

H形鋼梁部材に適用した耐火塗料の発泡特性に関する研究

正会員 ○谷辺 徹*
同 遊佐 秀逸**
同 金城 仁**

耐火塗料 膜厚 ISO834
熱容量 断面形状係数 発泡倍率

1 はじめに

平成 10 年の建築基準法改正、及びそれに伴う政令等の改正により有機系の耐火塗料を施した梁、柱等の鉄骨構造が認定耐火構造として認められるようになった。近年、1 時間耐火のみでなく 2 時間耐火の試験結果も報告されている^{1), 2)}。一般に、耐火塗料は反応型耐火被覆材であるため、下地鋼材の厚さや加熱条件(Slow heating 等)により被覆の性能が変化することが報告されている^{3), 4)}。ここでは実際に使用される鋼材について、水系耐火塗料を適用した場合の部材断面寸法や耐火塗料の乾燥膜厚が発泡特性並びに付着特性(耐脱落性)に及ぼす影響を検討する実験的研究を行ったのでその結果を報告する。

2 試験概要

2.1 試験炉

- (1) 試験炉 A : 太平洋セメント(株) 水平炉
- (2) 試験炉 B : (財) ベターリビング 水平炉

2.2 塗膜システム

- (1) 下塗材 : エポキシ樹脂系さび止め剤
- (2) 耐火塗料 : 水系発泡性耐火塗料 (太平洋マテリアル(株) 仕様)
- (3) 上塗剤 : 試験炉 A 無, 試験炉 B アクリル樹脂系塗料

2.3 試験条件

- (1) 加熱条件 : ISO834 標準加熱曲線に準拠
- (2) 載荷条件 : ①試験炉 A ; 熱容量試験 (無載荷)
②試験炉 B ; 載荷加熱試験

2.4 試験体および試験水準

本研究のため実施した試験水準(部材断面寸法、乾燥膜厚)を表 1 に示す。試験体長さは、試験炉 A の場合は 1500mm、試験炉 B は 6000mm とした。

2.5 温度計測

- (1) 温度センサー : クラス 2 の K 型熱電対(径 0.65mm)
- (2) 設置位置 (図 1 参照)

- ①試験炉 A : 5 点/断面×3 断面の 15 点
- ②試験炉 B : 3 点/断面×3 断面の 9 点

2.6 測定項目

- (1) 鋼材温度 : 前述した熱電対を用いて鋼材の温度を計測した。

表 1 試験水準

部材断面寸法 (mm)	Hp/A (m ⁻¹)	DFT (mm)	試験炉	載荷
H148×100×6×9	222	2.5, 4.0, 6.0	A	無
		2.5, 6.0	B	有
H250×125×6×9	233	1.2, 2.4, 4.0, 6.0	A	無
H400×200×8×13	166	1.0, 1.9, 4.0, 6.0	A	無
		1.5, 2.1, 6.0	B	有
H300×300×10×15	125	0.9, 1.6, 4.0, 6.0	A	無

注)DFT(Dry Film Thickness) : 乾燥膜厚(mm)
Hp/A: 断面形状係数=加熱周長/部材断面積(m⁻¹)

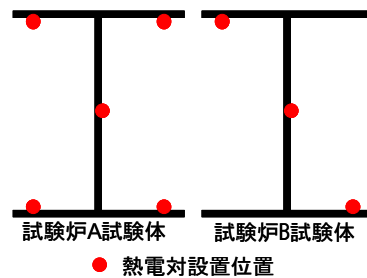


図 1 熱電対の設置位置

- (2) 発泡倍率 : 耐火塗料の加熱発泡後の発泡高さを測定し、以下の式 1 より発泡倍率を求めた。

$$\text{発泡倍率} = \text{発泡高さ} / \text{乾燥膜厚 (倍)} \dots \text{式 1}$$

3 試験結果

試験結果の一覧を表 2 に示す。

表 2 試験結果一覧

部材断面寸法(mm)	Hp/A (m ⁻¹)	DFT (mm)	試験炉	T ₆₀ (°C)	発泡倍率	脱落
H148×100×6×9	222	4.0	A	364.6	16.6	無
		6.0		300.3	13.4	無
	222	2.5	B	426.8	26.4	無
		6.0		309.3	13.7	無
H250×125×6×9	233	1.2	A	703.1	43.0	無
		2.4		575.8	28.7	無
	4.0	403.0		18.2	無	
	6.0	308.9		13.5	無	
H400×200×8×13	166	1.0	A	754.7	37.8	無
		1.9		613.6	25.9	無
		4.0		334.2	17.4	無
		6.0		280.0	13.6	無
	166	1.5	B	514.7	52.6	無
				395.3	47.9	無
				293.5	13.1	無
				166	6.0	293.5
H300×300×10×15	125	0.9	A	677.1	32.7	無
		1.6		564.3	27.3	無
		4.0		323.9	15.8	無
		6.0		267.0	13.3	無

3.1 鋼材温度への影響

試験炉 A を用いた実験の乾燥膜厚と T_{60} (60 分加熱時の平均鋼材温度)、及び断面形状係数と T_{60} の関係を纏めて図 2 に示す。

- 乾燥膜厚と T_{60} の関係は、反比例の性状を示している。しかし、乾燥膜厚が 4mm 以上では T_{60} はあまり低減していない。
- Hp/A が大きく (熱容量が小さく) になると T_{60} は、高くなる傾向がある。
- 乾燥膜厚が小さいほど Hp/A が T_{60} に及ぼす影響は大きくなる傾向を示している。
- 試験炉 B においても同様な傾向が表 2 から読み取れる。

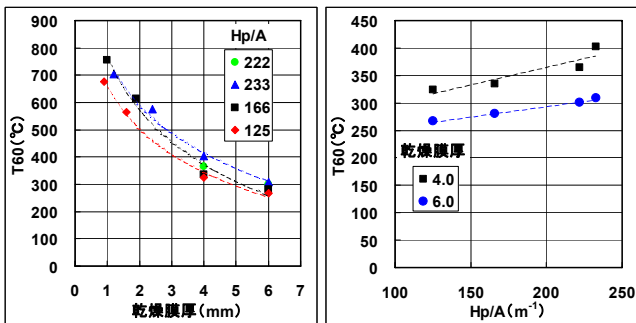


図 2 乾燥膜厚と T_{60} 、及び Hp/A と T_{60} の関係

3.2 発泡倍率への影響

試験炉 A を用いた実験の乾燥膜厚と発泡倍率、及び断面形状係数と発泡倍率の関係を纏めて図 3 に示す。

- 乾燥膜厚が 1mm から 6mm へと大きくなるにつれて発泡倍率は 40 倍から 15 倍程度と反比例的に小さくなる傾向がある。
- 乾燥膜厚が 4mm では Hp/A が大きいほど (熱容量が小さいほど) 発泡倍率は大きくなる傾向にあるが、6mm ではその影響は認められない。
- 試験炉 B においても同様な傾向が表 2 から読み取れる。

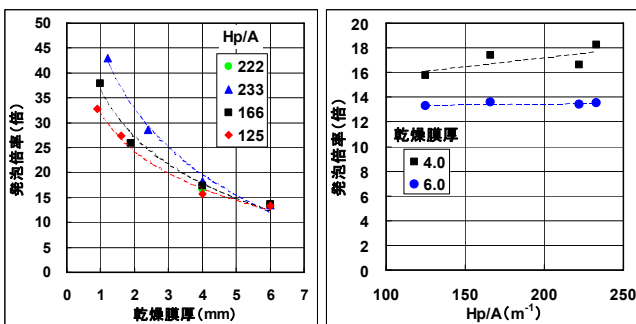


図 3 発泡倍率と乾燥膜厚と Hp/A の関係

3.3 発泡層の付着特性について

本研究における乾燥膜厚 0.9mm~6.0mm、 Hp/A 125~233 m^{-1} の範囲の H 形鋼梁試験では、荷重および無荷重試

験どちらにおいても発泡層の脱落は認められていない。また、荷重加熱試験 (加熱時間 120 分弱) において許容最大変位量まで変形した場合でも発泡層の脱落はなかった。(写真 1、図 4 参照)



写真 1 荷重加熱後試験体 (H400 梁)

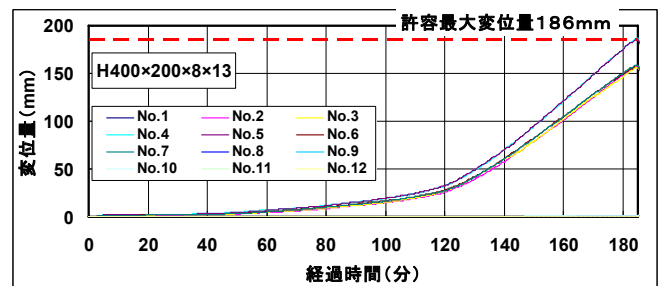


図 4 荷重加熱試験時の変位曲線 (H400 梁)

4 まとめ

- 水系発泡耐火塗料を H 形鋼梁に適用した場合、乾燥膜厚が 1~6mm、 Hp/A が 125~233 m^{-1} の範囲で変化しても発泡層の脱落は認められなかった。 Hp/A が 125、膜厚が 1~6mm の荷重加熱試験で許容最大変位を与えた場合も同様であった。
- 乾燥膜厚が大きいほど、 Hp/A が小さいほど鋼材平均温度 (T_{60}) は小さくなることを確認された。
- 乾燥膜厚が大きいほど、 Hp/A が小さいほど発泡倍率は小さくなることを確認された。しかし、乾燥膜厚が約 6mm となるとその影響も小さくなることも確認された。
- 乾燥膜厚が大きくなると発泡倍率は低下するが、 T_{60} の値が逆転することはなかった。

以上より今回の水系発泡耐火塗料を H 形鋼梁に適用した場合、その膜厚の大きさや部材断面寸法の大きさは、発泡特性に影響を与えるものの、通常の耐火被覆材と同様に被覆層の脱落もなく、鋼材温度も部材の熱容量や被覆厚に比例することが確認された。

【参考文献】

- 岡他, 耐火塗料を用いた H 形鋼柱の 2 時間荷重加熱試験(その 1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2004 年 8 月, A-2, pp.51-52.
- 岡他, 耐火塗料を用いた H 形鋼はり 2 時間荷重加熱試験(その 3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2006 年 9 月, A-2, pp.135-136.
- 茂木、遊佐, 発泡耐火塗料の耐火性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1997 年 9 月, A-2, pp.127-128.
- 近藤、遊佐、臼井他, 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, A-1, pp.623-624.

* 太平洋マテリアル (株) 開発研究所

* Research & Development Laboratory, Taiheiyo Materials Corporation

** (財) バターリビングつくば建築試験研究センター

** Tsukuba Building Research & Testing Laboratory, The Center for Better Living