

## 防耐火構造の比較試験および性能評価の合理化に関する研究

## (その3) 材料単体の遮熱性及び高温時収縮性同時測定試験

正会員 ○野中 峻平\*<sup>1</sup> 同 豊田 康二\*<sup>3</sup>  
同 水上 点晴\*<sup>2</sup> 同 福田 俊之\*<sup>4</sup>

耐火試験 小型炉 遮熱性  
漏気量

## 1. はじめに

通常の耐火試験においては、加熱による亀裂やひび割れ等力学的な変質や温度上昇が及ぼす影響を確認するため、試験体は実際の大きさかつ複数の材料により構成された部材単位で試験に供する。一方、試験体製作及び試験実施上の経済性及び火災安全設計における試験データの活用の観点から試験体規模の縮小化及び材料単体での耐火性能の把握が望まれている。小規模試験や材料試験で現行の耐火試験をすぐに代替することは難しいが、本報では、構成材料にバリエーションを有する際の優劣・同等性の判定に用いる性能比較手法の開発を行い、実際に2種の強化せっこうボードに対し比較試験を実施した。

## 2. 測定項目

耐火性能の指標として、遮熱性はもちろん、加熱による収縮や亀裂の程度を定量化することができれば耐火性能の優劣・同等性を評価することができる。そこで本研究は、遮熱性として試験体の一般部に加え、試験体に設けた切断面突付け（施工誤差による測定結果のばらつき防止のため、真物端部の突付けは許容しない）による目地部の裏面温度の測定を行う。加熱時の裏面温度測定用熱電対の断線等を考慮して、各部位において最低2点以上熱電対を設置し、各測定結果はその平均より算出することとする。高温時収縮性については、加熱による目地部の開きや一般部の亀裂を、その部分から漏れる気体の流量、すなわち漏気量の測定により定量化する。

## 3. 試験方法

加熱は小型炉により ISO834-1 に準拠して行い、炉内温度計測用として熱電対を最低1点設置する。また試験体の非加熱側には、小型炉の加熱範囲を覆うことができる大きさの小型チャンバーを設置する。定置式複合ピトー管センサを小型チャンバーに取り付けることにより、全圧と静圧の差圧から流入する気体の流量に換算し、測定する。測定試験装置の概要を図-1に示し、差圧（動圧）による漏気量への換算式を式-1で表す。

なお、加熱は目地部及び一般部の裏面温度が遮熱制限値である 140k の温度上昇に達するまで行うこととする。また、漏気量の測定に炉内圧力が大きく影響することが予備実験により明らかとなったため<sup>(1)</sup>、性能比較においては同一の小型炉による相対評価が望ましい。

$$Q = 3600 \times A \times \alpha \times \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot P_v} \quad \rho = \rho_n \cdot \frac{T_n}{T}$$

$Q$ : 漏気量 (m<sup>3</sup>/h)

$A$ : 管路 (エアロアイ) の断面積 (m<sup>2</sup>)

$P_v$ : エアロアイで計測した動圧 (Pa)

$n$ : 標準状態における空気密度 (1.293kg/m<sup>3</sup>)

$T_n$ : 標準状態における絶対温度 (K)

$T$ : エアロアイへ流入する気体の絶対温度 (K)

式-1 漏気量算定式

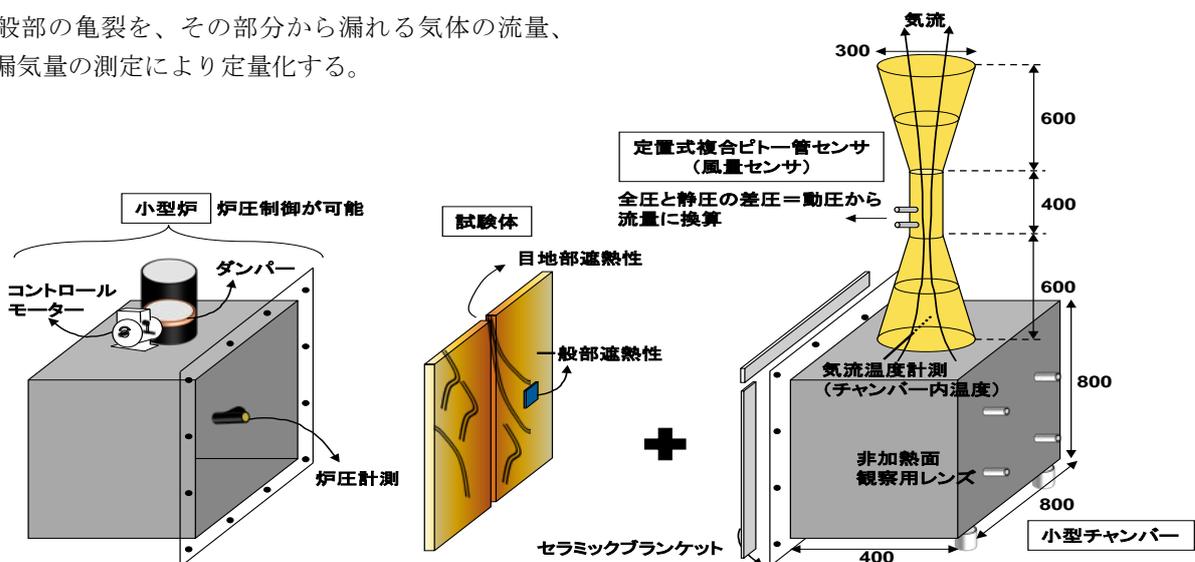


図-1 小型炉を用いた遮熱性及び高温時収縮性同時測定試験の概要

#### 4. 試験結果とその考察

材料単体の遮熱性及び高温時収縮性試験を、JIS 規格により製造管理され、かつ同種別の材料である強化せっこうボードと防水防かび強化せっこうボード (GB-F-S-MR) を対象として実施した (図中、それぞれ強化、防水と省略する)。各材料で厚み毎の耐火性能を把握するため、15mm 及び 21mm の各ボードの厚みごとに 2 体ずつ (それぞれ A,B とする) 加熱を行った。また、遮熱性については遮熱制限値到達時間 (140k) を、高温時収縮性については所定の漏気量 (本試験では 20m<sup>3</sup>/h) 到達時間の計測を行っている。試験結果を図-2~7 に示し、表-1 及び 2 に各厚みの結果をまとめた。

遮熱性においてボードの種別ごとで比較を行うと、防水防かび強化せっこうボードの方が遮熱制限値到達までの時間が長い、すなわち遮熱性が高く耐火性能に優れているという結果となった。一方、高温時収縮性を示す所定漏気量到達時間 (長いほど収縮性が低い、すなわち耐火性能が優れている) についてはボード厚 15mm では強化せっこうボードの方が長く、ボード厚 21mm では防水防かび強化せっこうボードの方が長い結果となり、優劣が分かれた。また、変動係数 (平均値に対する標準偏差の割合) はばらつきの程度の指標であり、この値は概ね N=20 体の遮熱性ばらつき測定結果の範囲内であることから、本試験のばらつきは比較的小さいことがわかる。ボード

厚ごとに比べると、変動係数の序列は同じ傾向にあるが、その数値はボード厚 21mm の方が大きく厚みの違いで異なることが明らかとなった。ボード厚 21mm での所定漏気量到達時間の変動係数が特に大きい。漏気量は目地部性状に大きく依存しかつ、所定漏気量到達時は目地部が高温域に達しており、高温時の目地部性状はばらつきが生じやすいことが要因であると考えられる。

表-1 ボード厚 15mm 試験結果

t=15mm		平均値	標準偏差	変動係数 (%)
遮熱性	目地部140K上昇時間	17.64	0.77	4.4
	一般部140K上昇時間	22.19	0.57	2.6
高温時収縮性	漏気量20m <sup>3</sup> /h到達時間	30.58	1.51	4.9

表-2 ボード厚 21mm 試験結果

t=21mm		平均値	標準偏差	変動係数 (%)
遮熱性	目地部140K上昇時間	28.46	1.95	6.9
	一般部140K上昇時間	36.19	1.36	3.8
高温時収縮性	漏気量20m <sup>3</sup> /h到達時間	50.70	6.66	13.1

#### 5. まとめ

- ・遮熱性に加え非加熱側への漏気量を定量化することにより、高温時収縮性を指標とする試験方法を提案
- ・強化せっこうボードと防水防かび強化せっこうボードの比較においては、耐火性能の同等性を確認した

#### 【参考文献】

- (1) 火災学会論文 2017.5 「耐火試験における小型材料試験の活用に関する研究」(水上) 参照

#### 【謝辞】

本研究は、平成 28 年度国土交通省基準整備促進事業「F6:防耐火性能に関する性能評価の合理化検討委員会」の一環として実施した。

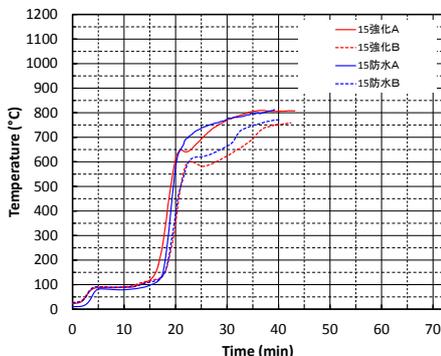


図-2 目地部裏面平均温度 (15mm)

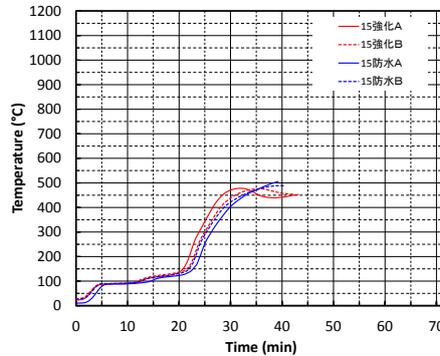


図-3 目地部裏面平均温度 (15mm)

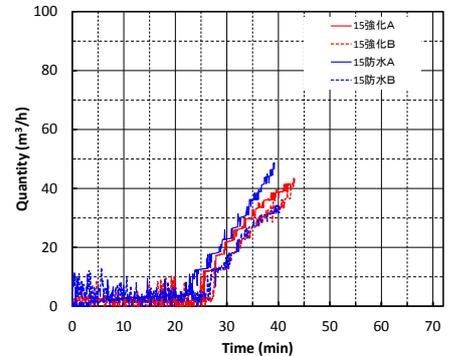


図-4 漏気量 (15mm)

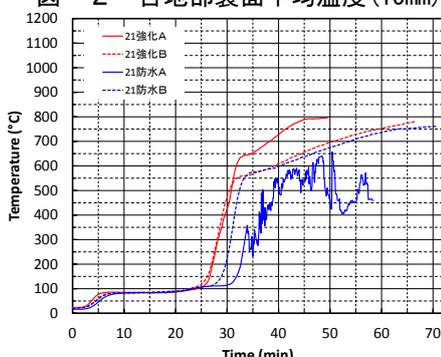


図-5 目地部裏面平均温度 (21mm)

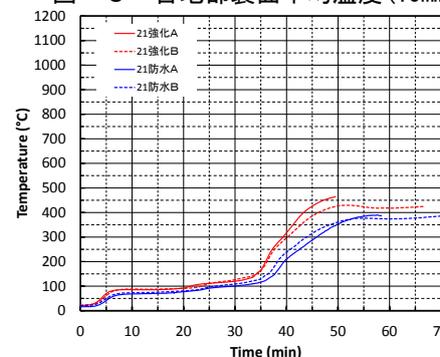


図-6 目地部裏面平均温度 (21mm)

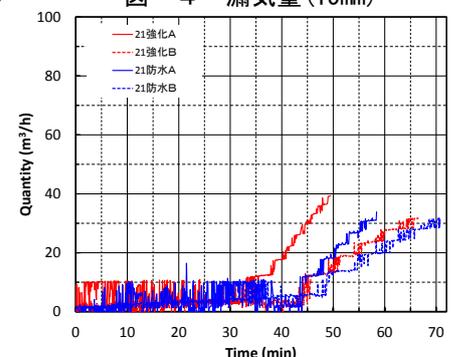


図-7 漏気量 (21mm)

\*1 (一般)ベターリビング

\*2 国土交通省国土技術政策総合研究所・博士(工学)

\*3 (一財)日本総合建築試験所・博士(工学)

\*4 (一財)建材試験センター・博士(工学)

\*1 Center for Better Living

\*2 National Institute for Land and Infrastructure Management, Dr. Eng.

\*3 General Building Research Corporation of Japan, Dr. Eng.

\*4 Japan Testing Center for Construction Materials, Dr. Eng.