

# 防火設備の枠部分における遮熱性評価方法に関する実験的検討 —裏面温度と離隔温度の関係—

試験研究センター 耐火部 耐火構造試験室 岸 仁志・四元 順也・豊田 康二

## 1. はじめに

本研究は今年度新たに制定された「防火設備の遮熱・準遮熱性能試験方法」の検討にあたり2021年度に実施したものです。<sup>1)</sup>

耐火建築物の外壁の開口部に用いられる防火設備や防火区画に用いられる特定防火設備には遮炎性が要求されます。一方、2022年6月に改正された建築基準法第21条第2項に規定される大規模建築物の壁等に用いられる防火設備は、火災継続予測時間およびその後の放冷時間において、遮炎性に加えて遮熱性が要求されます。防火設備の性能評価は防耐火性能試験・評価業務方法書<sup>2)</sup>(以下、業務方法書)に基づき行われていますが、これまでは遮炎性の判定のみであり、遮熱性の判定方法は定められていませんでした。

防火設備の枠部分は枠材自体が熱橋となるため、その非加熱側見付け面の高温化は避けがたく、通常の外壁や間仕切り壁等と同様に裏面温度を測定し遮熱性を判定すると、枠部分において判定値(最高裏面温度上昇180K)を満足することは困難です。しかしながら、枠部分の見付け面積は開口部全体の面積に比べて小さく、枠部分が高温になった場合においても扉から一定の離隔位置における温度(以下、離隔温度)が可燃物燃焼温度に達さなければ、延焼防止および避難・消火活動の安全性を担保できると考えられます。さらに、ISO3008-1<sup>3)</sup>においてドアとシャッターの遮熱性評価方法が記されており、枠部分以外の判定値は業務方法書と同一であるのに対し、枠部分の判定値は360Kとなっており、高温化が想定される枠部分について判定値が緩和されています。

本研究では、離隔温度を枠部分における遮熱性判定に代用する可能性を検討するための基礎データ取得を目的として、防火設備の枠部分を模擬した試験体を用いた加熱実験を実施しました。

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体

実験変数を表-1、試験体および測定位置を図-1、実験状況を写真-1に示します。試験体はリップ溝形鋼フレームおよび防火設備の上枠部分を模擬した角形鋼管(以下、枠材)で構成されたW1300mm×H1000mmの壁形状です。試験体仕様は、放射率と形態係数に影響を及ぼす要因として、枠材の表面仕上げ(研磨、黒体塗料)と見付け幅(75mm、25mm)をパラメータとした3仕様(P75、B75、B25)としました。試験体の非加熱側は枠材の見付け部以外からの放熱を防ぐために

AESブランケットを充填し、加熱側は枠材以外をAESブランケットおよび石膏ボードで被覆しました。

### 2.2 測定項目・測定方法

測定項目は、裏面温度、雰囲気温度および離隔温度としました。裏面温度は枠材の非加熱側の3点、離隔温度は枠材の長さ方向中央において1点で測定しました。離隔距離は仕様毎に30mmまたは50mmとし、離隔温度測定にはディスク熱電対を使用しました。ディスク熱電対は文献<sup>4)</sup>を参考にディスク表面に黒体塗料を塗布し、裏側には放熱を防止するための30mm角のAESボードを挟みました(写真-2)。雰囲気温度は離隔温度測定位置と枠材の間に熱電対を設置し50mm間隔で4点測定しました。

表-1 実験変数・離隔温度測定結果

試験体記号	表面仕上げ	幅[b](mm)	離隔距離(mm)	△Ts=360K時の離隔温度上昇(K)
P75-50	研磨(P)	75	50	99
P75-30			30	166
B75-50	黒体塗料(B)	75	50	174
B75-30			30	210
B25-50	黒体塗料(B)	25	50	107
B25-30			30	152

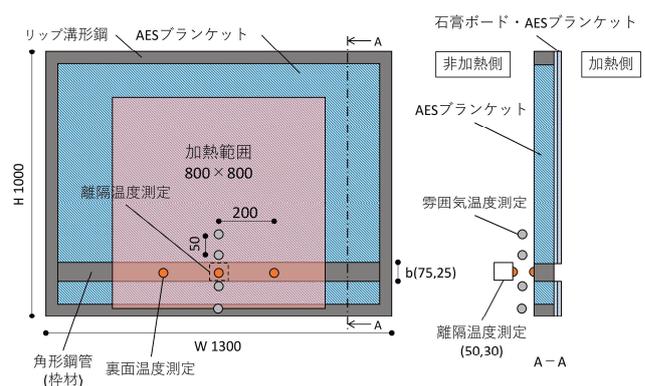


図-1 試験体および測定位置(寸法単位: mm)



写真-1 実験状況



写真-2 ディスク熱電対

## 2.3 加熱方法

加熱は、加熱範囲800mm角のガス加熱炉を用い(写真-1)、炉内の昇温速度は概ね20℃/分としました。各温度の時間推移の一例としてB75-50の結果を図-2に示します。いずれの試験体においても加熱中における雰囲気温度は20℃～65℃程度でした。

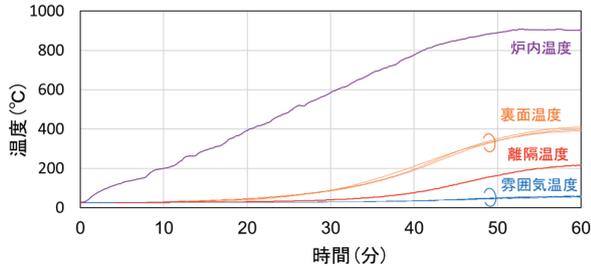


図-2 各温度の時間推移の結果(B75-50)

## 3. 実験結果

図-3に裏面温度上昇と離隔温度上昇の関係を示します。なお、図中には、温度上昇の定性的な傾向を考察するため、式(1)による計算値を破線で併記します。これは、ディスク熱電対温度が瞬時に定常状態となることを仮定した熱収支式に基づく計算値です。なお、図-3に示す裏面温度上昇は3点の平均値です。

$$F_{D,S}\varepsilon_S\varepsilon_D\sigma(T_S^4 - T_D^4) + F_{D,A}\varepsilon_A\varepsilon_D\sigma(T_A^4 - T_D^4) + h(T_A - T_D) = 0 \quad (1)$$

$T_S$ : 裏面温度[K]  $T_D$ : 離隔温度[K]  $T_A$ : 雰囲気温度(293K,一定)  
 $F$ : 形態係数  $\varepsilon_S$ : 枠材の放射率(研磨:0.3, 黒体:0.94)  
 $\varepsilon_D$ : ディスク熱電対の放射率(0.94)  $\varepsilon_A$ : 周辺空気の放射率(1.0)  
 $\sigma$ : ステファンボルツマン定数( $5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2\text{K}^4$ )  $h$ : 対流熱伝達率( $6.4 \text{W/m}^2\text{K}$ )

一般的に、裏面温度上昇に対する離隔温度上昇は計算値より実測値の方が小さい結果となりました。これは、式(1)ではディスク熱電対およびAESボードの熱容量を考慮していないためと考えられます。なお、グラフに掲載していないP75-30およびB25-30についても同様の傾向でした。図-3(a)は表面仕上げによる違いを示しており、放射率の高い黒体塗料に比べ放射率の低い研磨の方が離隔温度上昇は小さい結果となりました。研磨は裏面温度上昇350K付近から離隔温度上昇が大きくなり、400K付近では計算値を超える結果となりました。

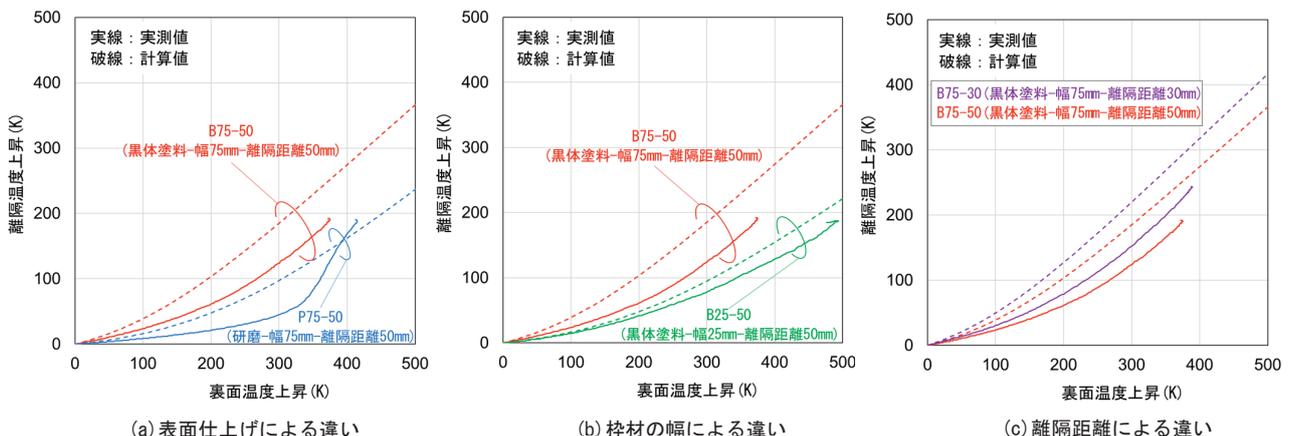


図-3 裏面温度と離隔温度の関係

これは、枠材が酸化により黒く変色したことで放射率が上昇し、離隔温度上昇が大きくなったためと考えられます。図-3(b)は枠材の幅による違いを示しており、幅の広い75mmよりも幅の狭い25mmの方が形態係数が小さいため離隔温度上昇は小さい結果となりました。図-3(c)は離隔距離による違いを示しており、離隔距離30mmよりも50mmの方が形態係数が小さいため離隔温度上昇は小さい結果となりました。

裏面温度上昇360K時の離隔温度上昇の結果を表-1に追記します。B75-50(黒体塗料-幅75mm-離隔距離50mm)の仕様では、裏面温度上昇がISO3008-1における枠部分の判定値である360Kのとき、離隔温度上昇は可燃物燃焼温度相当である180K程度となりました。

## 4. まとめ

防火設備の上枠部分を模擬した試験体の加熱実験を実施し、以下の知見が得られました。

- ・表面仕上げ(放射率)の違いにより離隔温度上昇に差が生じました。よって、安全側に評価するには、遮熱性の観点では、仕様の中で最も放射率が高い表面仕上げを試験体として選定することが望ましいといえます。
- ・黒体塗料を塗布した枠幅75mmの試験体は、離隔距離50mmにおいて、裏面温度上昇がISO3008-1における枠部分の判定値である360Kのとき、離隔温度上昇が可燃物燃焼温度相当である180K程度となりました。

## 【参考文献】

- 1) 岸仁志, 四元順也, 豊田康二: 防火設備の枠部分における遮熱性評価方法に関する実験的検討 - 裏面温度と離隔温度の関係 -, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.95-96, 2022.7
- 2) (一財)日本建築総合試験所: 防耐火性能試験・評価業務方法書
- 3) ISO3008-1 Fire resistance tests -Door and shutter assemblies
- 4) 鈴木淳一, 成瀬友宏, 水上点晴, 小國勝男: けい酸カルシウム板被覆の特定防火設備の加熱実験, 日本建築仕上学会2018年大会学術講演会