

耐火炉の性能を測るラウンドロビン試験報告

その1 研究目的と日米耐火試験方法比較

正会員 ○高田峰幸*¹ 遊佐秀逸*² 阪口明弘*³ 西田一郎*⁴ 内川恒知*⁴ 水上点睛*²

耐火炉 耐火試験 石膏ボード

1. はじめに

現在の防火設計の主流として、第一に挙げられるのは、火災をある一定の範囲に閉じ込めようとする区画化策の導入である。区画構成部材である壁や床などに延焼の抑制、避難経路の安全性確保を求めため、必要とされる非損傷性、遮熱性、遮炎性の3つの性能を耐火性能試験により確認している。その試験・評価方法に関しては、各指定性能評価機関において業務方法書が制定され、それを国土交通大臣が認証する形で運用されている。また、試験体の製作、試験時の気象条件等の不確かさを考慮して、2回の試験により再現性を確認している。しかしながら、これまで試験機関間における再現性の確認は行われておらず、設備又は職員の熟練度等に由来する試験結果のばらつきに関する検証は行われてこなかった。本研究では、より信頼性の高い試験実施に向けて、垂直加熱炉の特性について明らかにすべく、壁の仕様でラウンドロビン試験を実施し、得られた知見を報告する。

参考までに、業務方法書における壁を加熱する場合の試験装置(加熱炉)について、次に示す。

- (1) 加熱炉は、図2に示す標準加熱曲線(ISO)の温度時間変化を、試験面の全面にほぼ一様に与えられるようなものとする。
- (2) 加熱炉は、試験体の片面を加熱できる構造のものとする。
- (3) 炉内温度を測定するための熱電対の熱接点は9個以上、試験面に均等に配置し、試験体から100mm離れた位置に設置する。
- (4) 耐力壁を加熱する場合には、荷重を再現できる加力装置を備えているものとする。
- (5) 加熱炉は、炉内圧力を測定する装置を備えているものとする。

このラウンドロビン試験では、米国が主導となって試験方法が異なる日米加英の各試験機関が参加を表明した。なお、参加試験機関は次のとおりである。

Southwest Research Institute, TX

Intertek Testing Services, WI

NGC Testing, NY

Underwriters Laboratories Inc., IL

National Research Council of Canada, Ottawa

Western Fire Center, WA

USG, IL

Warrington, UK

(財) ベターリビング

(財) 日本建築総合試験所

(財) 建材試験センター

(財) 日本住宅・木材技術センター



図1 参加試験機関の所在地

2. 試験材料の調達

加熱炉の特性を明らかにするという性格上、加熱炉以外の要素においては、できる限りの不確かさを排除するよう配慮するため、試験体に供した石膏ボード、スチールスタッド等は、米国で試験を実施したときと同じ材料を、米国から船便で取り寄せた。

3. ASTM E119 とは

ラウンドロビン試験では、米国基準の ASTM E119 (以下、「ASTM」という。)を採用した。日米の試験方法の違いについて特筆すべき事項を次に示す。

試験体の数は、日本では試験の再現性を考慮して2体であるのに対し、ASTMでは、炉の特性、境界条件、製作過程などにおける不確かさに試験結果が影響されると前置きした上で、1体のみである。

試験体の製作は、日本では主に申請者が依頼した作業員（試験体製作会社を含む）が行っているのに対し、米国では試験所内で職員の監視の下、試験所に雇用されている職人により行われており、製作過程の不確かさをできる限り排除しようとする意図が見える。

加熱温度の制御は、日本では ISO 標準加熱曲線を採用しているのに対し、ASTM ではそれと似通った加熱曲線を採用している。この曲線は、ISO 標準加熱曲線に対して、僅かに初期に高い温度を、30 分過ぎより低い温度を示す。

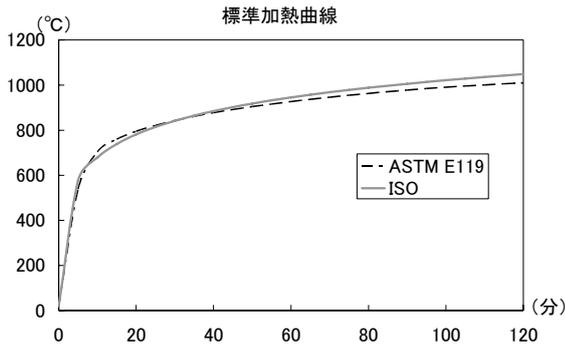


図2 標準加熱曲線の比較

加熱温度測定には、日本では K 型シース熱電対&先端開放の直管の組み合わせに対し、ASTM では時定数が 5.0~7.2 秒となるように、先端よじりの K 型熱電対&先端封じの保護管の組み合わせを使用する。

裏面温度測定には、日本では K 型熱電対のディスク+に耐火繊維パッド (小) の組み合わせに対し、ASTM では K 型熱電対 (φ 1.02mm) +耐火繊維パッド (152 ± 3mm) の組み合わせを使用する。

試験時間は、日本の耐火構造では、要求耐火時間に等しい時間の加熱が終了してから、要求耐火時間の 3 倍の時間又は試験開始から要求耐火時間の 1.2 倍の時間までを試験時間としているのに対し、ASTM では、要求性能に達するか、又は不合格となった時点で加熱終了と共に試験終了としており、加熱終了後の経過観察 (後追い) は行わない。しかし、1 時間以上の耐火性能が求められる壁に対しては、加熱終了直後、放水による衝撃・侵食・冷却効果の影響を評価する試験 (ホースストリーム試験) が付加されている。

なお、遮熱性、遮炎性の判定基準には日米に大きな差異はなく、ASTM では以下のいずれかの状況に達したときに不合格と判定する。

- (1) 非加熱側の温度が、初期温度より 181°C 上昇した時
- (2) 非加熱側の温度の平均値が、初期温度より 139°C 上昇した時

- (3) クラックが生じ、火種を着火させるに十分な熱の放射が見られた時

4. ラウンドロビン試験に際して

加熱温度測定については、制御を ASTM 指定の組み合わせで行い、その応答の違いについて考察するため、ISO 指定のプレート熱電対、日本の試験方法で用いるシース熱電対+直管を 2 本ずつ追加した。

また、裏面温度測定についても ASTM に準拠するものの、日本の試験方法で用いる裏面温度の測定も K 型熱電対のディスク (有・無) +耐火繊維パッド (大・小) の組み合わせについても追加した。

試験時間については、不合格となった時点から 1 時間延長して加熱した後、2 時間自然冷却させた。



写真1 加熱側熱電対(上から日本,ISO,ASTM 方式)

5. まとめ

日米の耐火試験方法を比較すると、標準加熱曲線や判定基準などに大きな差が認められなかった反面、試験における不確かさや火災に対する設計理念の違い等が垣間見られた。例えば、試験体の不確かさ性について、日本では繰り返し試験による再現性の確認を持って、炉の特性や境界条件も含めた不確かさ性の影響を判断していることに対して、米国では試験体の製作過程において試験前に不確かさを排除しようとしている。さらに加熱終了後に行う日本の試験方法の後追いと ASTM のホースストリーム試験の違いは、日本では区画内の可燃物が燃え尽きても倒壊せず、さらに再使用できることが望ましいといった構造耐火を優位性を置き、米国では火災を閉じ込めようとする防火区画に優位性を置いているものと思われる。

【参考文献】

川越邦夫, ビルの防火設計, 火災誌 Vol.27 No.4(109)

*1 日本住宅・木材技術センター *2 ベターリビング
*3 日本建築総合試験所 *4 建材試験センター

*1 Japan Housing and Wood Technology Center
*2 The Centre for Better Living
*3 General Building Research Corporation of Japan
*4 Japan Testing Center for Construction Materials