

主要構造部の接合箇所の耐火性能に関する研究 耐火塗料を塗布した鋼柱とせっこうボード間仕切り壁の加熱実験

正会員 藤原武士* 同 山本将貴*
同 遊佐秀逸** 同 鈴木淳一***耐火塗料 せっこうボード 複合
鉄骨造 耐火性能

1. はじめに

発泡性耐火塗料は、平成 12 年 5 月に特別認定 38 条の規定に基づく建設大臣の一般認定を取得し(1 時間耐火構造)、同年 6 月 1 日の建築基準法の改訂に伴う読替え作業により、平成 14 年に現行法に基づく国土交通大臣の認定を取得した。その後、2 時間耐火構造の認定を取得した耐火塗料もあり、現在では、約 30 万 m²/年(推定)の実績があり、耐火被覆材として汎用的に使用されている。

平常時は、0.75~4.5mm 程度の塗膜であり、火災時に発泡剤であるポリりん酸アンモニウム等が不活性ガスを放出することで、約 10~30 倍発泡するとともに、炭化断熱層を形成し、鋼材の温度上昇を抑制する効果がある。このため、吹付けロックウール等の耐火被覆材と比較し、非常に薄く、単体で意匠性を付与することができる。

近年、本特長を活かした設計が増加傾向にあり、他部材との隙間が小さい柱、梁への適用も増えている。

ここで、発泡性耐火塗料は、有事に発泡することで、耐火性能を発揮するため、発泡代のない空間では炭化断熱層が形成されず、他部材との隙間がない場合、耐火性能が担保できないと考えられる。他部材としては、ガラスカーテンウォール、耐火壁、天井材ならびに、間仕切り壁等が挙げられるが、これらの部材と耐火塗料を施した主要構造部が隣接した場合の相互の影響やその性能については、十分に明らかとなっていない。

本研究では、比較的採用事例が多い間仕切り壁と耐火塗料を施した鉄骨柱の複合における耐火性能を実験的に検証した。

2. 試験体概要

試験体仕様を表 1 に、試験体図を図 1,2 に示す。

仕様 1 は、H 形鋼柱(H300×300×10×15mm、長さ 1,200mm; JISG3101)に対して、素地調整を行い、図 1 に示す位置に熱電対を取り付け、下塗りを塗装(0.14kg/m²)した。16 時間乾燥養生後、耐火塗料を 1 時間耐火性能の被覆厚である 1.5mm を目標として塗装し、48 時間乾燥養生後に上塗りを塗装(0.24kg/m²)した。得られた試験体に、JISA6901-2005「せっこうボード製品」の普通せっこうボード 9.5mm(以下、GB-R9.5)、強化せっこうボード 21mm(以下、GB-F21)を、壁下地材(65×45×0.8mm)を用いて H 形鋼柱のフランジ面に隙間を設けず設置した。

仕様 2 は、角形鋼管柱(200×200×12mm、長さ 1,200mm; JISG3466)に対して、素地調整を行い、図 2 に示す位置に熱電対を設置し、下塗りを塗装した。16 時間乾燥養生後、耐火塗料を 1 時間耐火性能の被覆厚である 2.0mm を目標として塗装した。48 時間乾燥養生後に中塗りを塗装し、16 時間乾燥養生後、上塗りを塗装した。得られた試験体に、JISA6901-2005「せっこうボード製品」の普通せっこうボード 12.5mm(以下、GB-R12.5)を、壁下地材(65×45×0.8mm)を用いて、角形鋼管柱の 1 辺の中心に隙間を設けず設置した。

表 1 試験体仕様

仕様	仕様 1	仕様 2
鋼材寸法	H300×300×10×15mm 長さ 1,200mm	200×200×12mm 長さ 1,200mm
素地調整	素地調整 2 種	
下塗り	変性エポキシ樹脂プライマー (JIS K 5551) 0.14kg/m ²	
耐火塗料	1.5mm	2.0mm
中塗り	変性エポキシ樹脂系 0.30kg/m ²	
上塗り	アクリルエマルション系 0.24kg/m ²	
設置建材	壁 1,200×500×126mm 下張り; 強化せっこうボード GB-F21 上張り; 普通せっこうボード GB-R9.5	壁 1,200×450×90mm 普通せっこうボード GB-R12.5

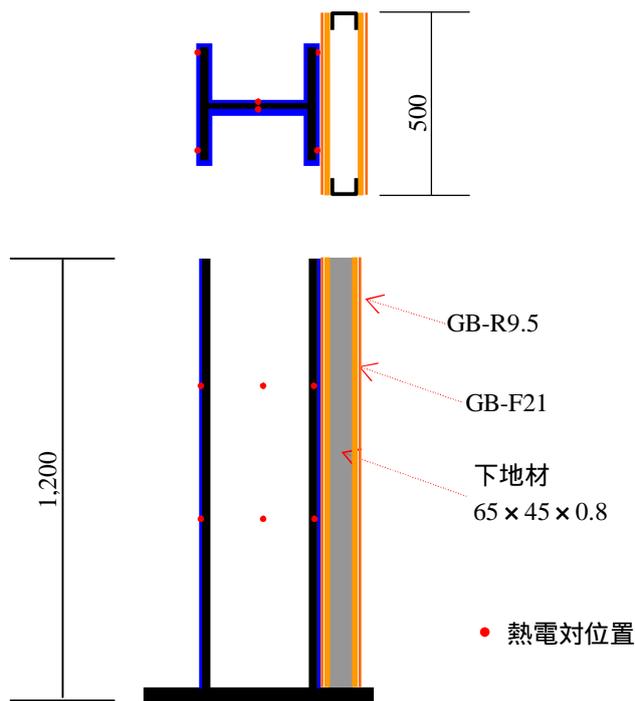


図1 試験体図(仕様1)

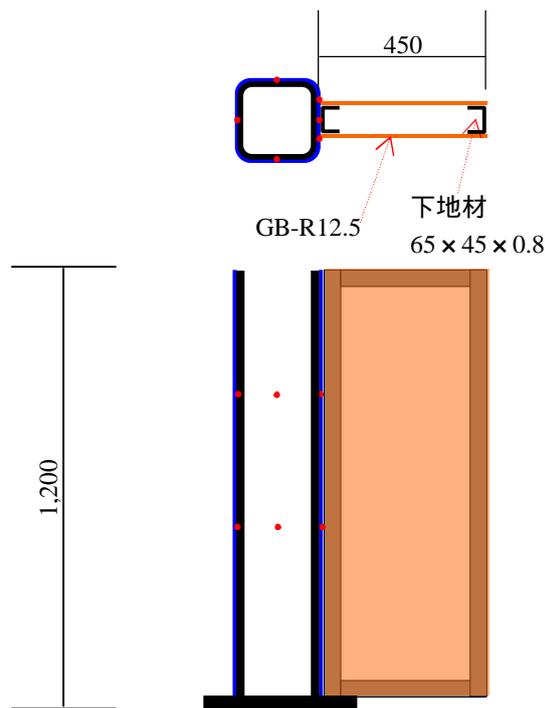


図2 試験体図(仕様2)

3. 実験概要

実験は、エスケー化研㈱の耐火炉（1,000 × 1,000 × 1,500mm 写真 1）を用い、加熱条件は、IS0834 標準加熱曲線に従い、60 分の加熱試験を実施し、120 分まで温度測定を行った。仕様 1 の試験体は、図 3 に示すように、ウェブ面がバーナーと平行になるように設置した。仕様 2 の試験体については、図 4 に示すように、壁がバーナーと平行になるように設置した。試験後、試験体を取り出し、各断面の耐火塗料の炭化層の状況を確認した。

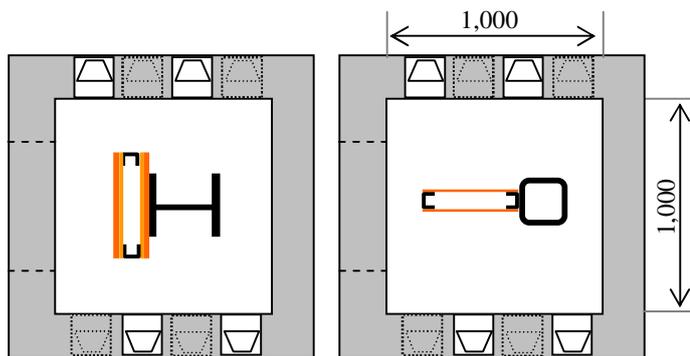


図3 試験体設置図(仕様1)

図4 試験体設置図(仕様2)



写真1 耐火炉

4. 実験結果

試験体仕様 1 の実験結果を表 2 と図 5 に示す。試験体の状況を写真 2~6 に示す。試験体仕様 1 は、1 時間耐火性能の耐火塗料を塗付した H 形鋼のフランジ面に壁を設置した仕様である。

鋼材温度は、加熱開始より上昇し、約 12 分頃より発泡が開始した影響で緩やかな温度上昇となった。壁を設置したフランジ部の鋼材温度は、一般部に比べ約 50 低い温度推移を示し、壁の耐火性能の影響が明確に確認された。なお、1 時間加熱終了時点のフランジ部の平均鋼材温度は、一般部が 416.9 、壁設置部が 362.3 となった。本結果は、1 時間耐火性能を十分に満足するものである。

一方、各部の発泡倍率を比較したところ、壁設置部のフランジ内側は、約 18 倍であり、一般部の約 24 倍に対して低い値となった。これは、壁が設置されたことによる下地の熱容量の増大が影響しているものと推察される。写真に示すように、壁設置部のフランジ面の耐火塗料は、発泡しなかったものの、炭化している状態であった。

表2 実験結果(仕様1)

		一般部	壁設置部
鋼材温度 (加熱終了時 ; 平均) ()	ウェブ	398.5	
	熱電対番号		
	フランジ	416.9	362.3
発泡倍率 (倍)	熱電対番号		
	ウェブ	33	
	フランジ外側	27	
	フランジ内側	24	18

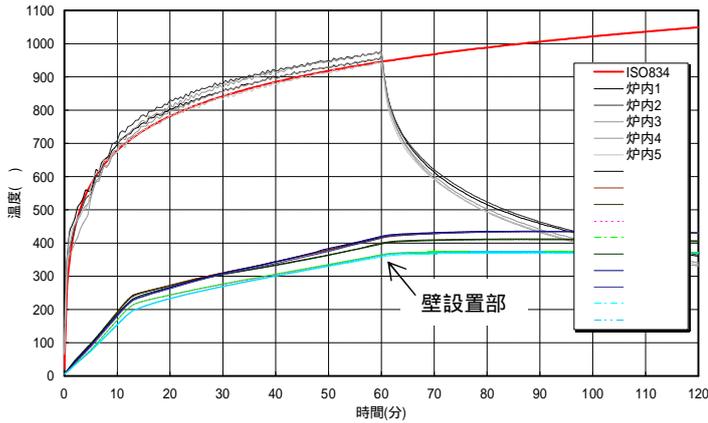


図5 温度推移 (仕様1)



写真2 試験前 (仕様1)



写真3 試験後 (フランジ)



写真4 試験後 (ウェブ)



写真5 試験後 (壁)



写真6 試験後 (取合い)

試験体仕様2の実験結果を表3と図6に示す。試験体の状況を写真7~11に示す。試験体仕様2は、1時間耐火性能の耐火塗料を塗付した角形鋼管柱の1辺の中心に壁を設置した仕様である。

鋼材温度は、加熱開始から鋼材部位毎で顕著な差は認められず、試験終了時まで、比較的均一な温度推移を示した。壁設置部の温度は、加熱初期から他の一般部対比で僅かに低く推移していたものの、約30分頃からは逆転し、一般部よりも若干高い推移となった。これについては、炭化層が十分形成されていない加熱初期において、壁設置部は壁の断熱効果により、一般部よりも受ける熱量が低く抑えられ、炭化層が十分形成される加熱後半には、一般部の炭化層の断熱効果の方が壁設置部よりも高くなったためと推察する。なお、1時間加熱終了時点の平均鋼材温度は、一般部が394.9、壁設置部が411.2となり、1時間耐火性能を満足する結果となった。

一方、各部の発泡倍率は、壁設置部近傍が約5倍であり、一般部は12倍であった。仕様1では、隙間がないため耐火塗料は発泡しなかったが、仕様2では、加熱中に普通せっこうボードが強度を失い、一部脱落等が生じるとともに、壁下地材が熱変形を起こし、それによって隙間が生じた結果、低い倍率であるものの、一定の発泡性を示す炭化層が形成されたものと考えられる。また、上述の内容については、鋼材温度の推移(壁設置部の温度が加熱初期に低く、後半で高くなった)からも支持される。

表3 実験結果 (仕様2)

		一般部	壁設置部
鋼材温度 (加熱終了時)	平均 (°C)	394.9	411.2
	熱電対番号		
発泡倍率 (平均) (倍)		12	5

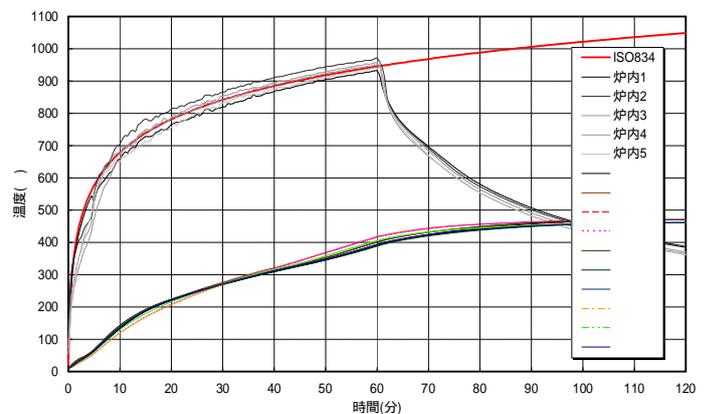


図6 温度推移 (仕様2)



写真7 試験前（仕様2）



写真8 試験後（柱部）



写真9 試験後



写真10 試験後（壁取合い）



写真11 試験後（壁取合い）

5.まとめ

建築物の柱、梁、間仕切壁等の部材は、部材毎に、単独で要求される耐火性能を満足するか否かについて、加熱試験によって、性能評価されている。また、外壁と柱、梁の合成部材に関しては、部材断面に対して、外壁と耐火被覆材の2種類の耐火材により構成され、実大の試験体を作製し、性能評価されている。各構造部材は、その評価結果をもとに、耐火構造として認定される。

吹付けロックウールやケイ酸カルシウム板等の耐火被覆材を施した鉄骨柱と、間仕切壁等が接触した場合、各々の性能により、部材の耐火性能は担保される。しかし、耐火塗料は、加熱発泡にて形成される炭化層により、耐火性能を発揮するため、前述の間仕切壁等を設置した場合の発泡への影響、および発泡阻害が生じた際の主要構造部への影響が明らかになっていない。そのため、2種類の異なる仕様による耐火検証試験を実施した。

壁の面が柱に直接隣接した場合の検証（仕様1）では、壁との接触面の耐火塗料は発泡しなかったものの、本壁自体の耐火性能により、著しい鋼材の温度上昇はなく、要求される耐火性能を満たすことが確認された。しかしながら、壁の種類により結果は異なる可能性があり、一概に本設置状況における耐火性能が満たされるとはいえない。

一方、壁の端部が柱に設置した場合の検証（仕様2）では、本部位の耐火塗料の発泡は十分ではないものの、著しい鋼材の温度上昇はなく、要求される耐火性能を満たすことが確認された。

以上、耐火設計を行う上で、柱、梁に耐火塗料を採用する際には、他部材との取合いを考慮することが重要であり、本報の知見に基づき、引き続き各種部材による耐火性能の影響や載荷加熱試験による耐火性能を検証することが課題である。

【参考文献】

- 1) 近藤英之、遊佐秀逸、臼井信行「耐火塗料の発泡性状に影響する各種要因の検討」日本建築学会大会学術講演梗概集、1999年9月
- 2) 遊佐秀逸、岡義則「耐火塗料 ISO834、ユーロコード（案）に準拠した耐火性能試験」日本建築学会大会学術講演梗概集、2000年9月
- 3) 近藤英之、遊佐秀逸、臼井信行「熱容量から見た鋼構造の耐火性」日本建築学会大会学術講演梗概集、2000年9月