

加熱条件の違いが耐火性能に及ぼす影響

正会員 水上点睛 遊佐秀逸 吉川利文 金城 仁

加熱曲線 載荷荷重 石膏ボード

1. はじめに

通常の壁の耐火性能試験においては、遮炎性・遮熱性・非損傷性について評価がなされるが、一般的に遮熱性の判定がクリティカルとなることが多く、不合格となった試験の場合でも、見た目に延焼の危険性を感じる状態になることは少ない。また耐火構造の場合においては、冷却の過程も評価の対象とされているため、要求耐火性能を満たした後に追加で終局状態に至るまでの試験を行うというようなことは出来ない。このため耐火試験は、破壊試験でありながら、終局的な性能を得ることが出来ないケースが多く、試験データは単一の製品仕様の耐火性能の確認にとどまっているように思われる。本研究では、耐火造構造物の主要材料である石膏ボードについて取り上げ、これで構成した間仕切壁の終局耐火性能について調べるため、異なる加熱条件下で行われた区画崩壊実験について報告を行う。

2. 試験体概要

図1に示すような軽量鉄骨下地の両面に石膏ボード (TypeX、15.9mm) 1枚張りのものを試験体として用いた。試験体の内部に20本、裏面側に左右対称になるよう、中央部と4分割した中央部を含む9点の熱電対を配した。

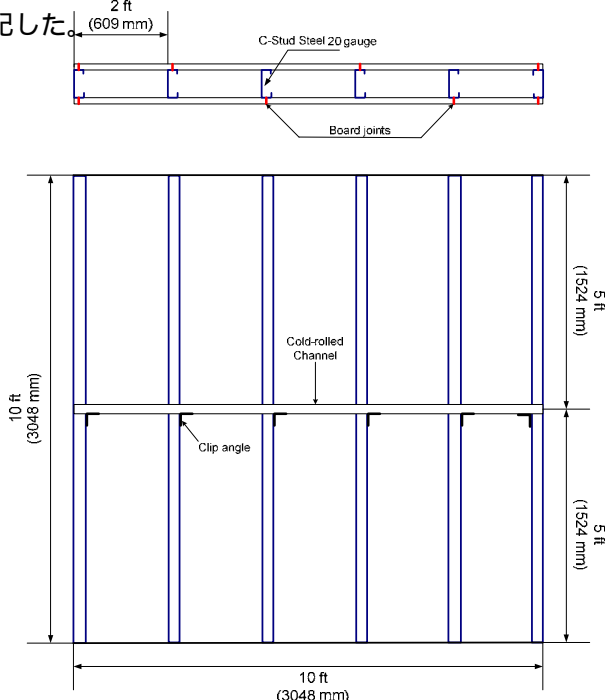


図1 試験体図

3. 試験条件

試験方法は、耐火試験時と実火災下における耐火性能の比較を目的として、実火災実験⁽¹⁾でも採用したアメリカ基準である ASTM E119 とする。本研究においては終局状態を、区画の崩壊 = 非損傷性の欠落と考え、これに影響を及ぼすと考えられる変数、載荷荷重と加熱条件 (曲線) を変化させた。

表1 載荷・加熱条件

	載荷荷重	加熱曲線
試験体C		標準加熱曲線
試験体A	100%	標準加熱曲線
試験体B	80%	標準加熱曲線
試験体D	100%	2割増

ASTM E119における標準加熱曲線とする

載荷荷重は、平成13年国土交通省告示第1641号第11第三号イに習い、長期に生ずる力に対する圧縮材の座屈の許容応力度を用いた。

$$f_c = \left\{ \frac{1 - 0.24c\lambda^2}{\frac{3}{2} + \frac{2}{3} \left[\frac{c\lambda}{1.3} \right]^2} \right\} F = 0.4F \quad (1)$$

F : 鋼材種別により定められる基準強度 (N/mm^2)

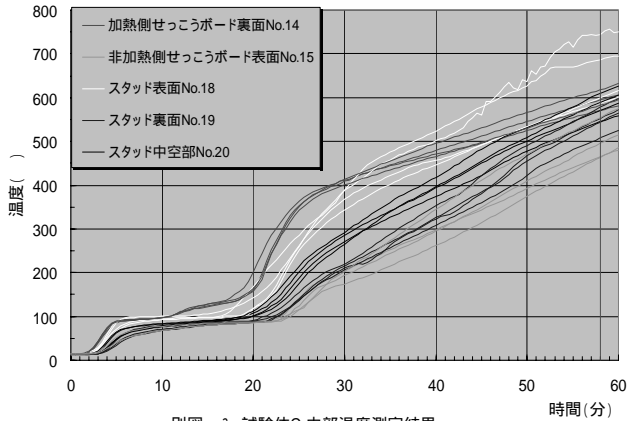
$c\lambda$: 軸方向力に係る一般化有効細長比

今回の試験体ではたて枠は609mm間隔で6本存在するが、両端の2本は耐火炉開口の外側に位置するため加熱されず、上部ランナーで縁を切って4本に載荷を行っている。試験体Cは載荷を行わず、試験体Bについて20%の割引とした。加熱条件は試験体Dについてのみ、加熱強度を標準加熱曲線の2割増とした。

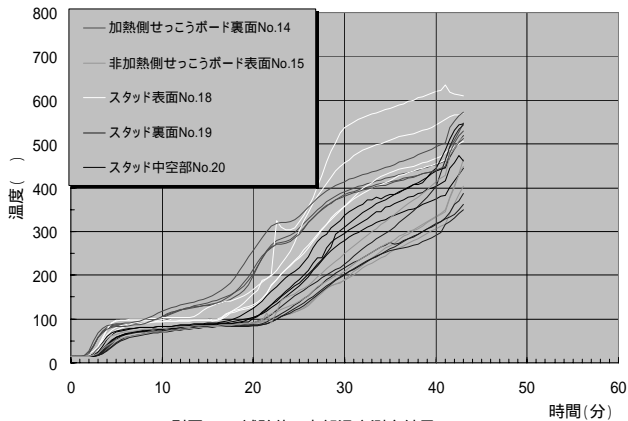
4. 試験結果

表2 試験結果

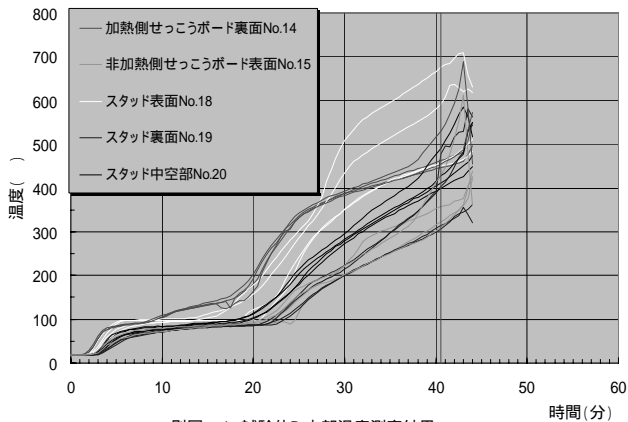
	遮熱性	非損傷性	スタッド表面最高温度			
試験体C	58分		560	588	686	745
試験体A		40分	468	455	620	543
試験体B		40.5分	457	450	676	591
試験体D		33.5分	466	422	616	417



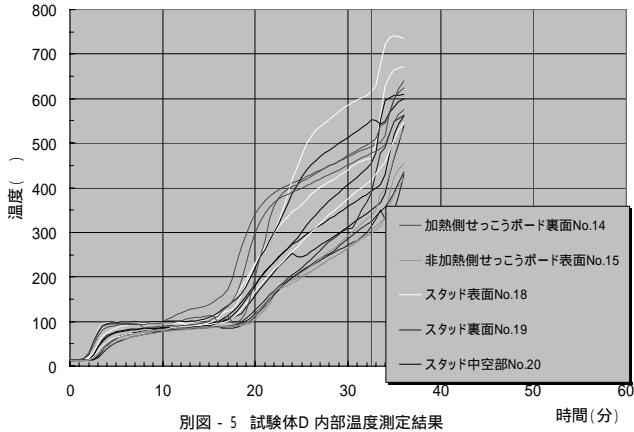
別図 - 2 試験体C 内部温度測定結果



別図 - 3 試験体A 内部温度測定結果



別図 - 4 試験体B 内部温度測定結果



別図 - 5 試験体D 内部温度測定結果

5. 考察

鋼材の高温耐力の整理方法として、建築構造用鋼材の高温引張試験により測定した1%ひずみ時耐力を統計処理して、平均値から標準偏差の3倍の安全率を引いた値により、鋼材の有効降伏応力度が以下の式に基づいて求められる⁽²⁾。

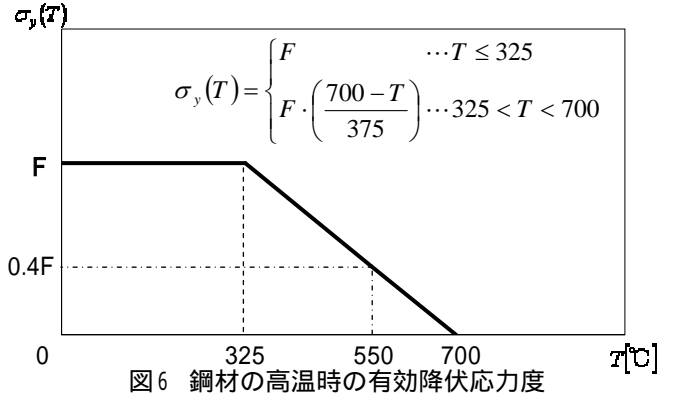


図6 鋼材の高温時の有効降伏応力度

今回の実験ならびに耐火試験で用いた載荷荷重は、(1)式より0.4Fとなり、550まで耐えると考えられる。さらに試験体Bについては、載荷荷重を2割引としているため、かかる荷重は0.32Fで限界温度は580となる。表2に、鋼材座屈時におけるスタッド表面温度を示す。スタッド表面温度に分布があることに留意すると、以下のように説明できる。例えば、試験体Bにおいて、座屈時のスタッド表面温度は、457、450、676、591である。この内、とは限界温度の580を超えているが、とに関してはまだ余裕があり、450における有効降伏応力度は、(2)式より0.67Fであるから、荷重支持能力を失った2本分の荷重を残りの2本で分担するのにほぼ等しい値となる。

続いて、加熱強度に関して考える。加熱強度を変化させた時の耐火時間は、崩壊までに部材に加わる熱量が等しくなると考え以下の式で求められる。

$$t_{fr1} = t_{fr(460)} \left(\frac{460}{\alpha} \right)^{3/2} \quad (4)$$

を標準加熱曲線の2割増(1.2×460)とすると、試験体Aの結果から試験体Dの結果は、30.4分と導ける。

【参考文献】

- [1]Samuel Manzello 他：
REAL FIRE PERFORMANCE OF LOAD BEARING WALL ELEMENTS, 日本火災学会研究発表会, 2009
[2]2001年版 耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説 井上書院