

水系発泡性耐火塗料の性能評価 その1 -膜厚推定式適用性に関する実験的検討-

正会員 ○谷辺 徹*
同 山本 盛男**
同 遊佐 秀逸***
同 金城 仁***

膜厚推定式 耐火塗料 ISO834 加熱曲線
断面形状係数 乾燥膜厚 設計耐火温度

1 はじめに

耐火塗料を施工するにあたっては、近年、鋼材の熱容量の概念を取り入れた合理的な耐火被覆設計を行う方法が諸外国で一般的になりつつある。鋼材断面種類によって設定性能を満たすために必要となる耐火塗料膜厚は異なり、その厚みを把握することは重要である。そこで、鋼材種類ごとの必要膜厚を簡便に算定できるよう、膜厚推定式の構築が行われている。

任意の設計耐火時間における必要耐火膜厚の算定式としては、以下の①～③に示す3式が提案されている。

① Yellow book¹⁾

$$FR = k_0 + k_1 \cdot (1/Hp/A) \cdot t + k_2 \cdot t \quad (\text{式 1})$$

② CEN²⁾

$$FR = k_0 + k_1 \cdot t + k_2 \cdot t / Hp/A + k_3 \cdot \theta + k_4 \cdot t \cdot \theta + k_5 \cdot t \cdot \theta / Hp/A + k_6 \cdot \theta / Hp/A + k_7 / Hp/A \quad (\text{式 2})$$

③ 建築研究所提案式³⁾

$$FR = k_0 \cdot (1/Hp/A + k_1) \cdot (t + k_2) + k_3 \quad (\text{式 3})$$

ここで、FR：設計耐火温度到達時間 (min.)、Hp/A：断面形状係数 (m⁻¹)、t：乾燥膜厚(DFT) (mm)、k₀～7：実験結果から求まる係数、θ：平均温度上昇量 (K)である。

本報告では、上記③式を適用した場合のH形鋼梁(3面加熱)における1時間耐火の膜厚推定式の構築について記述する。また、得られた膜厚推定式の適用性を検討するために、指定性能評価機関の耐火炉を用いて実施した、膜厚推定式の確認試験についても記述する。

2 膜厚推定式の構築に関する検討

膜厚算定式の構築には、種々の断面形状係数(Hp/A)と乾燥膜厚(DFT)の水準を設定する必要がある、両因子ともある程度の幅を設定した上で耐火試験を実施した。

試験体の作製手順を表1に示す。

2.1 使用材料および試験体水準

- (a) 下塗材：防錆材 JIS K 5625
- (b) 耐火塗料：水系発泡性耐火塗料
- (c) 上塗材：アクリル系樹脂塗料
- (d) 基材

SS400のH形鋼梁3種類

表1 試験体作製手順

手順	項目	方法
①	素地調整	ブラスト処理の実施 Sa2 1/2 (JIS Z 0313 準拠)
②	基材洗浄	アセトンで試験体表面の脱脂を実施
③	下塗材塗布	下塗材を塗装用ローラーで塗布 塗布量はウェットゲージを用いて調整
④	膜厚測定	乾燥後に電磁式膜厚計で膜厚を測定
⑤	耐火塗料吹付	エアレスガンにて吹き付け 塗布量はウェットゲージを用いて調整
⑥	塗膜乾燥	耐火塗料が乾燥するまで室内にて静置
⑦	膜厚測定	電磁式膜厚計で膜厚を測定 下塗材膜厚を差し引き、耐火塗料膜厚を算出
⑧	上塗材塗布	下塗材を塗装用ローラーで塗布 塗布量はウェットゲージを用いて調整
⑨	膜厚測定	電磁式膜厚計で総合塗膜厚を測定

① H300×300×10×15 mm (Hp/A=124.9)

② H400×200×8×13 mm (Hp/A=166.0)

③ H250×125×6×9 mm (Hp/A=233.4)

(e) 設定膜厚

各鋼材ごとに、60分程度の耐火性能が得られる膜厚を基準として、その1/2、2倍程度の膜厚の計3水準とした。

2.2 試験条件

- (a) 加熱方法：ISO834加熱曲線に準じた
- (b) 加熱時間：60分または設計耐火温度(鋼材平均温度で550℃)到達時間のいずれか長い方とした

2.3 温度測定

- (a) 測定方法
クラス2のガラス被覆K型熱電対を鋼材表面にかしめて温度を測定した。
- (b) 測定点数：15点 (5点 / 断面) × 3断面

2.4 試験結果

耐火試験結果のデータをもとに(式3)を用いて重回帰分析を行った結果、重回帰係数0.995と高い相関が得られた。ここで、判定温度到達時間の計算値と実験値の比較を図1に、膜厚推定式を図2に示す。

図から明らかなように、実験値と計算値が良く対応しており、精度の良い膜厚推定式が得られたといえる。

表 2 試験結果 (炉相違の影響)

種類	Hp/A (m ⁻¹)	DFT (mm)	算定FR (min.)	FR (min.)	60T (°C)
①	H250×125×6×9 mm	233.4	2.72	66.1	77
②	H400×200×8×13 mm	166.0	1.98	60.7	62
③	H300×300×10×15 mm	124.9	1.70	63.0	66

[注] DFT: 耐火塗料の乾燥膜厚, FR: 設計耐火温度到達時間, 60T: 60分加熱時の鋼材温度, 算定FRは膜厚推定式から算定

3 膜厚推定式の適用性に関する検討

2.2節で示した3種類の断面サイズのH形鋼梁を基材とし、指定性能評価機関の耐火炉(耐火炉B)を用いて耐火試験を実施し、膜厚推定式の適用性について検討した。なお、使用した耐火炉は以下の通りである。

耐火炉A: 自社水平炉

耐火炉B: (財)ベターリビング水平炉

3.1 使用材料および試験条件

2.1節および2.2節に準ずる。

3.2 温度測定

(a) 測定方法

クラス2のガラス被覆K型熱電対を鋼材表面にかしめて温度を測定した。

(b) 測定点数: 10点 (5点/断面)×2断面

3.3 試験結果

試験結果一覧を表2に示す。

膜厚推定式を用いて算定した乾燥膜厚で、耐火炉Bでもおよそ想定通りまたは、それ以上の耐火性能が得られた。安全側の観点からみてもその適用性に問題はないといえる。

ここで、H400×200×8×13mmのH形鋼梁の試験体において、膜厚推定式の構築時(耐火炉A)鋼材平均温度と、耐火炉Bでの試験時鋼材平均温度の比較を図3に示す。

図から明らかのように、本検討で用いた耐火塗料を使用する限りは、指定性能評価機関の耐火炉でも膜厚推定式は十分適用可能であると考えられる。

4 まとめ

本検討では、H形鋼梁(3面加熱)における1時間耐火の膜厚推定式を構築するとともに、得られた膜厚推定式の適用性を確認するために、指定性能評価機関の耐火炉を用いて膜厚推定式の適用性に関して検討を行った。

以下に結果をまとめる。

①耐火試験結果のデータをもとに建築研究所提案式を用いて重回帰分析を行った結果、重回帰係数0.995と高い相関を持った膜厚推定式を構築することができた。

②指定性能評価機関の耐火炉を用いても、構築した膜厚推定式から算定した乾燥膜厚で、およそ想定通りの耐火性能が得られ、本推定式の適用性が示された。

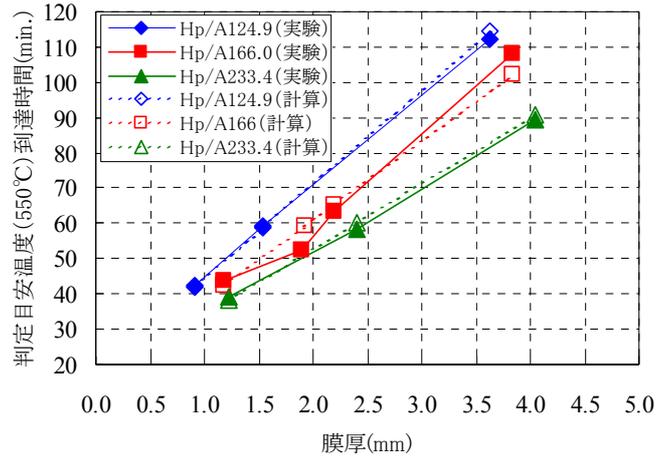


図1 設計耐火温度到達時間と膜厚の関係

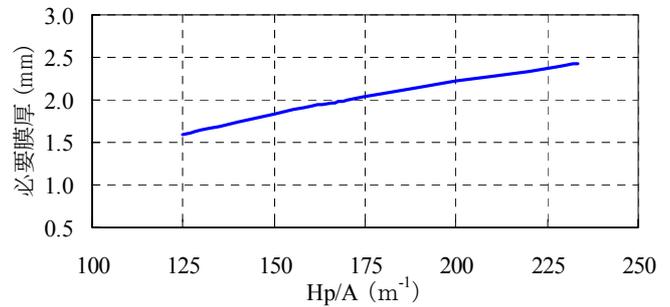


図2 膜厚推定式

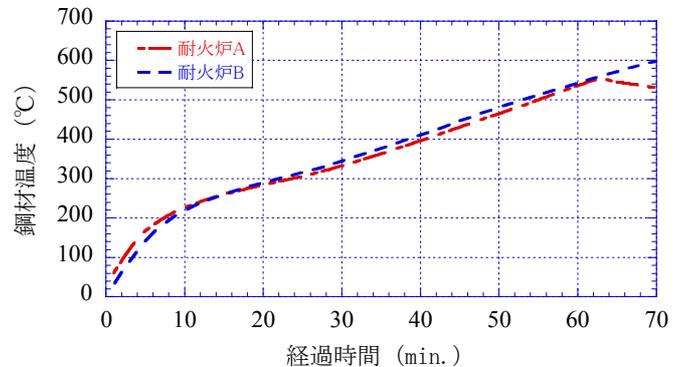


図3 鋼材平均温度の経時変化

【参考文献】

- (1) The Steel Construction Institution : Fire protection for structural steel in buildings (3rd Edition)
- (2) Test method for determining the contribution to the fire resistance of structural members part 4 : Applied protection to steel members
- (3) 白井, 遊佐, 近藤: 熱容量試験をもとにした鋼材寸法に応じた耐火被覆厚さの決定 (耐火塗料を用いた場合), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1999.9

* 太平洋セメント(株)中央研究所
 ** 太平洋マテリアル(株)開発研究所
 *** (財)ベターリビング筑波建築試験センター

* Research & Development Center, Taiheiyo Cement Corporation
 ** Research & Development Laboratory, Taiheiyo Materials Corporation
 *** Tsukuba Building Test Laboratory, Center for Better Living