

木質系部材の耐火構造試験方法に関する研究

(その4) 外壁外部側耐火試験における炉外放置方法の検討

木質系耐火構造	外壁外部側	炉外放置	正会員	稲葉 さとみ 1*	正会員	関 悠平 2*
耐火構造試験	外部火災	火災減衰期	"	長谷見 雄二 3*	"	上川 大輔 4*
			"	安井 昇 5*	"	宮林 正幸 6*
			"	遊佐 秀逸 7*	"	須藤 昌照 7*

1.はじめに

建築基準法における木質系耐火加熱試験では、火災盛期を再現する加熱と、火災終了後を再現する放置を行って必要性能の確認を行う。各性能評価機関では、これを、例えば耐火1時間であれば、ISO834 標準加熱曲線に準拠した1時間加熱のあと、その3倍(3時間)以上炉に装着したまま放置し、炭化の有無や自然消炎などを確認している¹⁾。加熱後の放置は、当該火災で可燃物が燃え尽きた後、消防活動によらずに建物自体が自立する、という建築基準法上の耐火建築物の概念を満たすかどうかを確認するために行われるものである。

現在、放置方法については、加熱時間の3倍以上行うということ以外に明確な規定がない。しかし、既往の実験^{2,3)}では、実火災で生じるとは考え難い現象が放置中の耐火加熱炉内で見られたり、使用する炉によって試験結果が大きく異なるなど、炉の仕様や放置中の条件が試験結果に大きな影響を及ぼすことが分かっている。

また、外壁の耐火加熱試験では、屋内側・屋外側両面加熱に対する耐火性能が要求される。各々に対する火災後の加熱環境は、後述するように、大きく異なるのであるが、現状の試験方法では、両者は全く同じ加熱・放置方法が用いられている。

本研究は、想定される火災環境の再現可能性という視点から、木質系耐火加熱試験での放置方法の改良を目的としているが、本報では、外壁外部側耐火加熱試験の放置方法として、炉外放置方法の妥当性と実現可能性について、実験・検証する。

2.外壁外部側耐火加熱試験における放置方法の提案

外壁外部側で想定される火災は、隣接建物からの延焼・噴出火災、若しくは下階からの噴出火災であるが、耐火構造区画で可燃物消費後は、噴出火災は生じない。また、隣接建物の火災終了後の燻き等から建物外周部材が放射熱を受け続ける場合も、大気に曝されるため、区画火災のように、火災で著しく高温になった部材同士の間で熱のフィードバックが行われることはない。このように、外壁外部材を加熱後も炉内で放置する現在の方法は、実火災終了後と比べ過度に危険側であると考えられる。

ここで、外壁外部側の放置中の状態を実火災終了後により近い状態で再現する最も単純な方法として、加熱終了と同時に試験体を耐火炉から外し、大気中で放置する方法(以降、炉外放置)が考えられる。

3.外壁外部側耐火加熱試験における炉外放置の実験検証

これまでに炉外放置を意識的に行った試験例はなく、炉外放置が試験体に与える影響やその安全性については知見がない。

ここでは、炉外放置の試験方法としての妥当性を検証すべく、以下の実験を行った。

3-1.実験概要

実験は2005年9月26日~10月1日に、財団法人ペタリービング筑波建築試験センター 防耐火実験棟の実大壁炉を用いて行った。

(1) 試験体条件

試験体は以下の3仕様とした。寸法は3200mm 四方。

無機材料試験体(セラミックボード 50mm 厚 + 繊維混入ケイ酸カルシウム板 25mm 厚): 加熱による火災の発生や変性が生じない為、試験体加熱強度や炉内条件等の、試験体によらない条件でのデータ収集

不燃被覆木造試験体(窯業系サイディング 15mm 厚 + ALC35mm 厚 + 構造用合板 9mm 厚、ALC50mm 厚 + 火山性ガラス質複層板 12mm 厚)

木現し試験体(カラマツ集成材 24mm × 5 層=120mm 厚): 木質耐火壁部材として、当面の目標となる仕様を用い、炉外放置が試験体燃焼性状や温度性状に与える影響の確認

(2) 加熱・放置条件

	試験体仕様	加熱/放置時間	放置方法
実験A	無機材料	30/90分	炉外放置
実験B		60/180分	
実験C		60/180分	
実験D	木現し[カラマツ]	30/90分	炉内放置
実験E	無機材料	30/90分	
実験F		60/180分	

試験体は、耐火炉正面に設置されたレール上の装置に装着し、これを耐火炉方向に移動して、抑えを取り付けて設置した。脱炉は、加熱終了後に抑えを外し、レール上の装置を後退させて炉から試験体を取り外し、試験体に正対する炉壁から2000mmの位置で放置した。加熱終了後は、高温や試験体の炎上が生じる可能性があるため、脱炉開始時間は、安全性を考慮し、試験体の燃焼状況を見て適宜判断した。実験は全て非載荷で行った。

(3) 測定項目

試験体温度(K(CA)熱電対) 炉壁表面温度(シース型熱電対) 炉内空気温度(シース型熱電対:試験体加熱面から100mm) 試験体表面入射熱流束(水冷式ガードン型熱流計:試験体中央部に埋め込む) 測定間隔は30秒。ビデオ、熱映像、カメラ等。

3-2.実験結果

(1) 加熱終了後の脱炉: 不燃性試験体は、加熱終了と同時に脱炉準備等の操作を開始したが、前述の操作のため、脱炉まで

に加熱終了から5分程度を要した。木現し試験体は、目視による火炎消失確認後（放置開始から30分後）に脱炉した。

(2) 炉内温度：グラフ1(実験A,D)から、炉内平均温度は試験体によらず脱炉後7~8分で約100まで急速に低下した。

(3) 炉壁温度：グラフ3から、脱炉後は炉壁温度降下が早く、放射による試験体加熱環境が緩和されている。また、グラフ5では、実験B,Cが放置中もほぼ同じ曲線を描いており、炉外放置では、試験体が燃焼しなければ炉壁温度推移は変わらないことが分かる。

(4) 試験体入射熱流束：グラフ4,6では、無機材料試験体の加熱中入射熱はほぼ等しい。一方、実験C,Dの入射熱は無機材料試験体と比較して、加熱終了時点で30~50kW/m²程小さい。これは、実験Dでは、試験体表面温度の上昇(グラフ2)による熱のフィードバックによる放射と、燃焼に伴う炉内温度上昇、実験Cでは、試験体内部の断熱材により耐火炉内からの熱損失が減少することから、ISO834による温度制御では、炉内発熱が減少して、入射熱が小さくなったと考えられる。また、グラフ4(実験D)から、試験体が燃焼すると加熱中の試験体入射熱は減少するが、加熱終了後も、燃焼が続く限り入射熱は減衰しないことがわかる。

4. 炉外放置方法の評価

性能評価試験は、評価対象が想定する火災外力を危険側で再現する必要があり、放置方法に関してもこれを満たさなければならない。そこで、実火災で最も危険側と想定される状態と耐火加熱炉内での試験体の加熱条件とを比較し、これを検証する。

外壁外部側の加熱源として想定されるのは、隣接建物からの放射熱であるが、火災終了後の隣接建物は、自立しているか崩壊している。前者の場合は耐火建築物であり、火災終了後の放射熱は火災盛期をピークに著しく減少する。一方、後者の場合は、建物が崩壊した後も、木造であれば熾火状態で発熱し続ける状態が考えられ、この時が当該部分への加熱条件が最も厳しくなると考えられる。

木造建築物が崩壊した後に近隣建物が受ける放射熱量を、

JIS A 1301 級加熱曲線から評価する。これは、木造家屋火災の建物内温度変化を標準化したもの⁴⁾で、対隣壁面温度はこれより小さくなるが、危険側としてこれを参照すると、9.5分(1100)で火災盛期を迎え、その後建物は崩壊し温度が低下する。30分の時点で火災は終了していないが、これ以降温度は低下し続けると考えられるため、30分時点火災終了時の温度であると仮定する。ここで、隣接建物が例えば10m×10mの範囲で崩壊し熾火状態であったとすると、当該建物の高さが3mであれば、火災終了時、つまり放置開始の状態、外壁面は平均0.91kW/m²の加熱を受けることになる。

これと実験結果の放置開始時の入射熱とを比較すると、耐火加熱試験での炉外放置開始時が、想定される実火災と比較し大きく危険側を再現していることがわかる。その後も加熱源は減衰していくと考えられ、放置終了に至るまで耐火加熱試験が危険側を再現し得ると考えられる。

5. まとめ

・炉外放置方法の妥当性

炉外放置は、実火災終了後をやや危険側で再現し得る事が確認できた。また、加熱終了後の脱炉には、無機材料試験体で作業時間を5分程度要した。

・熱収支機構について

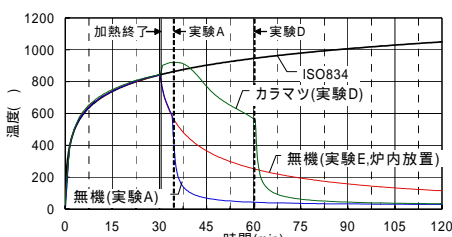
試験体への加熱中入射熱は、試験体の物性が大きく影響する。また、炉外放置では、燃焼しない試験体であれば、放置中の炉壁・試験体表面入射熱量等の熱収支はほぼ変わらない。

【謝辞】

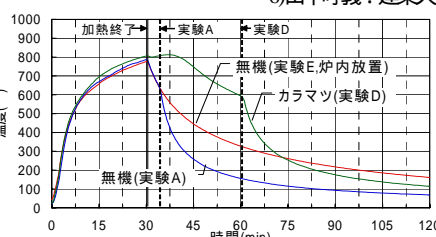
本研究を遂行するにあたり、(社)日本ソーパフォー建築協会、(社)日本木造住宅産業協会、(株)秋田ブルーラム、長谷見研究室研究班の皆様には甚大な御協力と御助言を頂きました。記して謝意を表します。

【参考文献】

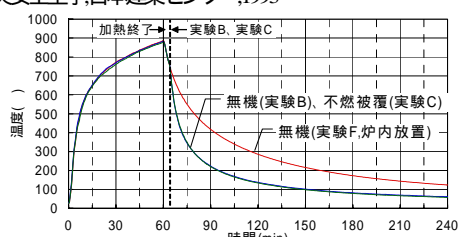
- 1) 各性能評価機関耐火性能評価試験業務方法書
- 2) 関修平、稲葉さとみ、長谷見雄二他：耐火加熱炉内における熱収支モデルの提案(その1)、日本建築学会関東支部研究報告集2004
- 3) 稲葉さとみ、関修平、長谷見雄二他：耐火加熱炉内における熱収支モデルの提案(その2)、日本建築学会関東支部研究報告集2004
- 4) 内田祥文：建築と火災相模書房、1942
- 5) 日本火災学会：火災便覧、共立出版株式会社、1997
- 6) 田中孝義：建築火災安全工学、日本建築センター、1993



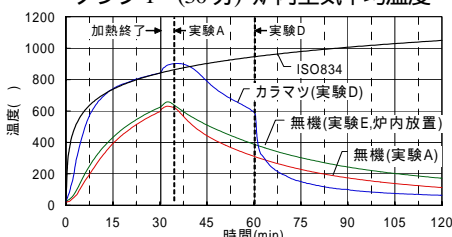
グラフ1 (30分) 炉内空気平均温度



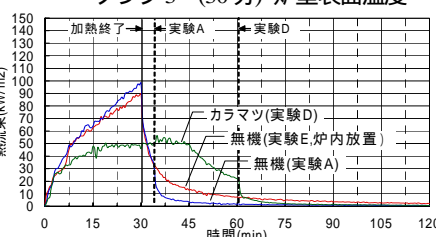
グラフ3 (30分) 炉壁表面温度



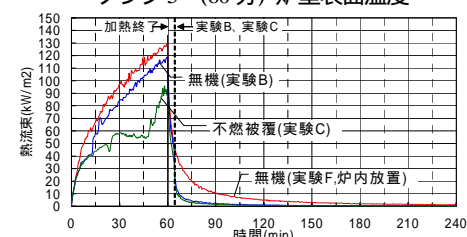
グラフ5 (60分) 炉壁表面温度



グラフ2 (30分) 試験体表面温度



グラフ4 (30分) 試験体入射熱流束



グラフ6 (60分) 試験体入射熱流束

*1 早稲田大学大学院建築学専攻
 *2 (株)日建設計(当時、早稲田大学大学院建築学専攻)
 *3 早稲田大学理工学術院教授、工博
 *4 早稲田大学理工学術院助手、博士(工学)
 *5 早稲田大学理工総研客員研究員、博士(工学)
 *6 (有)ティー・コンサルティング 一級建築士事務所
 *7 (財)パター・リソング 筑波建築試験センター

*1 Graduate School of Waseda Univ.
 *2 Nikken Sekkei LTD. (Graduate School of Waseda Univ.)
 *3 Prof., Waseda Univ., Dr.Eng
 *4 Research Associate, Department of Architecture, Waseda Univ., Dr.Eng
 *5 Visiting Reseacher, Rise Waseda Univ., Dr.Eng
 *6 T.E.Consulting Inc.
 *7 Tsukuba Building Test Lab., The Center for Better Living