の温度の違いを把握するとこととした。試験体1、4は金物被覆をRW25mm、試験体2は金物被覆を50mmとした。試験体3には金物被覆を設けていない。梁

上面被覆は試験体1～3はRW100mmとし、試験体4はALC50mm二枚重ね(金物部分にはRWを充填)とした。

試験体上部・下部の床は、試験体1、3では構造用合板24mmとALC75mm厚、試験体2、4ではALC100mm厚とした。床および壁のALCパネルでは、長辺目地部分に面取りによる隙間があるので充填の有無・充填材の仕様を変化させて状況を観察した。

3. 加熱実験の概要

試験体を建築研究所の防耐火実験棟の水平炉に設置し、ISO 834の標準加熱曲線に準拠して、60分の加熱実験を実施した。加熱終了後は、速やかに消火作業を行った。

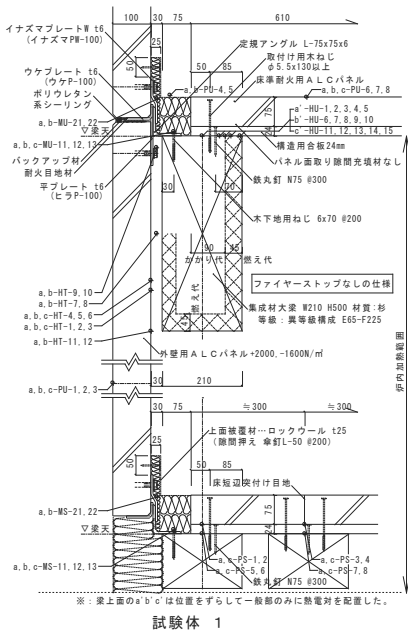
〔参考文献〕

- 1) ALC取付け金物等規格 平成25年版 ALC協会

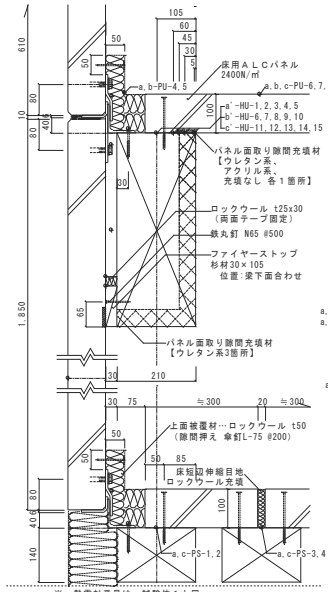
表1 試験体仕様

試験体番号	1	2	3	4
梁と外壁用ALCパネルのクリアランス	30mm	30mm	105mm	105mm
クリアランス部のファイヤーストップの仕様・有無	無し	杉材 W30 H105 +ロックウールt25	杉材 W105 H50 +裏打ち杉材90x45 +ロックウールt50	せっこうボードt12.5×2 +裏打ち杉材90x45 +ロックウールt50
梁上面の床の仕様	構造用合板t24 +ALCパネルt75	ALCパネルt100 直載せ	構造用合板t24 +ALCパネルt75	ALCパネルt100 直載せ
上面被覆材の仕様	ロックウール ・金物上部の被覆t25 ・床面まで面一充填	ロックウール ・金物上部の被覆t50 ・床面まで面一充填	ロックウール ・金物上部の被覆なし※1 ・床面まで面一充填	ロックウール+t50ALC ・金物上部の被覆t25 ・床面までt50ALCと ロックウールで面一充填
床ALCパネル裏側面取り部の隙間の処理	3か所全ての面取り部隙間の充填なし	・充填なし1か所 シーリング材充填 ・ウレタン系1か所 ・アクリル系1か所	3か所全ての面取り部隙間の充填なし	・充填なし1か所 ・セラミックウール充填2か所
外壁用ALCパネル裏側面取り部の隙間の処理	ファイヤーストップ無し 面取り部無処理	3か所全ての面取り部にウレタン系シーリング材充填	3か所全ての面取り部にセラミックウール充填	3か所全ての面取り部にセラミックウール充填
ALCパネル目地部非加熱側の温度測定(一般部以外)	・外壁長辺実目地 ・床長辺平目地 ・床短辺平目地突付け	・外壁長辺実目地 ・床長辺平目地 ・床短辺平目地突付け	・外壁長辺実目地 ・床長辺平目地	・外壁長辺実目地 ・床長辺平目地

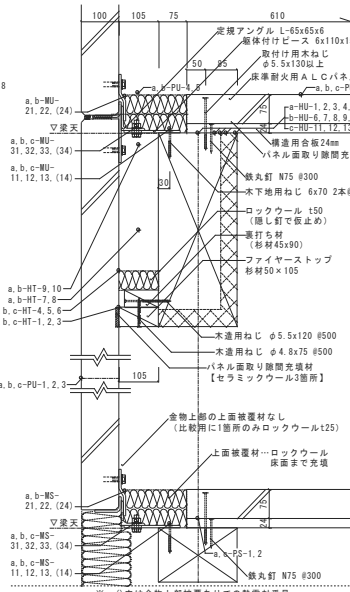
*1:一部の金物ををRW25mm被覆とした。



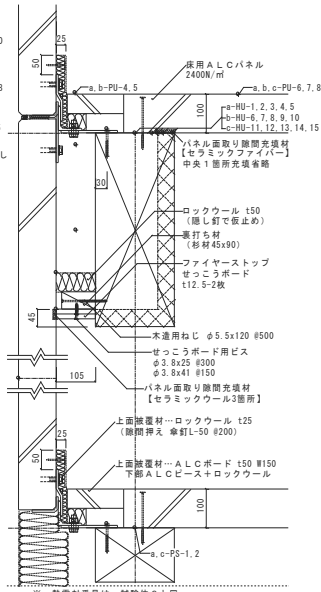
試験体 1



試験体 2



試験体 3



試験体 4

図2 試験体詳細図(試験体1~4)

ALC パネル外壁・床を有する中層木造建築物の耐火性能に関する実験的研究 その2 加熱実験結果

中層木造	ALC パネル	外壁	正会員	○毛利 隆*1	正会員	鈴木 淳一*2	正会員	大須賀 正実*1
層間塞ぎ	梁	燃えしろ設計	〃	水上 点晴*3	〃	中島 史郎*3	〃	荒木 康弘*3
			〃	山口 修由*3	〃	平光 厚雄*2	〃	塚本 忠*1
			〃	松下 健一*1				

1. はじめに

本報では ALC 外壁および床が設置されたスギ集成材梁の加熱実験結果について報告する。

2. 加熱実験の概要

2.1 試験体 1(クリアランス 30mm、FS：なし)

試験体 1 は、加熱開始数分後からロックウールを充填した層間塞ぎ部分から大量の白煙が噴出し始め、加熱終了まで噴出し続けた(写真 1)。充填したロックウールや非加熱部の ALC に煤や煙などによる変色が生じた。

2.2 試験体 2(クリアランス 30mm、FS：スギ・RW)

試験体 2 の層間塞ぎ部分からは、実験初期には試験体 1 と比較して、ほとんど煙が発生しなかった。加熱開始 40 分頃になると、熱電対の配線などによって生じた隙間から漏煙が確認されたが、著しいものではなかった(写真 1)。

2.3 試験体 3(クリアランス 105mm、FS：スギ・RW)

試験体 3 の層間塞ぎ部分からは、煙の発生は確認できなかった。50 分頃に、床目地部に煙や煤による汚れの付着が確認された。これは下部に設置した合板の燃え抜け等によるものと考えられる(写真 2)。

2.4 試験体 4(クリアランス 105mm、FS：GB-R・RW)

試験体 4 の層間塞ぎ部分の一般部からの煙の発生は確認されなかったが、面取り部から若干の煙の発生が確認された。ファイアーストップの厚さが試験体 3 よりも薄く、また、せっこうボード(GB-R)が高温時に収縮し亀裂が発生するなどしたため、面取り部から高温ガスが中空部に入りやすくなったと考えられる。

3. 試験体各部の炭化、熱劣化状況

3.1 試験体下部の層間塞ぎ部分

写真 3 に試験体 1、2 の加熱後の下部層間塞ぎ部分を示す。いずれの試験体においても、試験体下部に設置したイナズマプレート保護用の RW が収縮・溶融する状況が確認された。ISO834 程度の火災温度に直接曝されると、一般的な RW は収縮・溶融するため、RW の充填効果、断

熱性のみに期待する場合には、50mm 以上の厚みで保護し、ビス等で固定することが必要であることが確認された。試験体下部に設置した梁の上面被覆部分の RW に関しては、加熱表面から 50mm 程度の深さは変色したものの、健全な部分も残存しており、梁上面が炭化することにはなかった。厚さ 50mm の RW で被覆した試験体 2、RW の収縮による金物の一部露出が確認された試験体 1 や金物部分に被覆しなかった試験体 3 においても、下部の梁に炭化などは発生していなかった。イナズマプレートが火熱で高温化したとしても、定規アングルと接する部分が小さく、熱が木部にまで達しなかったと考えられる。ALC50mm 二枚重ねの試験体 4 についても、下部の梁が炭化することにはなかった。

3.2 試験体上部の大梁の炭化状況

写真 4 のとおり、試験体 1 の大梁の炭化状況をみると、火災を直接受ける梁側面の梁中央部分の炭化深さ約 45mm であった。外壁との間も炭化しているが、その炭化深さは梁中央付近で約 15mm の炭化深さに留まっている。また、大梁の上端は、金物・留付材部分まで炭化が進行している箇所が確認され、FS を設置しない場合には留付部の保持力を十分に保てる状態にはなかった。FS を設置した試験体 2~4 の大梁の炭化状況は、加熱側は試験体 1 を含めていずれの試験体も大きく変わらない。外壁との間は梁側面に煙等による煤汚れは確認されたが、炭化することにはなかった。FS の炭化状況については、試験体 2 では残存部も約 70mm 程度有り、梁下から 105mm の厚みがあれば十分な炭化抑制効果を期待できることがわかった。試験体 3 では、外壁と接する部分の FS の木材(厚さ 50mm)が燃え抜けて、裏打ち材が炭化している部分も確認された、最も残存している部分でも未炭化部の厚さは 5~10mm 程度であった。試験体 4 でも同様に裏打ち材の炭化が確認された。これらは、ALC パネルの面取

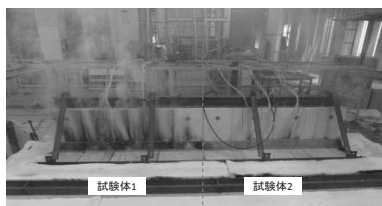


写真1 試験体 1・2 の状況(50 分時点)

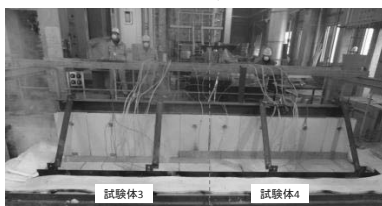
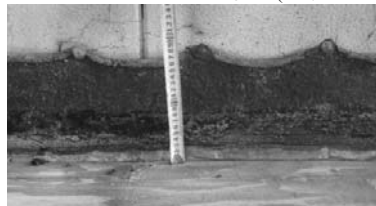
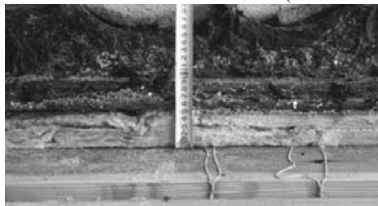


写真2 試験体 3・4 の状況(50 分時点)



a) 試験体 1(金物被覆 RW25mm)



b) 試験体 2(金物被覆 RW50mm)

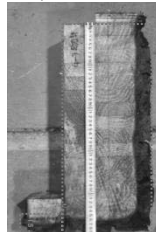
写真3 金物被覆・梁上面被覆 RW の加熱後の状況



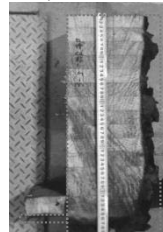
a) 試験体 1



b) 試験体 2



c) 試験体 3



d) 試験体 4

写真4 梁の炭化状況

り部からの熱侵入により、炭化が進行することが一つの要因である。しかしながら、裏打ち材の設置により FS の木材、せっこうボードの脱落の防止が期待でき、さらに、厚さ 50mm の RW を設置することにより、熱の侵入を十分に防止できていた。大梁が炭化することなく、本試験体の FS は防火上十分な性能があることが確認された。

ALC 床を設置した梁上面の炭化状況に関して、ALC パネルの一般部に接している部分については、木部炭化が抑制された。しかし、面取り部については、充填材によらず周囲の木材の一部が炭化した。構造用合板 24mm に ALC が設置される場合には、合板は炭化するが梁にまで炭化が達することはなかった。しかし、梁の上に直接 ALC パネルを設置した試験体では、深さ 10mm 程度の炭化が確認された。面取り部の炭化を抑制するための充填材料、充填方法などの技術開発は今後の課題である。

3.3 ALC パネルの変形状況

図 1 に加熱を受ける ALC パネル中央部に設置した変位計の面外変位測定結果を示す。FS なしの試験体 1 の変位が最も大きく、最大で約 18mm 加熱側に変形した。40 分頃に測定値が振動しているが、実験時に特段の変化は確認できなかった。試験体 2 は FS が木製であり、厚さも比較的厚いため約 12mm に留まっている。試験体 3 は 55 分頃まで約 11mm であるが、それ以降増加傾向にある。これは FS の木材の炭化の進行の影響により、変形を拘束する効果が失われつつあるためだと考えられる。試験体 4 も、40 分頃まで 12mm 程度の変形を保つが、さらに増加し、14mm 程度に上昇した。試験体 3 と同様、せっこうボードの熱劣化のためだと考えられる。

ALC パネルは、バイメタル効果により加熱時に高温側に変形する特性がある。そのため屋内側加熱時には FS・外壁間の隙間は、一定期間、減少することがわかる。

3.4 試験体各部の温度

図 2.a)～d)に試験体 1～4 の各部の温度を示す。各図には、炉内温度、外壁 ALC と梁間の中空層温度(下部、上部) FS 裏面温度、定規アングル・躯体付けピース温度(下部、上部)、梁の加熱表面から 45、60mm 内側に入った部分の梁上面温度(一般部)、外壁・床 ALC パネルの裏面温度の推移を示している。試験体下部の金物温度は、RW25mm の試験体 1 と被覆無しの試験体 3 の温度 (MS-21、22)が高く、それぞれ、60 分時点で 350℃、450℃に達した。しかし木部近傍の温度 (MS-11-13)は 200℃以下に留まった。試験体 2、4 のそれらの温度は幾分低温になり、ALC を上面被覆に用いた試験体 4 の躯体付けピースの温度が最も低く約 100℃に留まった。

中空部分の温度 (HT-1-3)は、試験体 1 を除いて 150℃以下に留まっており、

木部の炭化には至らないことがわかる。

60 分時点の 45mm の部分の梁上面の温度は、試験体によって 100～350℃となり、ばらつきがある。しかし、60mm の位置の温度は 150℃以下に留まり、そこまでは炭化が進行していないことがわかる。また、外壁・床 ALC の裏面温度は、床目地部が蒸気・ガスの噴出のため高いが、100℃程度である。

4. まとめ

ALC パネル外壁と木梁との間の FS により、外壁側の梁側面が防火上有効に被覆され、炭化が防止されることが明らかとなった。また、ALC パネル一般部に接する木部は炭化が抑制されるが、面取り部は炭化を防止するための充填材等の設置が必要である。

付記：本研究は、(独)建築研究所と ALC 協会との共同研究「中層木造建築物への ALC パネルの利用に係る設計・評価技術の開発」により実施された。

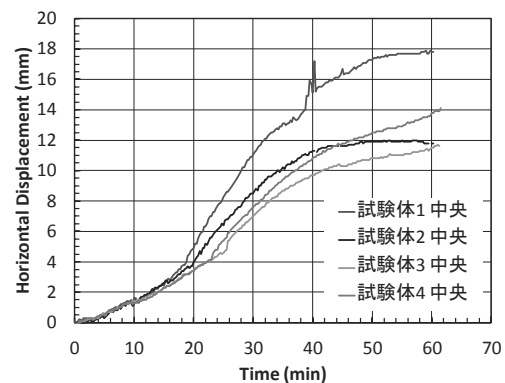


図 1 ALC パネル中央の面外変位

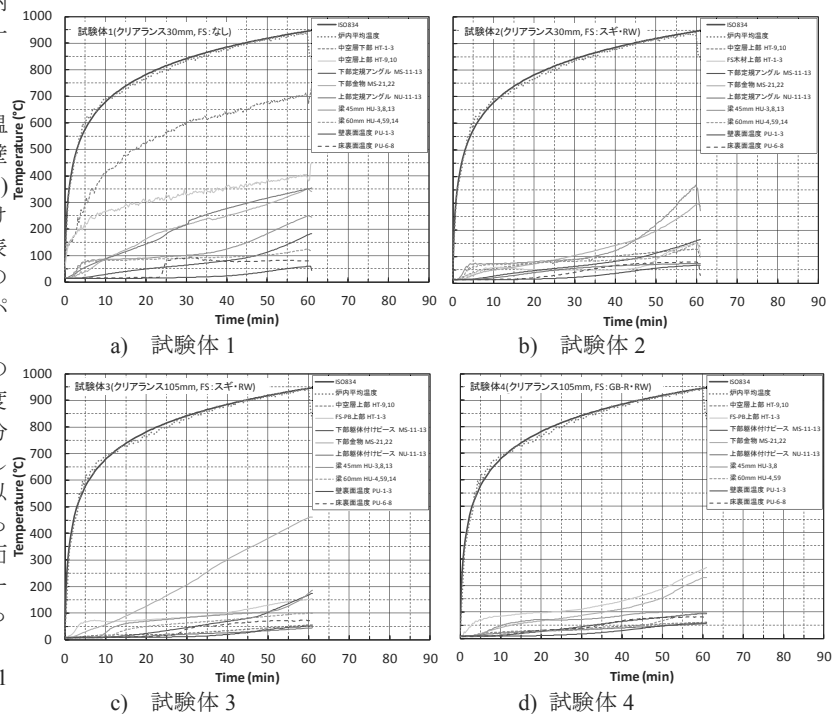
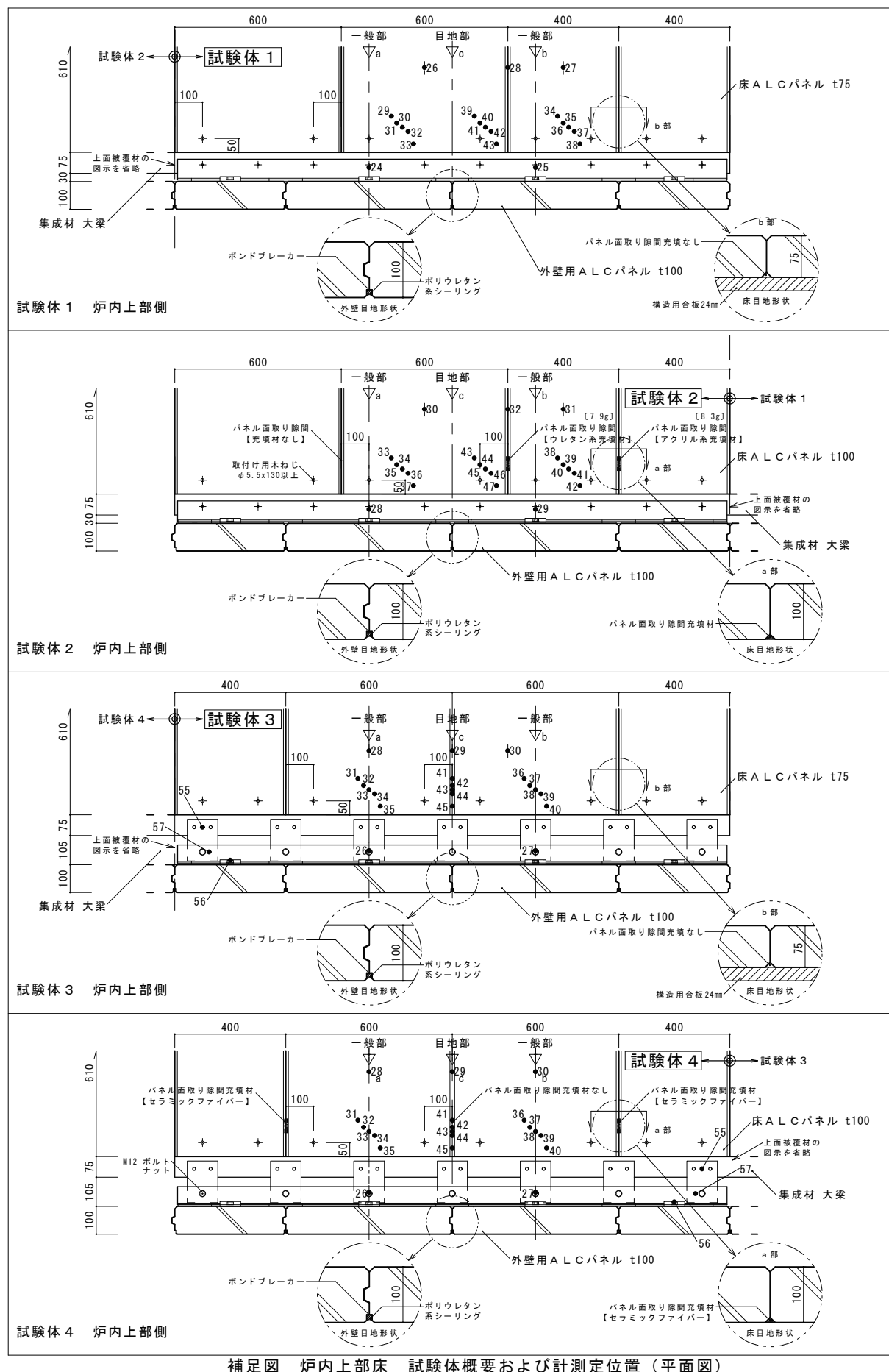


図 2 試験体 各部の温度



試験4：

平成26年度建築基準整備促進事業
F3. 防火に関する大臣認定仕様の告示化の検討
報告書（引用抜粋）

- 1) 「(3)FW-7」 壁：強化せっこうボード厚さ15mm＋ALCパネル厚さ50mm
- 2) 「(4)PW30-1」 壁：ALCパネル厚さ35mm

一般社団法人 建築性能基準推進協会
共同研究：独立行政法人建築研究所

【対象】

- ・ 部位：壁
- ・ 構造：耐火構造・準耐火構造・防火構造
- ・ 試験体：ALCパネル 厚さ50mm、35mm

【確認事項】

- ・ 突合せ目地の部分が、裏面に当て木を設ける等当該建築物の内部への炎の侵入を有効に防止することができる構造であるか否か。
- ・ 側面が面取り形状のパネル、乾式目地におけるシーリング材（ウレタン系）、通気工法、透湿防水シートについて、耐火性能上の影響の有無。

【主に関係する本書の節】

- ・ 3.2 節 壁：耐火構造(2)（下地：木材または鉄材／耐力壁・非耐力壁）
 - －「強化せっこうボード 厚さ15mm以上＋ALCパネル 厚さ50mm以上」被覆
 - －「強化せっこうボード2層 合計厚さ42mm以上」被覆＋ALCパネル 外装
 - －「強化せっこうボード2層 合計厚さ36mm以上＋ケイカル板 厚さ8mm以上」被覆
＋ALCパネル 外装
- ・ 3.3 節 壁：1時間準耐火構造（下地：木材／耐力壁・非耐力壁）
 - －ALCパネル 厚さ35mm以上 被覆
- ・ 3.4 節 壁：準耐火構造（下地：木材／耐力壁・非耐力壁）
 - －ALCパネル 厚さ35mm以上 被覆
- ・ 3.5 節 外壁：防火構造（下地：不燃材料以外／耐力壁・非耐力壁）
 - －ALCパネル 厚さ35mm以上 被覆

1) 「(3)※FW-7」 ※：報告書における番号

●試験体概要

耐火 60 分

試験体番号：FW-7

構造区分：耐力・外壁

下地：木・不燃

被覆：屋外側：強化せっこうボード(GB-F(V))15mm+ALC50mm

断熱材：GW(RW, なし包含)

屋内側：例示(強化せっこうボード(GB-F(V))21+21mm)

加熱：屋外、屋内

載荷：非載荷

(報告書 p. 29～30「表 3.3.2.1 試験体仕様一覧」より)

●加熱温度

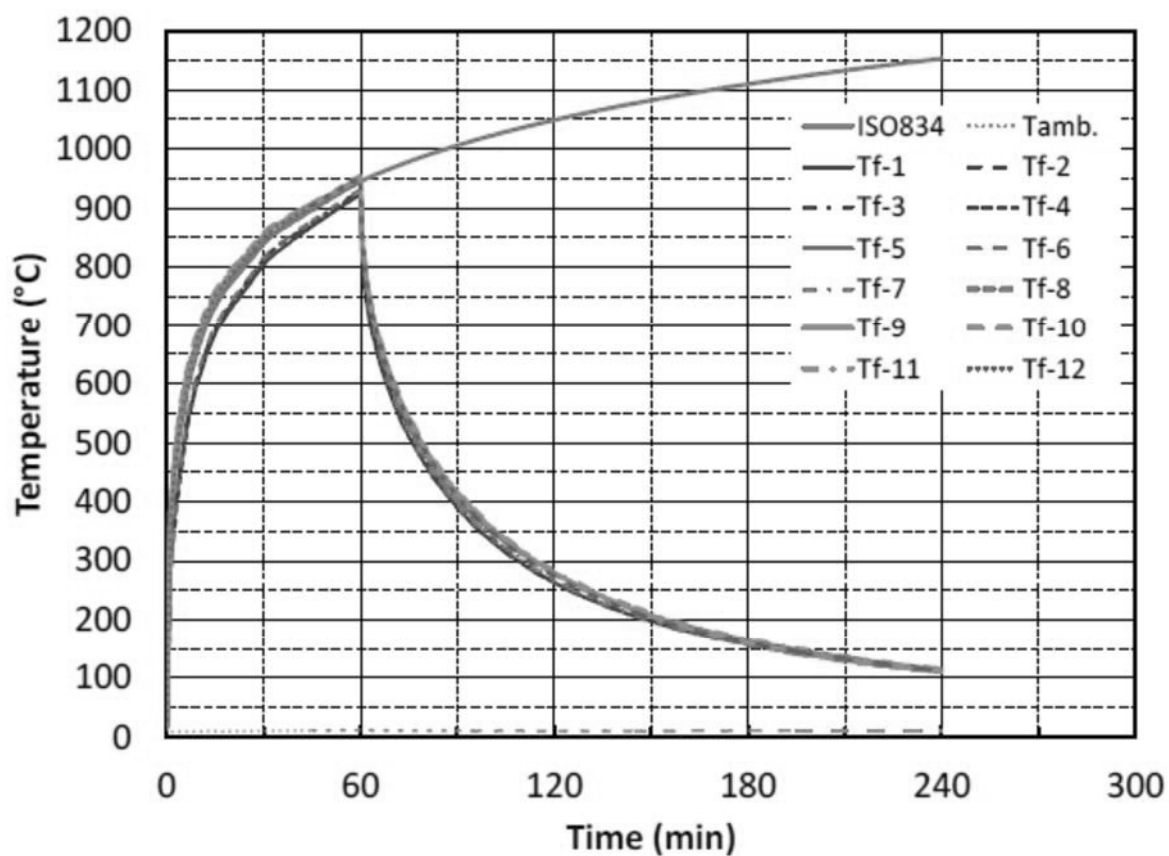
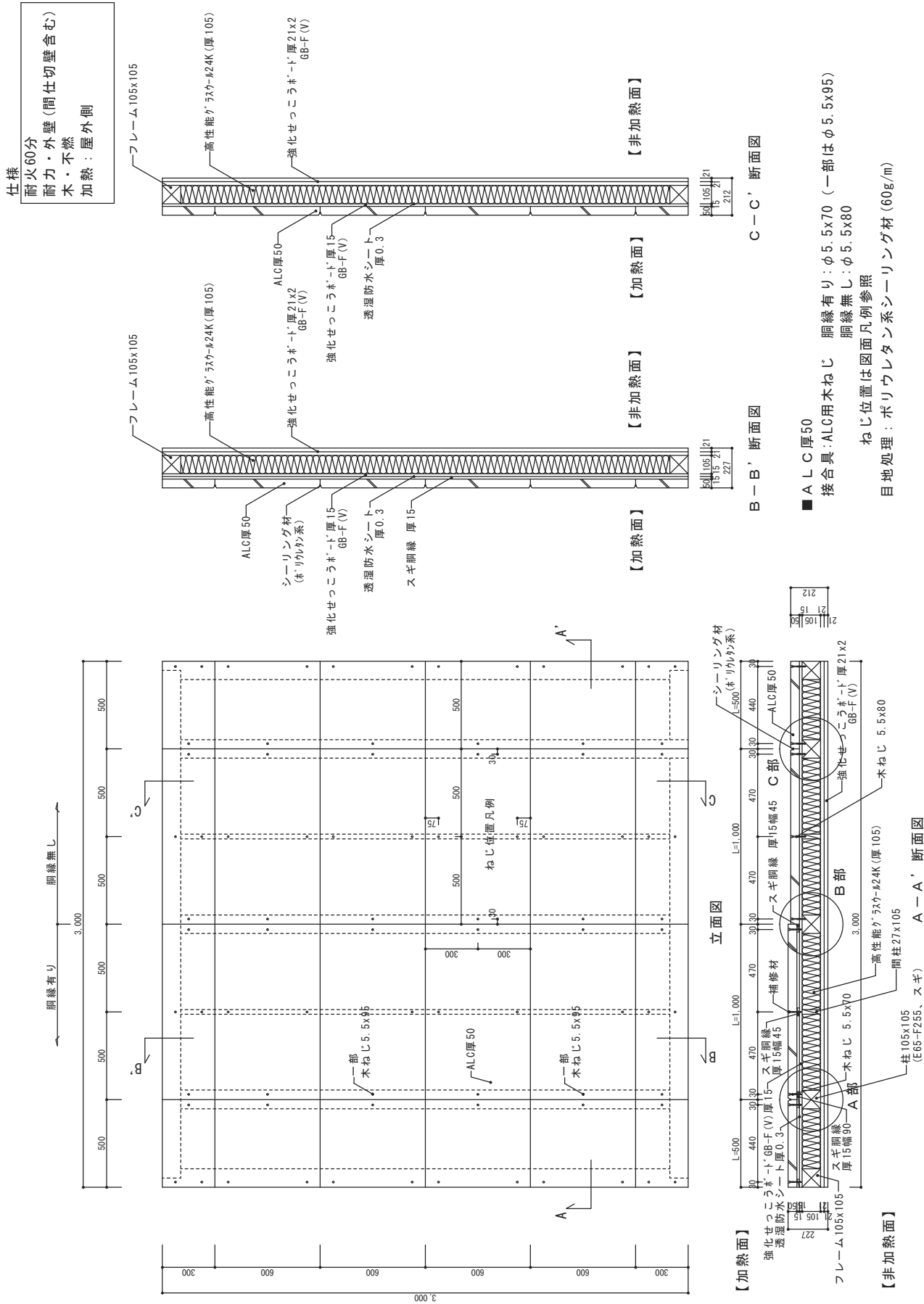


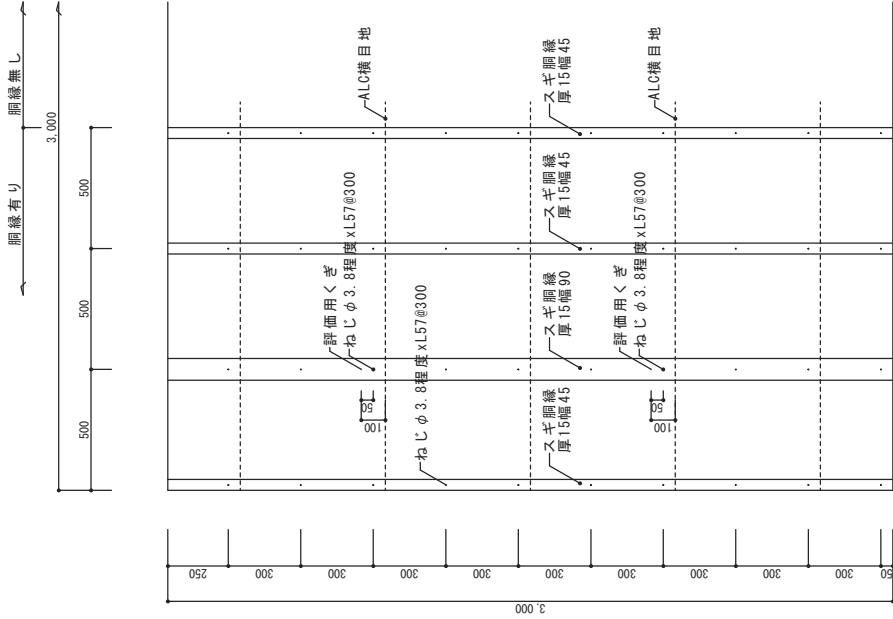
図 3.3.4. (3).1 加熱温度

(報告書 p. 60 より)

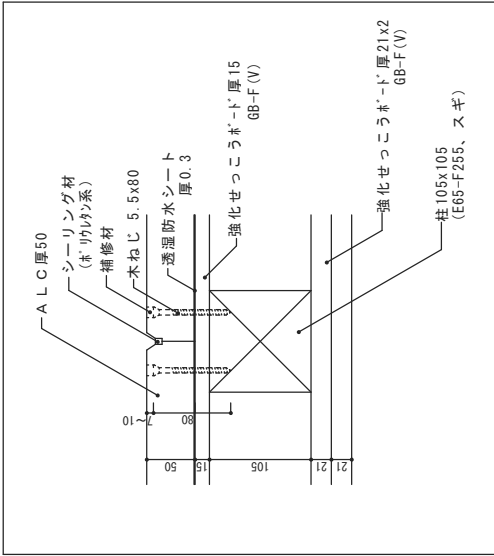
●試験体図



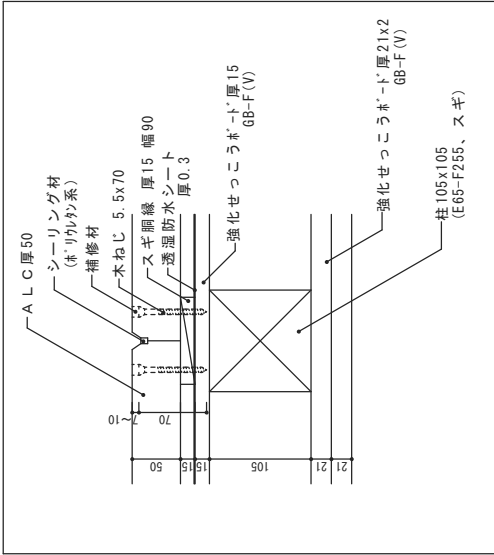
(報告書p.55より)



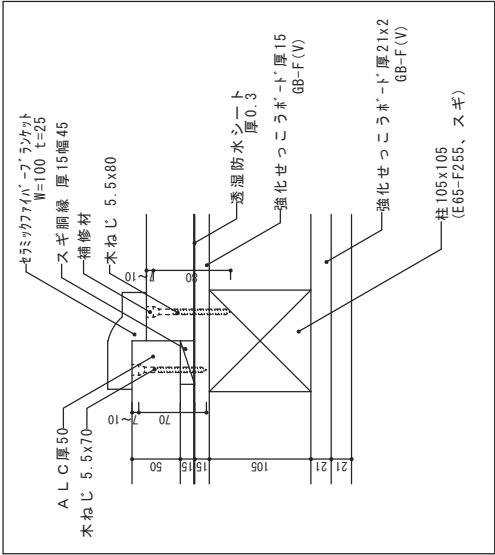
■ スギ胴縁 (t15xw45, 90)
接合具: ねじφ3.8程度xL57@300
評価用接合具: くぎL65程度



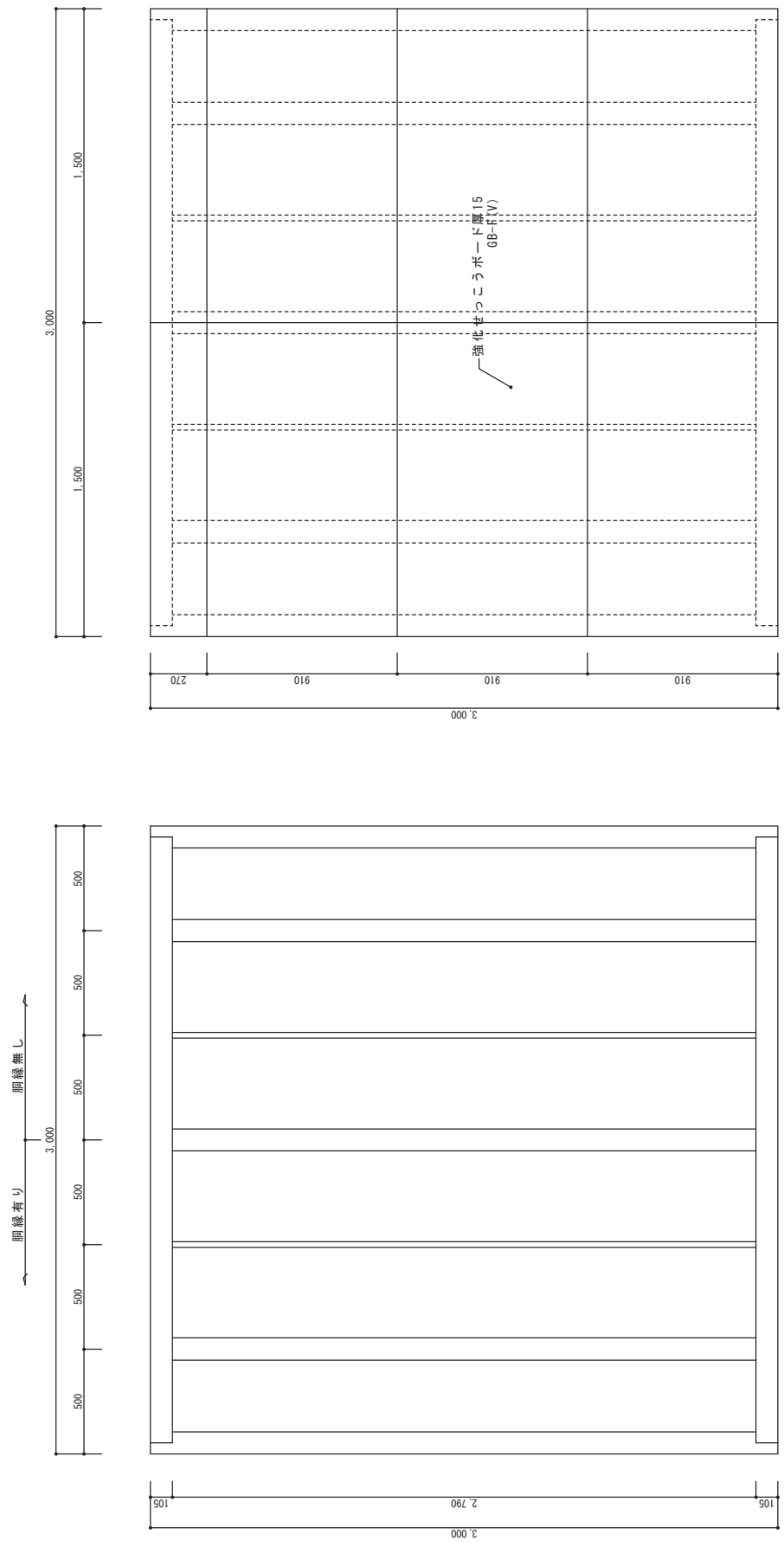
C 部詳細図



A 部詳細図



B 部詳細図



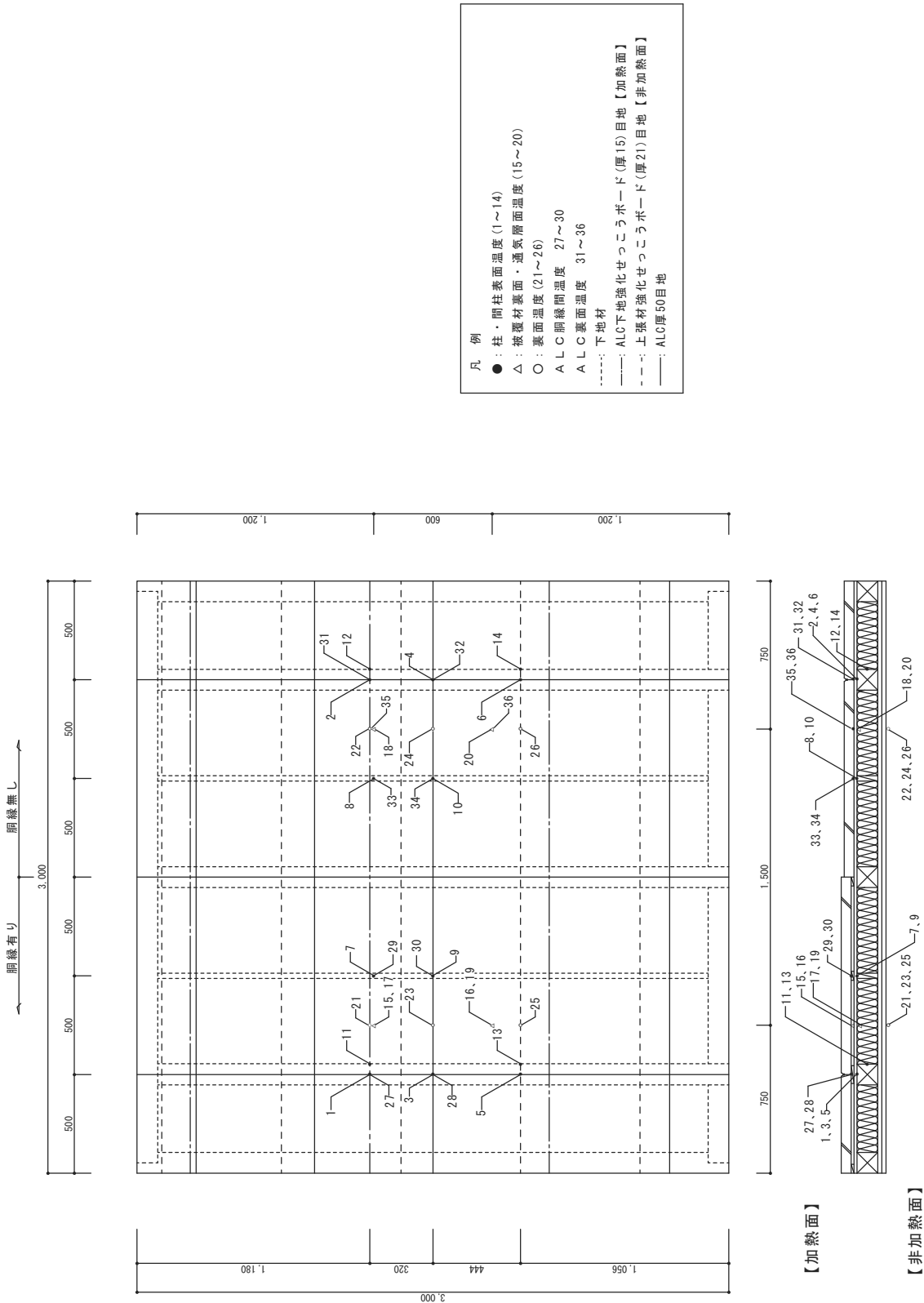
軸組配置図

【加熱面】

A L C 下地強化せつこうボード厚15 割付図
GB-F (V)

留付材：GN50φ200

Title FW-7 試験体図		Scale 1/20 (A3)	3 / 5
防火に関する大臣認定仕様の告示化の検討委員会		Date 2015.02.18	



(報告書p.58より)

●試験体内部および裏面温度

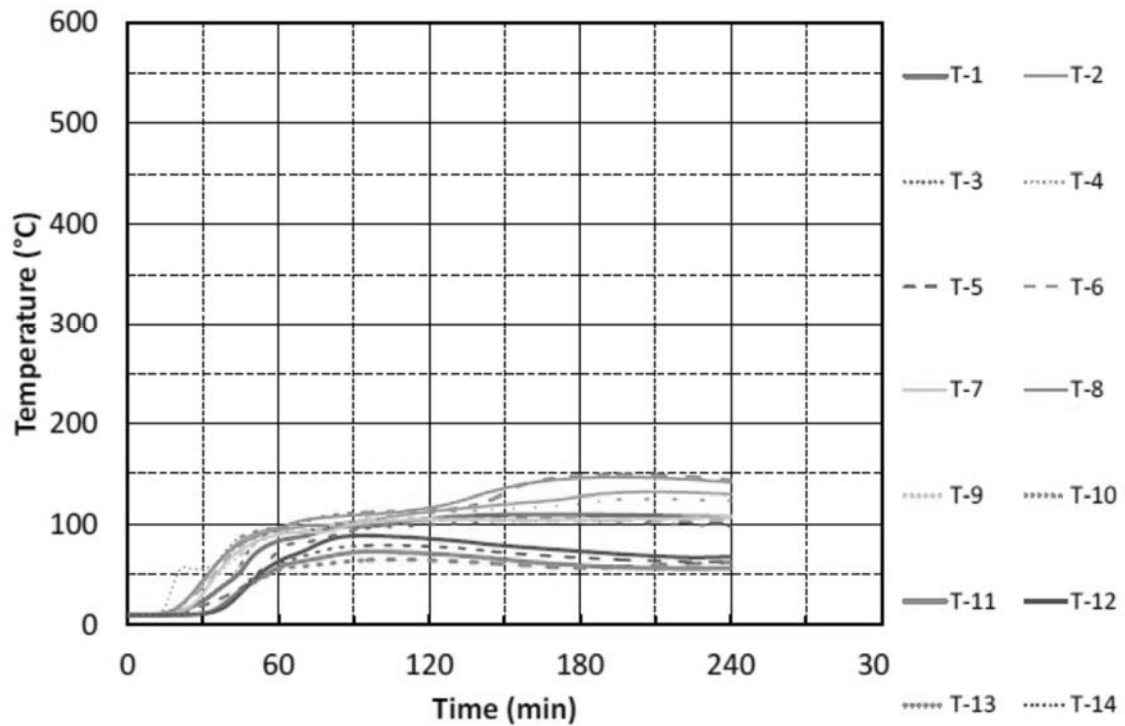


図 3.3.4.(3).2 柱・間柱表面温度測定結果

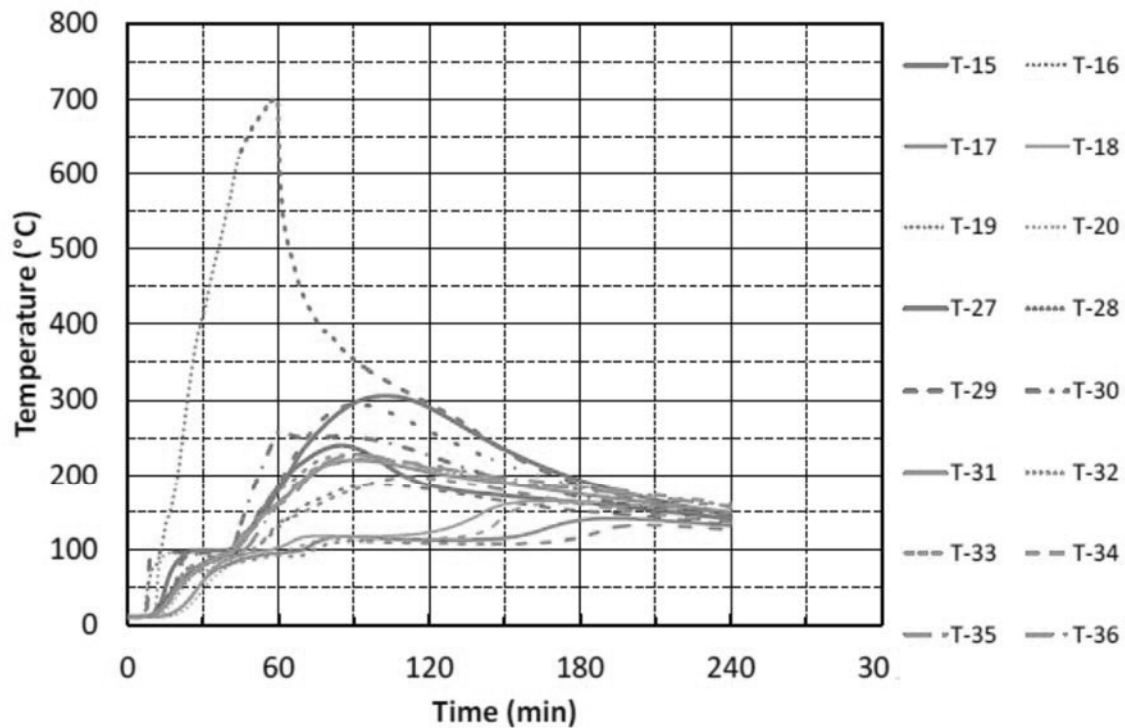
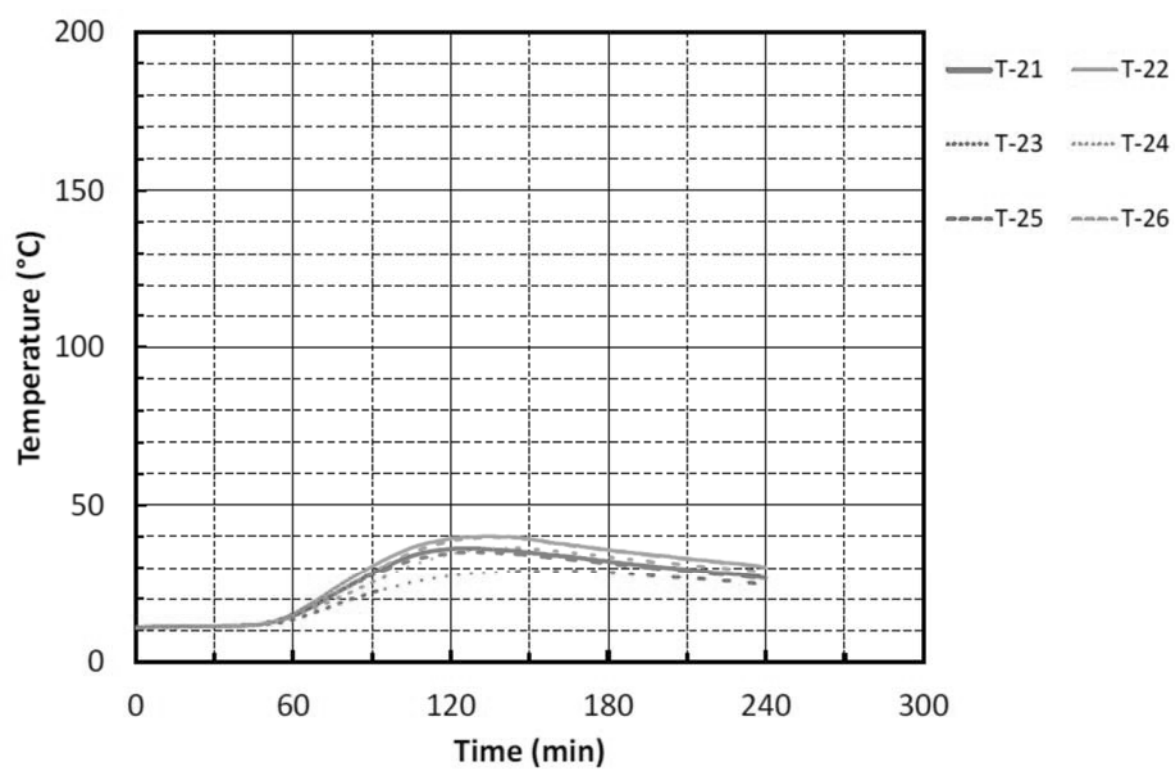


図 3.3.4.(3).3 被覆材裏面温度測定結果

(報告書 p. 61 より)



3.2.4. (3).4 裏面温度測定結果

(報告書 p. 62 より)

2) 「(4)※PW30-1」 ※：報告書における番号

●試験体概要

防火構造
試験体番号：PW30-1
構造区分：耐力・外壁
下地：木
被覆：屋外側：ALC35mmのみ
断熱材：なし（GW，RW 包含）
屋内側：告示（せっこうボード9.5mm）
加熱：屋外
載荷：載荷

（報告書 p. 29～30「表 3. 3. 2. 1 試験体仕様一覧」より）

●加熱温度

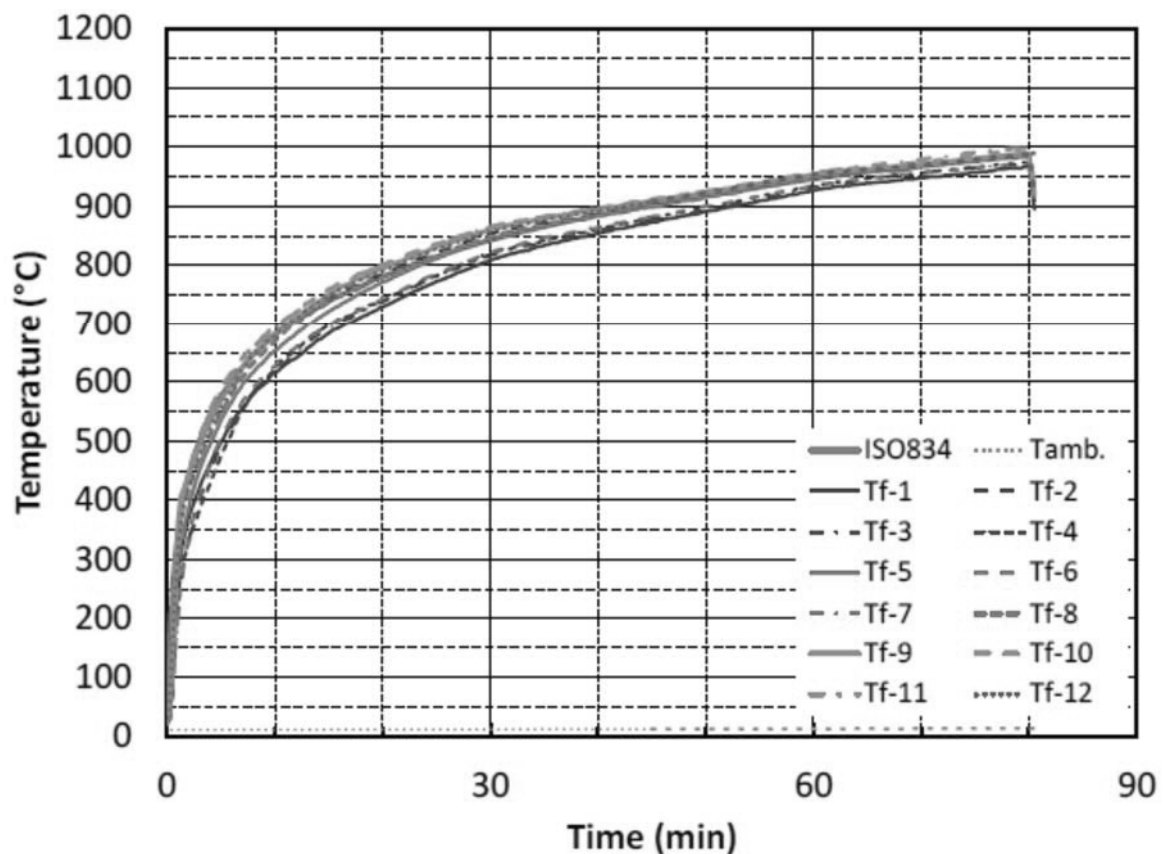
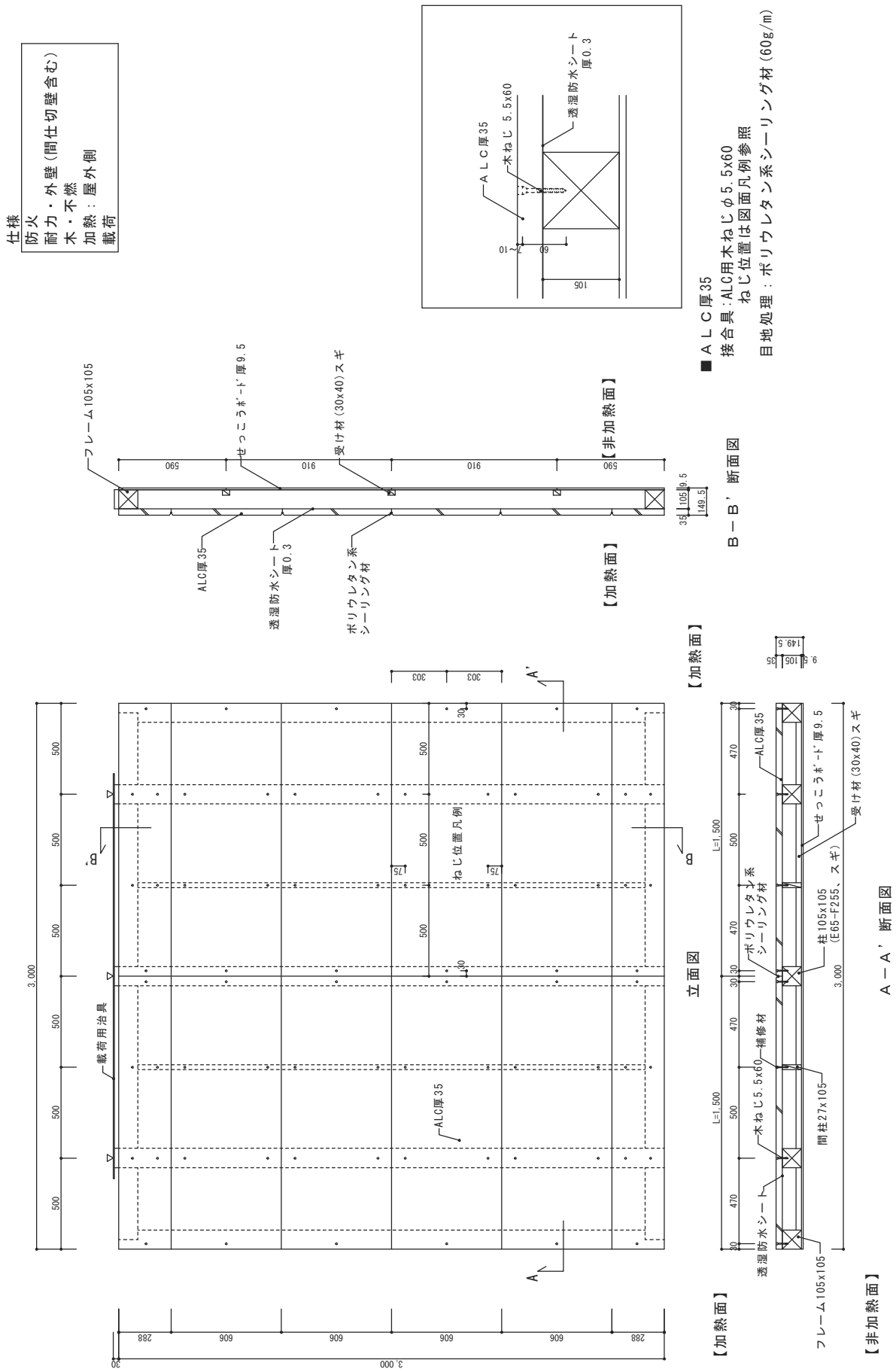


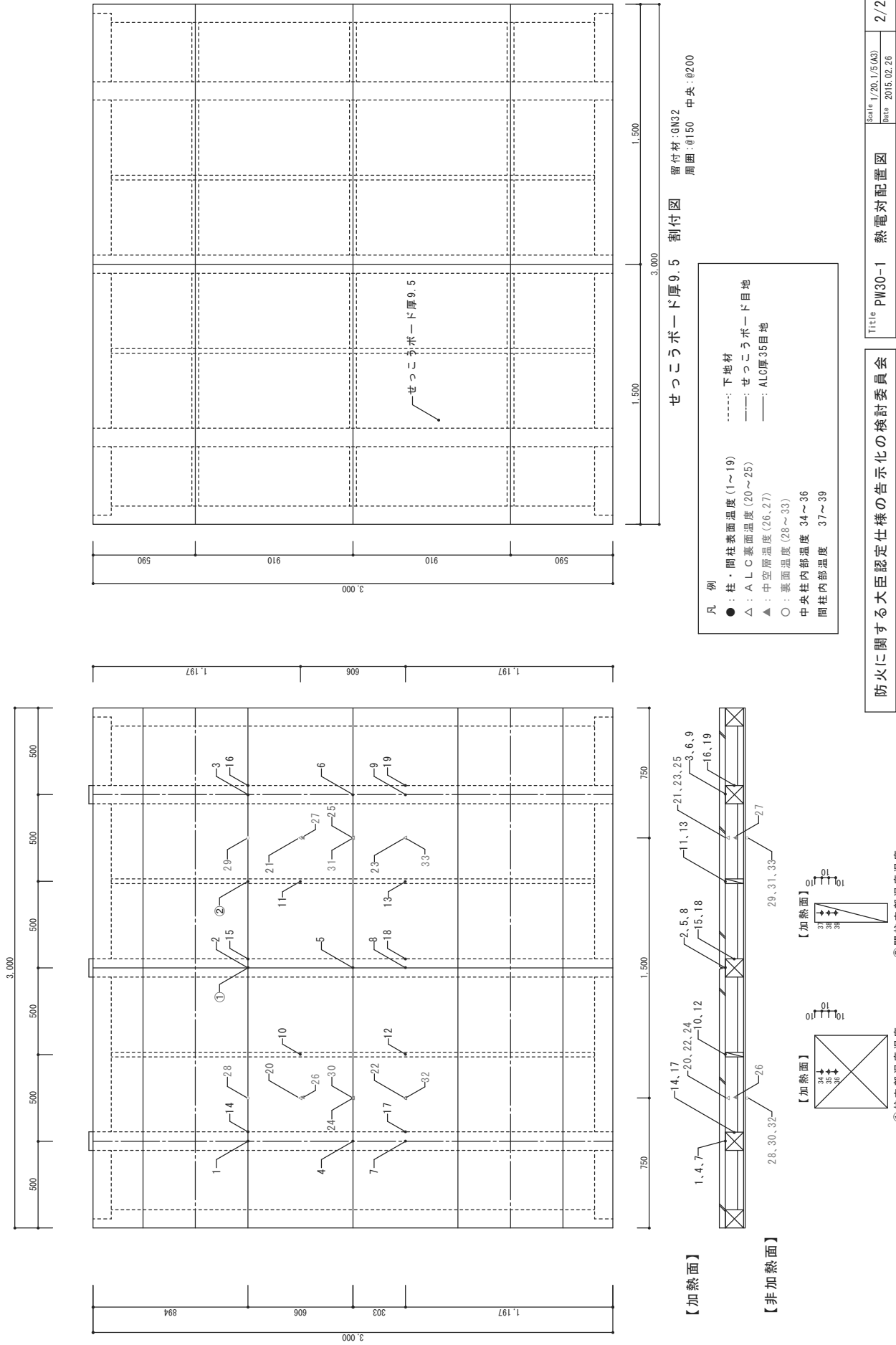
図 3. 3. 4. (4). 1 加熱温度

（報告書 p. 66 より）

●試験体図



(報告書p. 63より)



●試験体内部および裏面温度

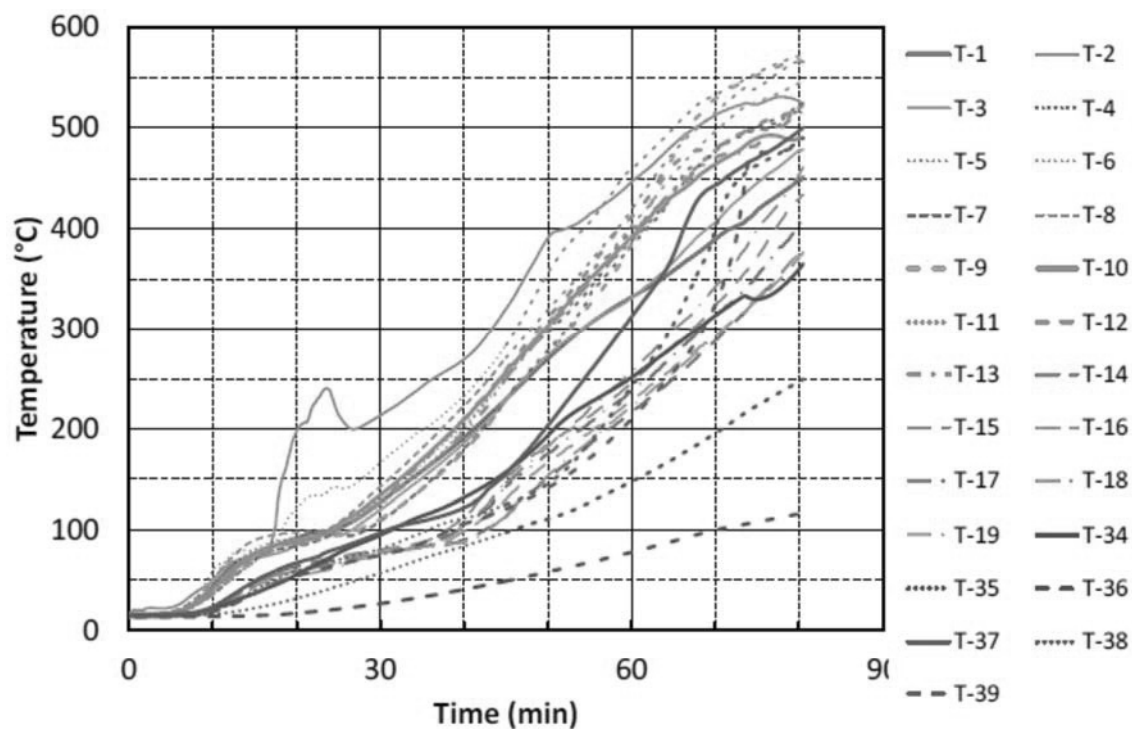


図 3.3.4. (4).2 柱・間柱表面温度測定結果

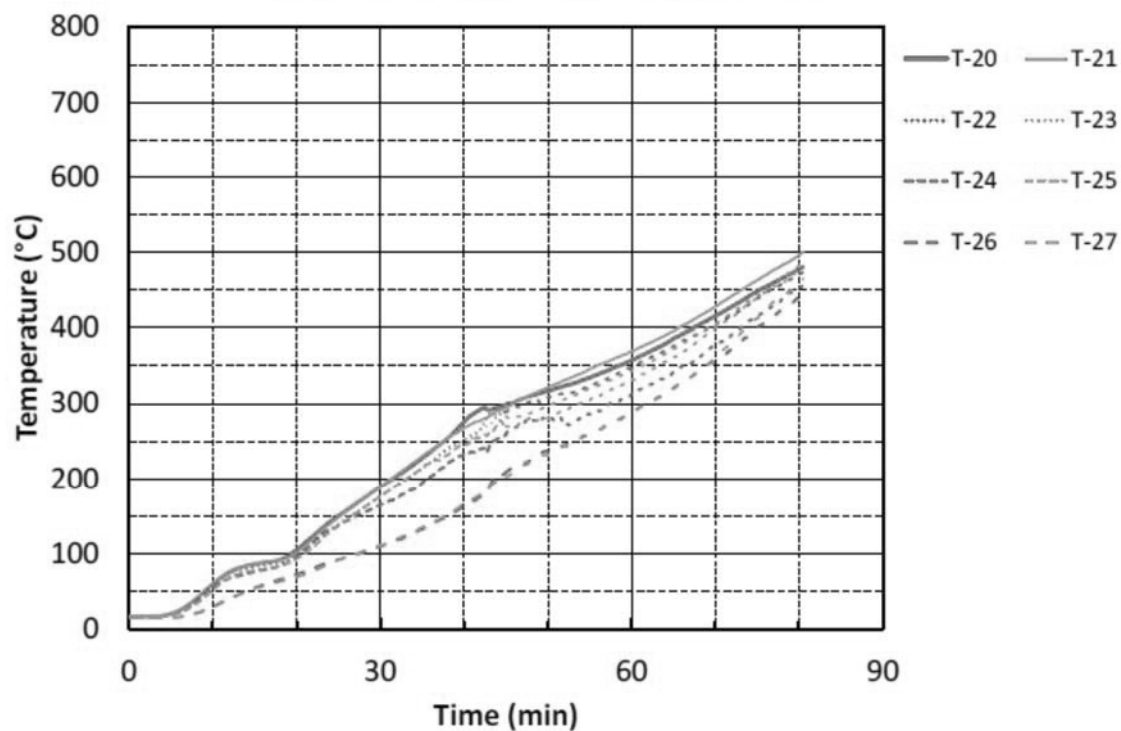
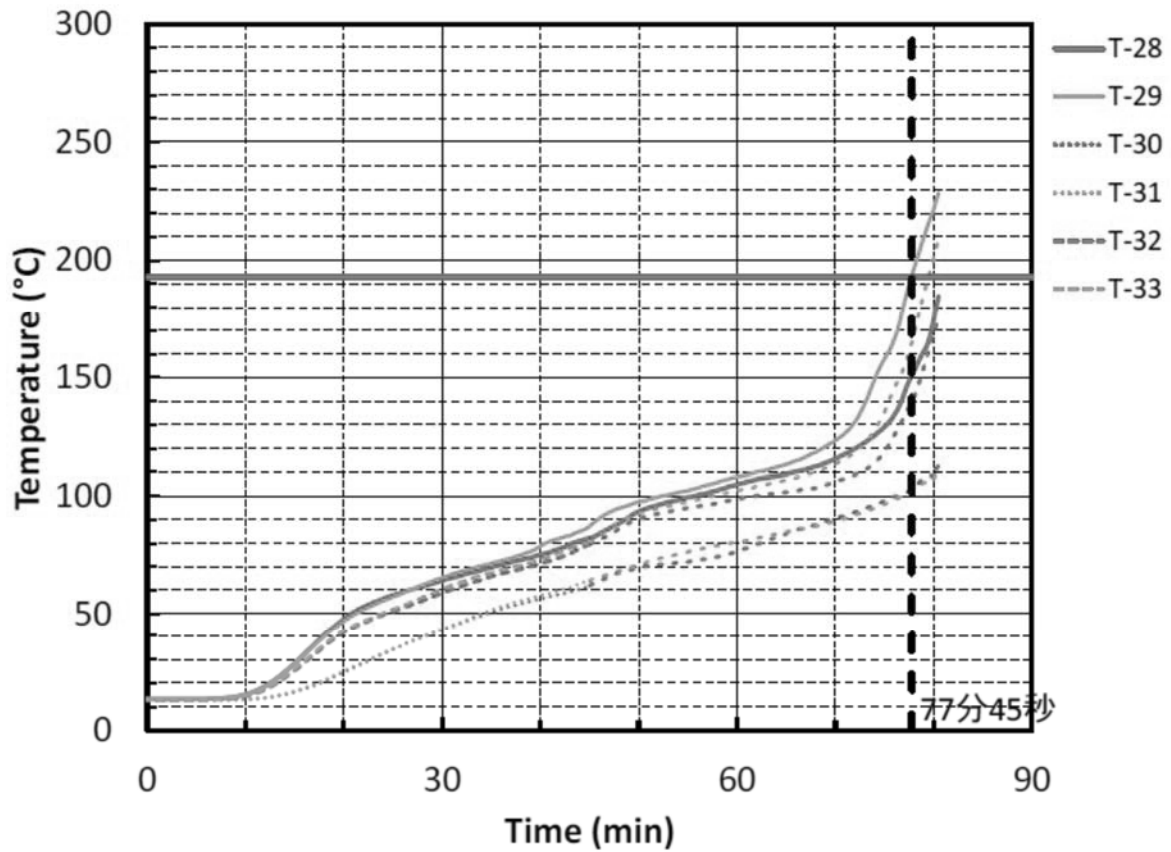


図 3.3.4. (4).3 被覆材裏面・中空部温度測定結果

(報告書 p. 67 より)



3.2.4.(4).4 裏面温度測定結果

(報告書 p. 68 より)

●鉛直及び面外変位量

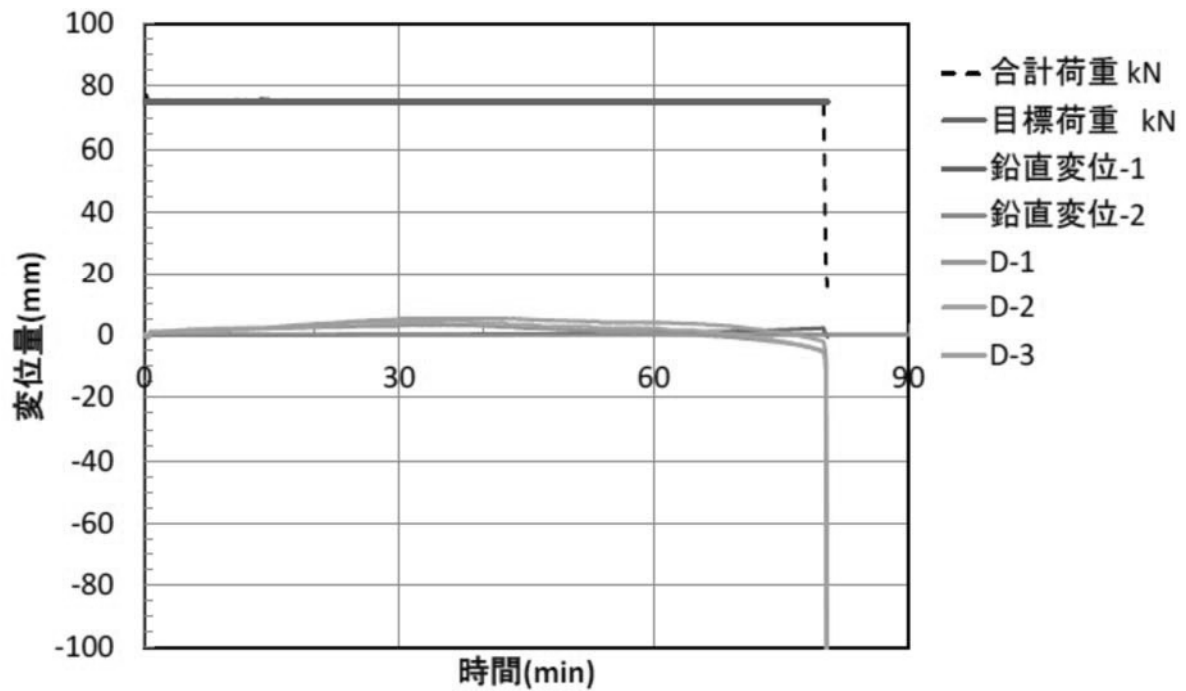


図 3.3.4.(4).5 変位量測定結果

(報告書 p. 69 より)

試験5：

**平成27年度建築基準整備促進事業
F3. 防火に関する大臣認定仕様の告示化の検討
報告書（引用抜粋）**

- 1) 「(1-2) FP060-CN4【□-300×300】」柱：ALCパネル厚さ 35mm
2) 「(5) QF060-FL1」床：ALCパネル厚さ 100mm
一般社団法人 建築性能基準推進協会
共同研究：独立行政法人建築研究所

1) 「(1-2) FP060-CN4【□-300×300】」柱：ALCパネル厚さ 35mm

【対象】

- ・部 位：柱
- ・構 造：1時間耐火構造
- ・試験体：ALCパネル 厚さ 35 mm

【確認事項】

- ・面取形状のパネルについて、耐火性能上の影響の有無。

【主に関係する本書の節】

- ・4.1節 柱：耐火構造（1時間）（鉄骨柱）
－ALCパネル 厚さ 35mm 以上 被覆

2) 「(5) QF060-FL1」床：ALCパネル厚さ 100mm

【対象】

- ・部 位：床
- ・構 造：1時間準耐火構造
- ・試験体：ALCパネル 厚さ 100 mm

【確認事項】

- ・木造用敷設筋構法の防耐火性能

【主に関係する本書の節】

- ・5.4節 床：1時間準耐火構造・準耐火構造（参考 主要構造部：木造）
－ALCパネル 厚さ 100mm 以上
- ・6.2節 屋根：準耐火構造（参考 主要構造部：木造）
－ALCパネル

1) 「(1-2)※FP060-CN4【□-300×300】」 ※：報告書における番号

●試験体概要

耐火時間 : 耐火 60 分
試験体番号 : PF060-CN4
構造区分 : 柱
下地、荷重支持部 : 鉄骨、□300×300 mm
被覆材とその仕様 : ALC 板 (メタルラス) 35mm、留付ピッチ@300 mm
下地鋼材 [60×30×10×^t1.6 mm
載荷・非載荷 : 非載荷

(報告書 p. 3-2～3-3 「表 3.2.1 試験体仕様案」より)

●加熱温度

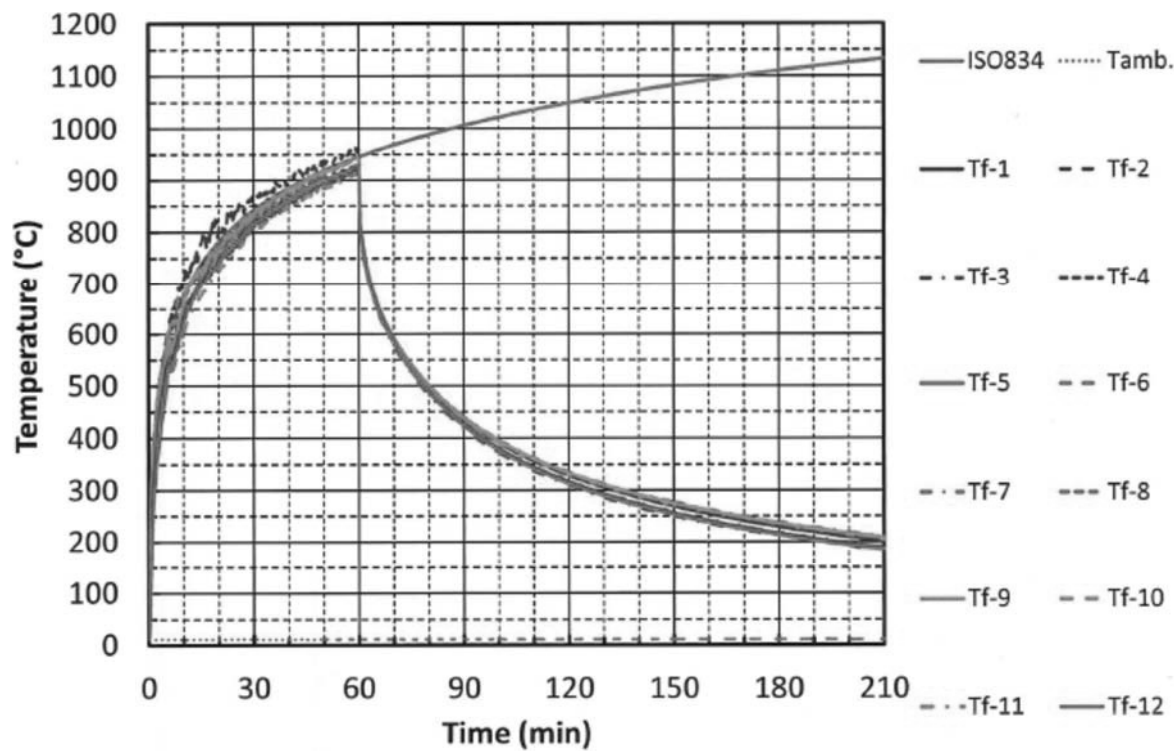


図 3-1-4 加熱温度

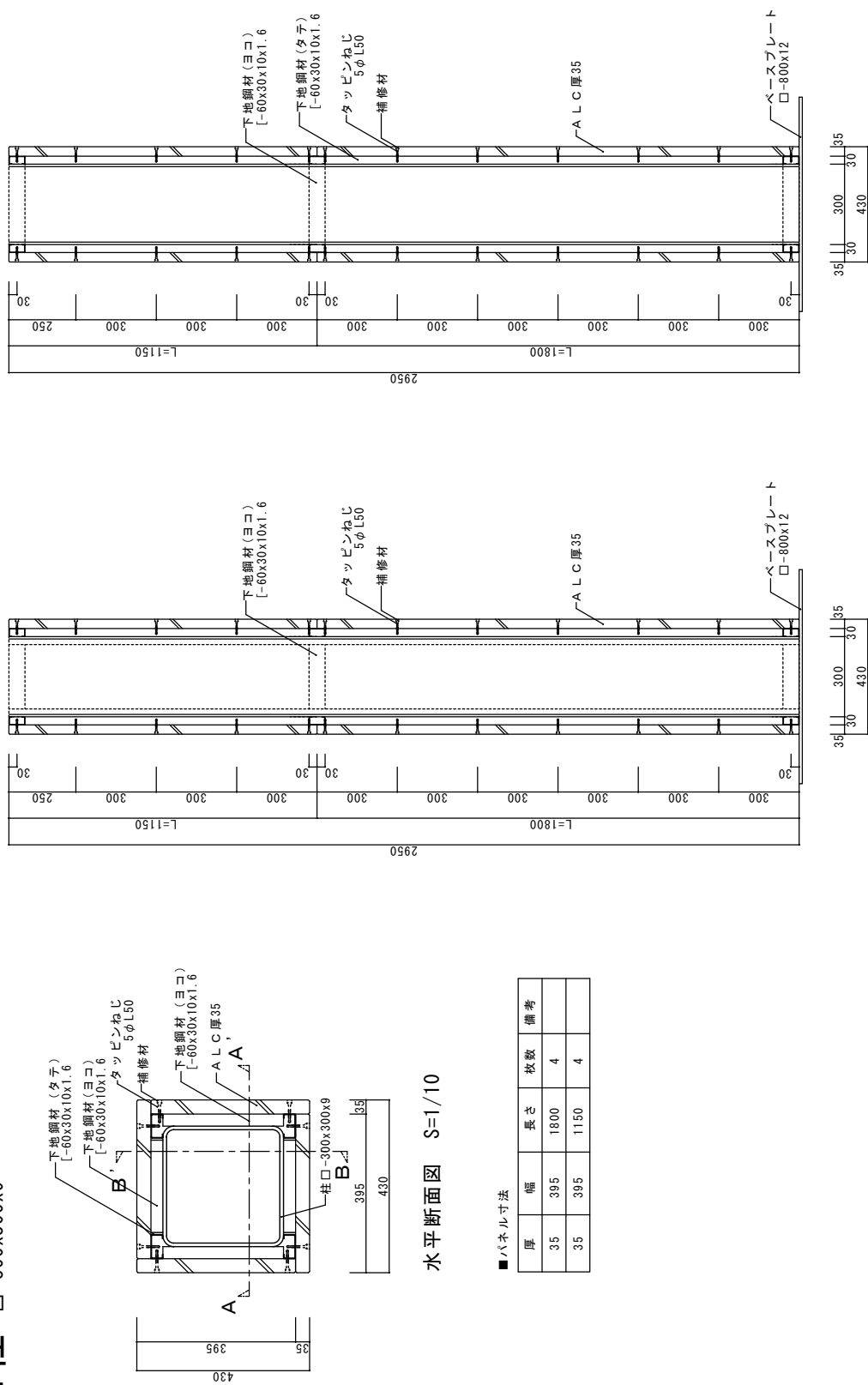
(報告書 p. 3-16 より)

試験体図-1

PF060-CN4

■ A L C柱1時間耐火試験体 (A L C厚35mm以上)

□柱 □-300x300x9



水平断面图 $S=1/10$

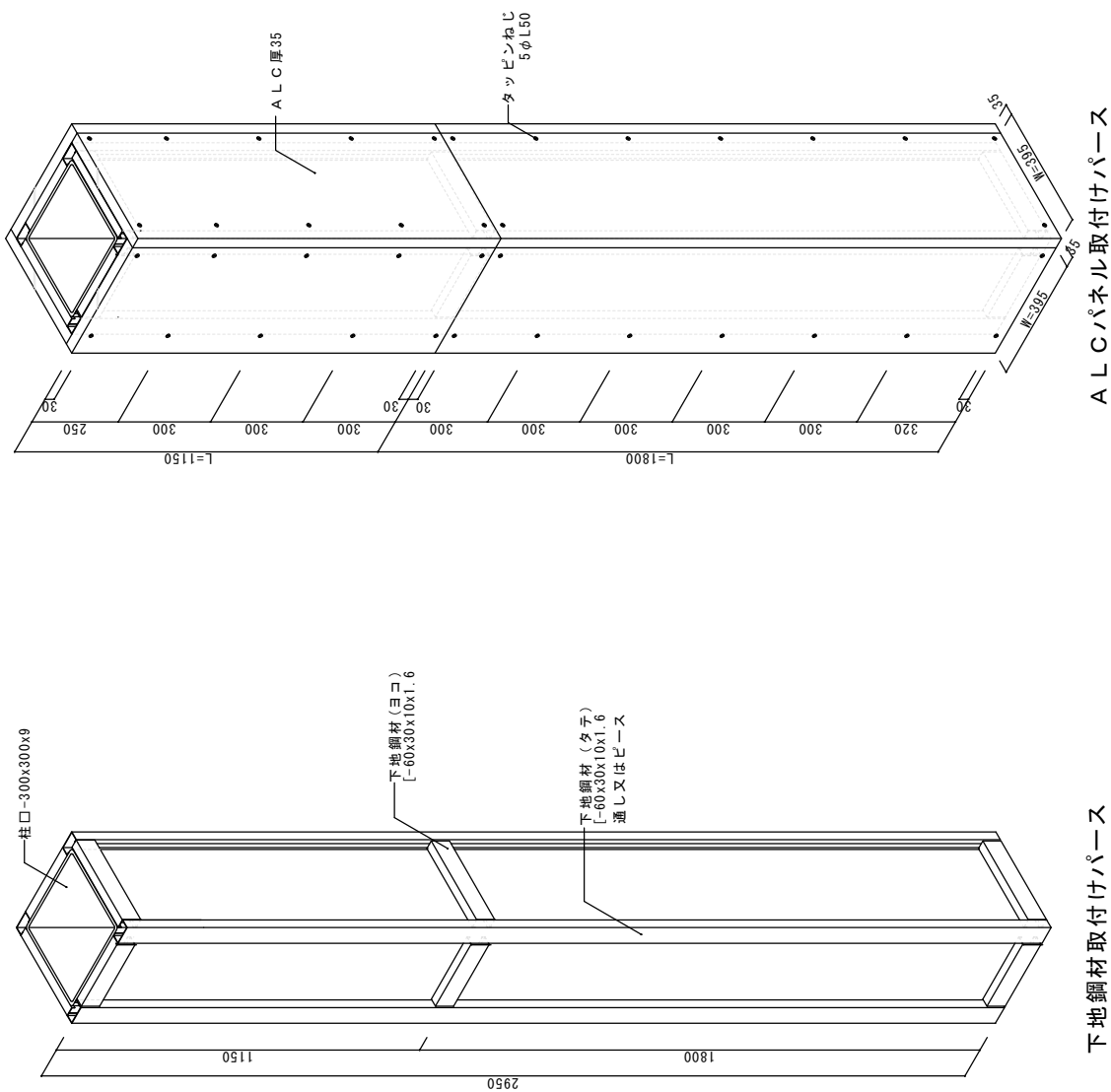
■ パネル寸法

厚	幅	長さ	枚数	備考
35	395	1800	4	
35	395	1150	4	

A-A', 縦断面図 S=1/15

B-B', 縦断面図 S=1/15

試験体図一2 FP060-CN4
■ A L C柱 1 時間耐火 試験体 (A L C厚35mm以上)
□柱 □-300x300x9



(報告書p. 付3-20 より)

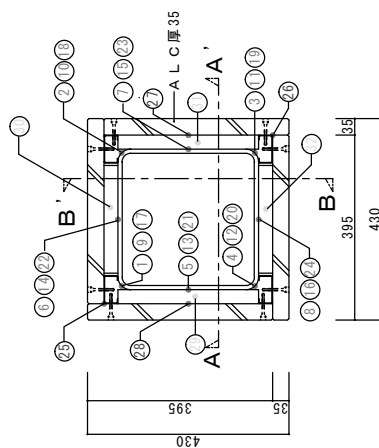
熱電対配置図一 1

■ A L C 柱 1 時間耐火 試験体

PF060-CN4

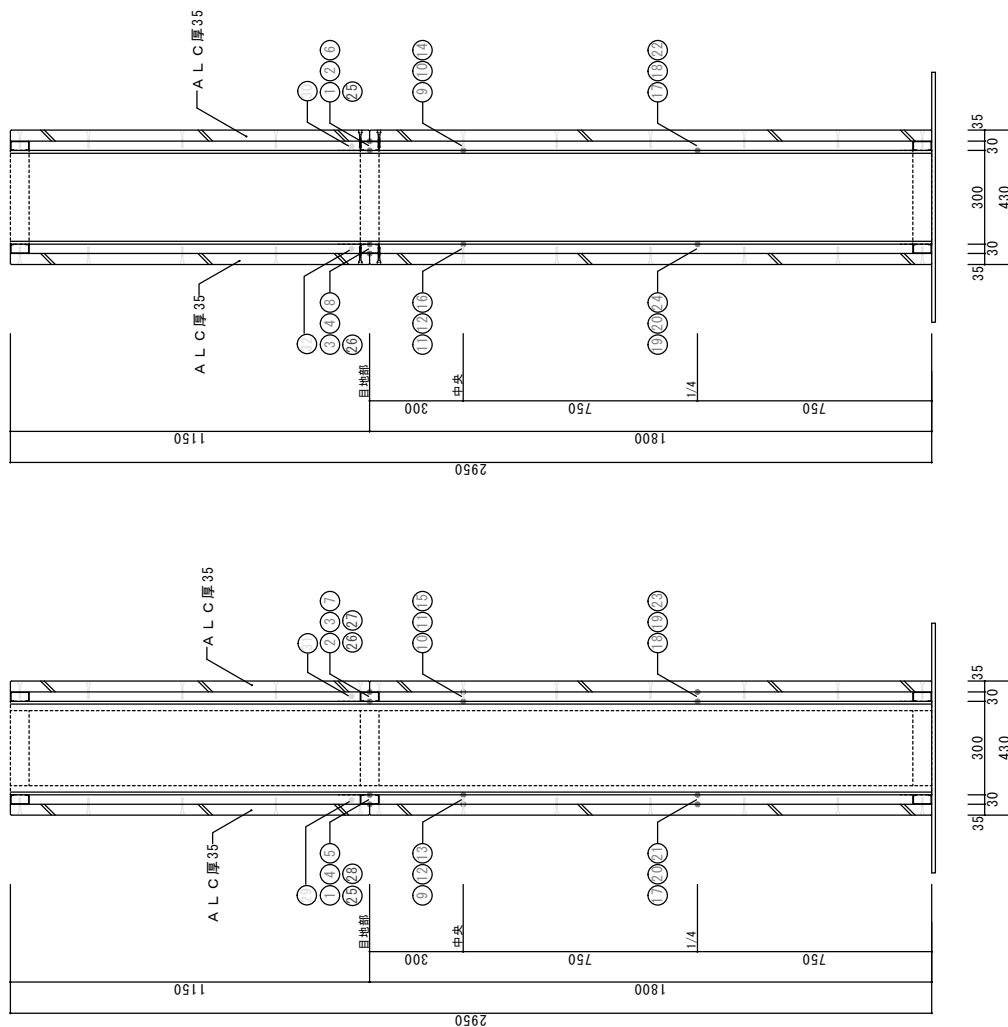
(A L C 厚 35mm 以上)

□ 柱 □-300x300x9



水平断面図 S=1/10

- 凡 例
- : 柱表面温度 ① ~ ⑭
 - : A L C 裏面温度 ⑮ ~ ⑳
 - : 中空層温度 ㉑ ~ ㉒



A-A' 縦断面図 S=1/15

B-B' 縦断面図 S=1/15

(報告書p.付3-21 より)

●温度等測定結果

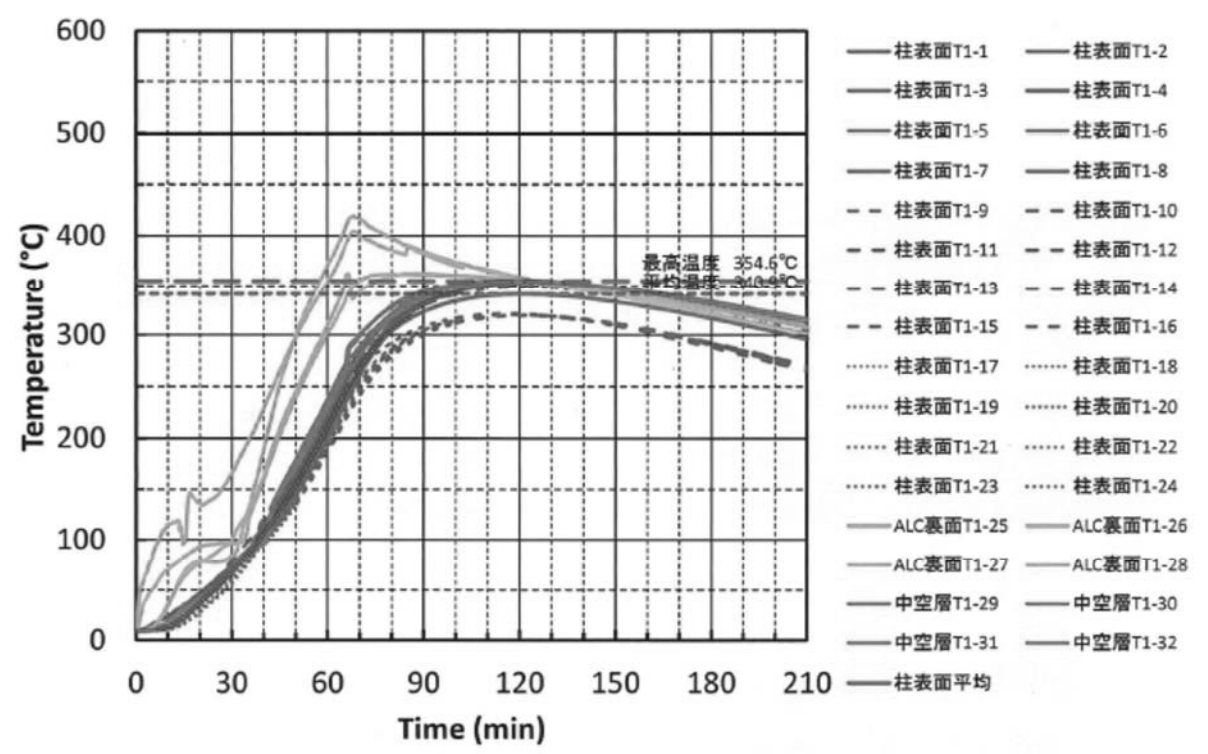


図 3-1-5 温度測定結果 □・300×300×9

(報告書 p. 3-17 より)

2) 「(5)※QF060-FL1」 ※：報告書における番号

●試験体概要

耐火時間 : 準耐火 60 分
試験体番号 : QF060-FL1
構造区分 : 床
下地、荷重支持部 : 木
被覆材とその仕様 : ALC 板 100 mm (メッシュ鉄筋)
支点間 2,000 mm
ALC 目地部 : マルカン、目地鉄筋、モルタル充填
載荷・非載荷 : 載荷
備考 : はり集成材 準耐火 60 分の燃えしろ設計

(報告書 p. 3-2～3-3 「表 3. 2. 1 試験体仕様案」より)

●加熱温度

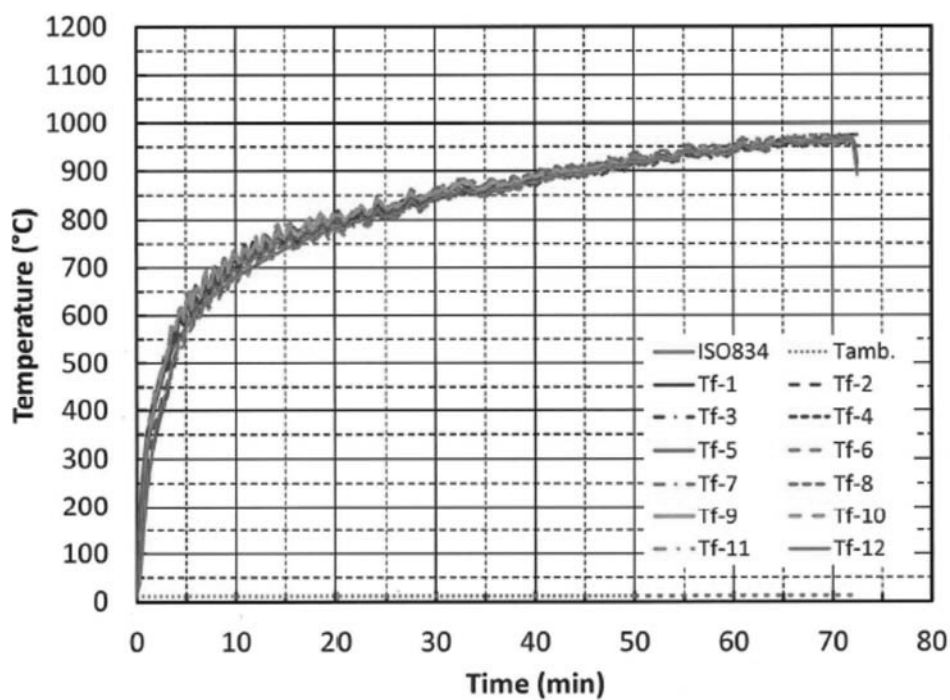


図 3-5-1 加熱温度

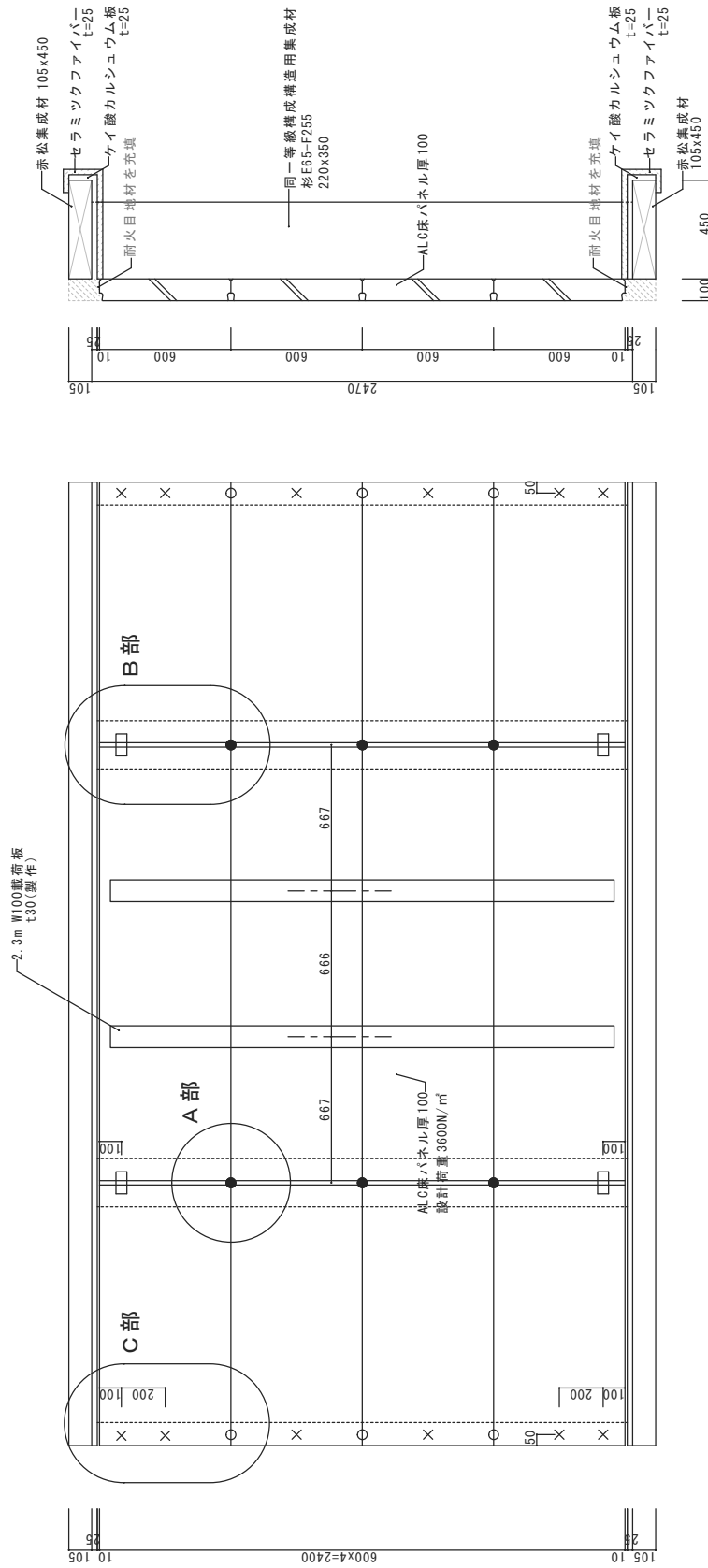
(報告書 p. 3-35 より)

ALC床試験体図

QF060-FL1

■ ALC床 1時間準耐火 (ALC厚100mm以上)

●試験体図

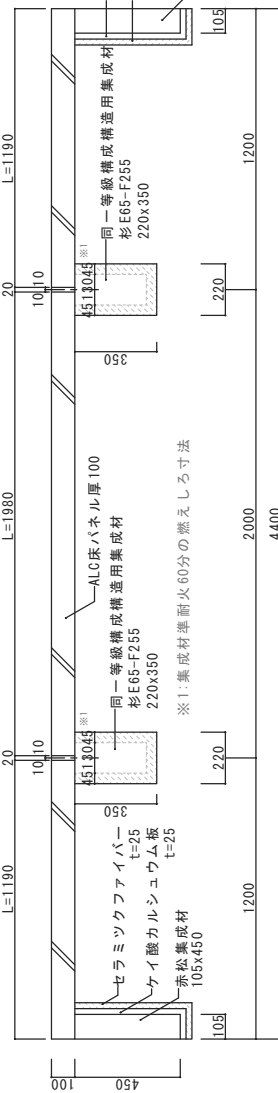


×・・・木ねじ

●・・・ねじ付マルカン+目地鉄筋 長さ1000

○・・・ねじ付マルカン+フック付目地鉄筋 長さ500

□・・・ラグスクリュー+角座金



※1:集成材準耐火60分の燃えしろ寸法

(報告書p. 付3-40 より)

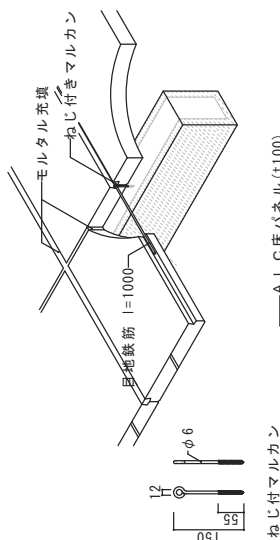
A L C 床試験体図

QF060-FL1

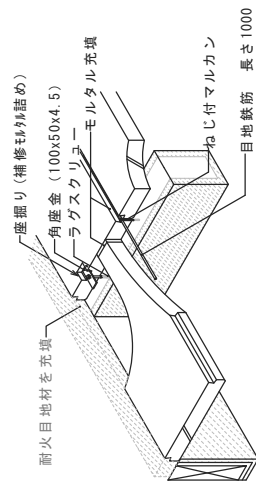
付録 2 耐火関係試験結果
試験 5

■ A L C 床 1 時間準耐火 (A L C 厚 100mm 以上)

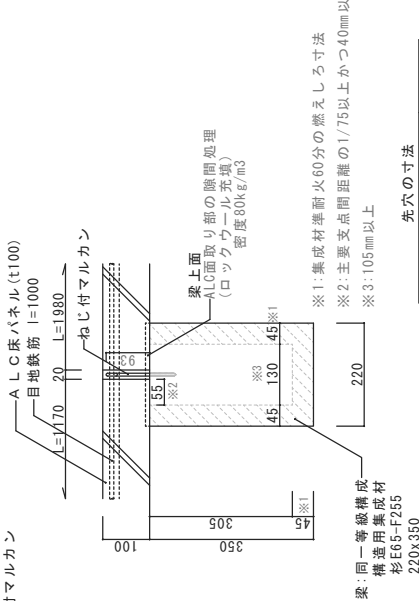
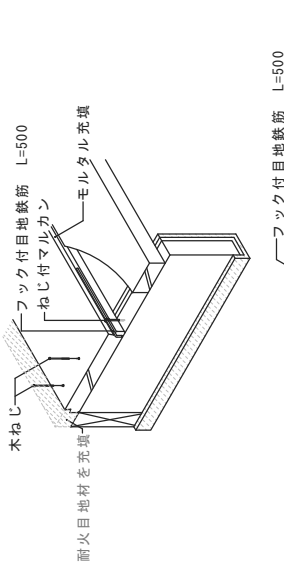
A 部詳細 (一般部)



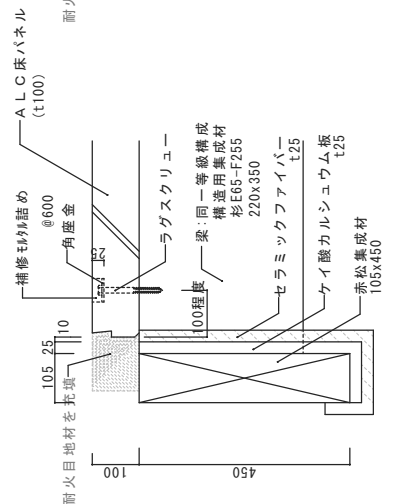
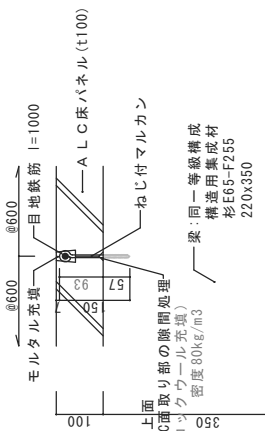
B 部詳細 (長辺端部)



C 部詳細 (短辺端部)



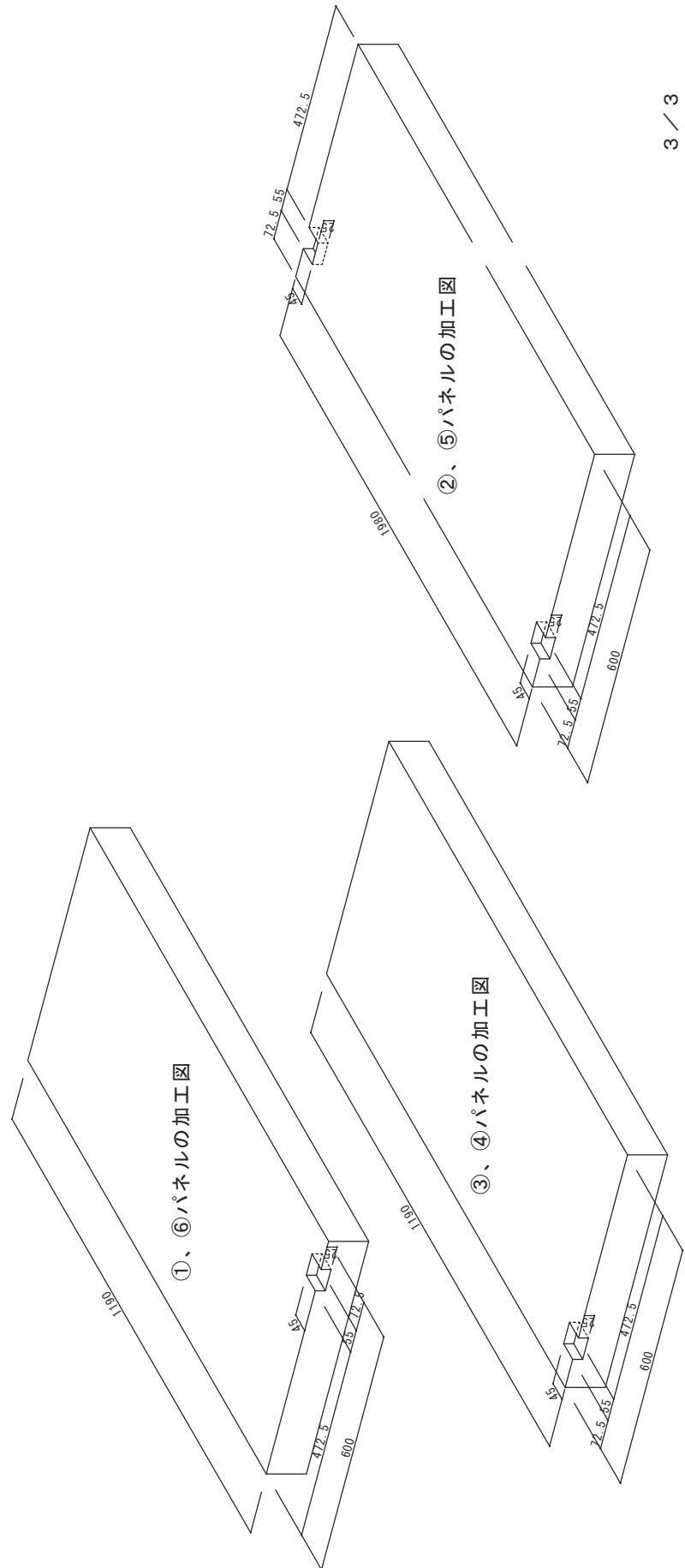
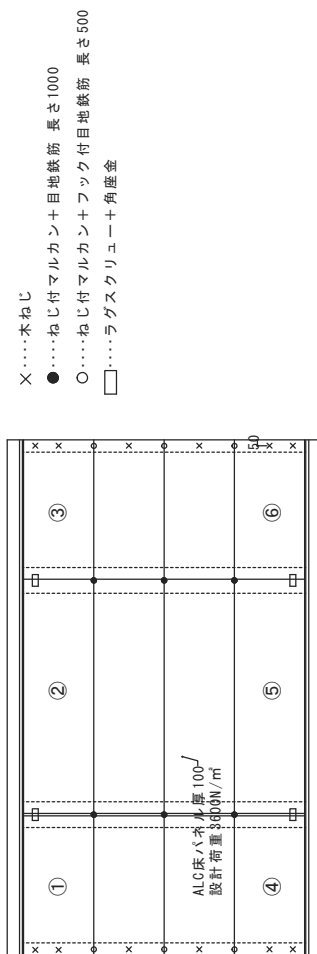
先穴の寸法		
種 類	径	先穴の径
ねじ付マルカン	径 6mm	3mm
ラグスクリュー	径 12mm	8mm



A L C 床試験体図

QF060-FL1

■ ALC床1時間準耐火(ALC厚100mm以上)


$$\begin{array}{c} 3 \\ \diagdown \\ 3 \end{array}$$

(報告書p. 付3-42 より)

●温度等測定結果

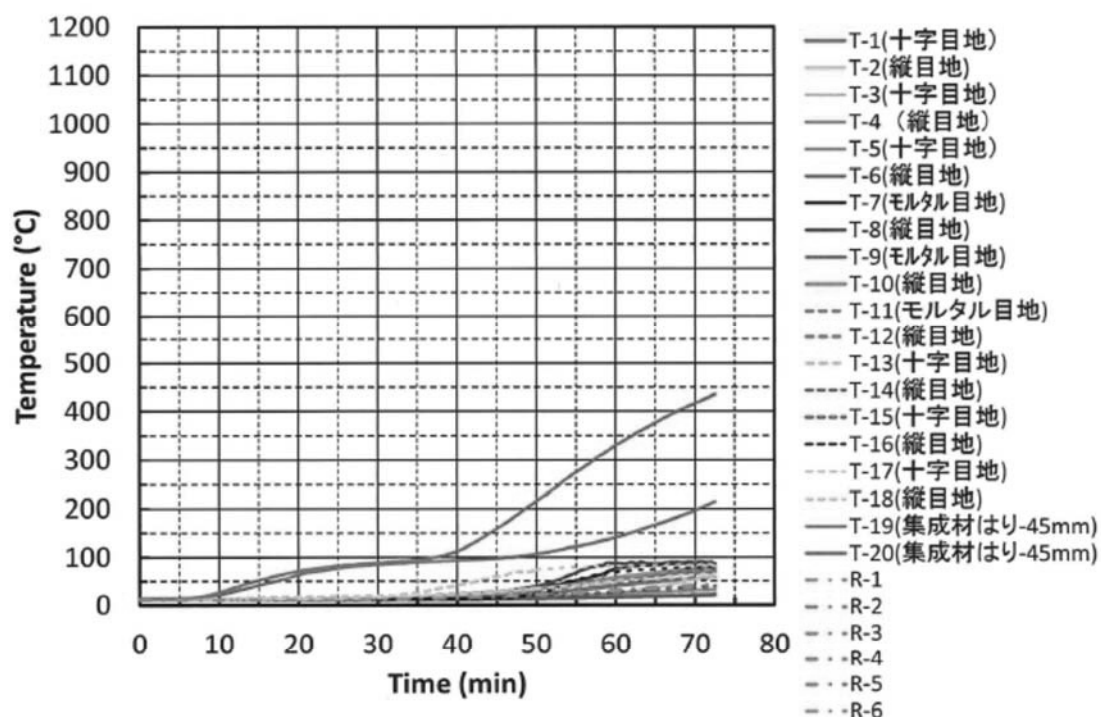


図 3-5-2 ALC 裏面温度およびはり断面内部温度

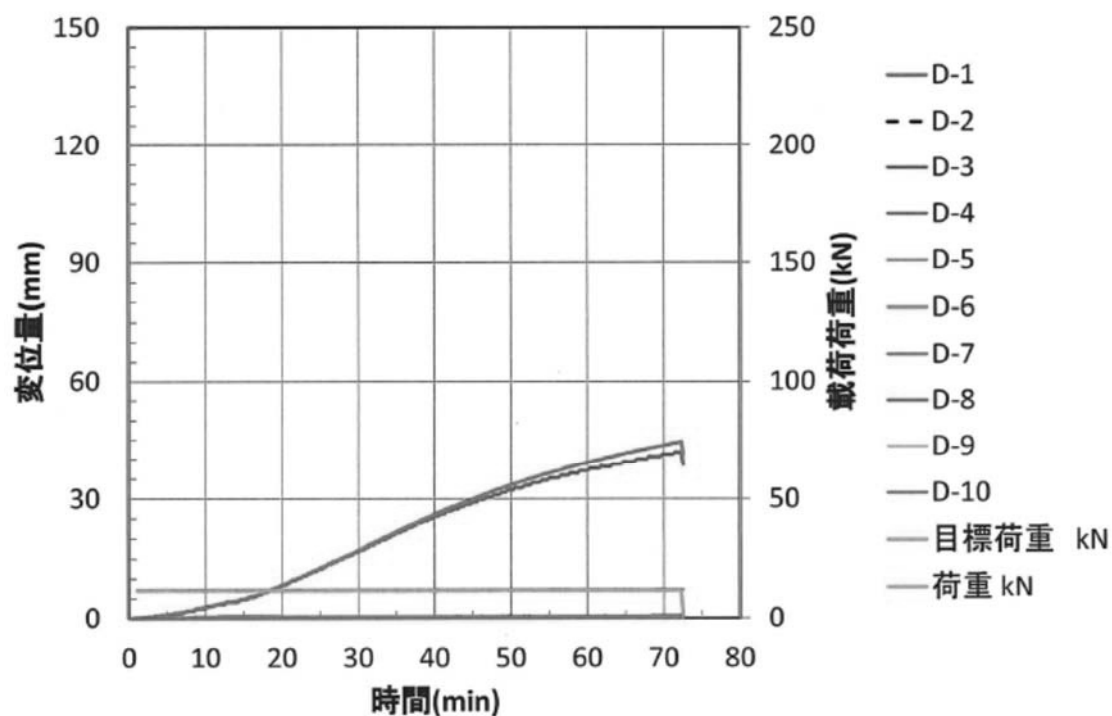


図 3-5-3 変位量と載荷荷重

(報告書 p. 3-36 より)