

<技術レポート>

UL1709 – Rapid Rise Fire Tests of Protection Materials for Structural Steel 規格改正に伴う耐火被覆材の耐久性評価について

プラント事業部 松浦 俊輔

1. はじめに

当社では建造物防・耐火の海外市場に対応可能な国際的な試験規格である UL1709 に基づく認証（認証番号：XR301）を以前から取得している。2024 年に当該規格は 6th edition として改正され、新たに UL2431-Durability of Fire Resistive Coatings and Materials（主に屋外での使用を想定した暴露試験実施後の試験体を使用して、耐火試験を実施する耐火被覆材の耐久性評価）の要件が追加された。

今回、UL1709 の新要件である UL2431 に基づいて実施した耐久性評価の結果を報告する。

2. 試験内容

鉄骨を保護する耐火被覆材は、取り付け後の状況の変化により、火災発生時に鉄骨を高熱から保護する性能に影響が生じることがある。高湿度、高振動などの状況下にて、耐火被覆材が意図した通りの性能を発揮するかを確認するために、UL2431 内の耐火材料の分類区分「I-A 屋外仕様」に規定されている暴露試験を実施した試験体で、耐火試験を実施する。

1) 暴露試験

UL2431 内の耐火材料の分類区分「I-A 屋外仕様」には 7 種類の暴露試験が規定されており、1 つの試験体につき、1 種類の暴露試験を実施する。

各試験の内容を以下に示す。

① 温度安定性、紫外線及び高湿環境下

ASTM D4587「塗料および関連コーティングの蛍光 UV 結露曝露に関する標準的な慣行」に規定された手順に従い、規定された温度及び時間、蛍光 UV 結露への暴露を実施する。

② 風食促進

ASTM E859「構造部材に適用される噴霧耐火材料 (SFRM) の空気浸食の標準試験方法」に規定された

手順に従い実施する。

③ 塩噴霧

ASTM B117「塩水噴霧（霧）装置操作の標準実施要領」に規定された手順に従い実施する。

④ 凍結融解

規定された条件（時間及び温度）にて、吸水-凍結-乾燥を 12 サイクル繰り返す。

⑤ CO₂/SO₂ 雰囲気下

濃度 1% に調整した二酸化硫黄 (SO₂) 及び二酸化炭素 (CO₂) 試験槽に、30 日間試験体を入れる。

⑥ 耐衝撃

20ft(6.1m) の高さから直径 2inch(50.8mm) の鋼球を試験体に落下させる。

⑦ 耐振動

10-60Hz の範囲にて 2Hz 刻みで各 5 分間振動させ、試験体の共振周波数を確認した後、共振周波数にて試験体を 2 時間振動させる。振動方向は、X 軸及び Y 軸（横振動）、Z 軸（縦振動）それぞれ実施する。

2) 耐火試験

暴露試験を実施した試験体について、暴露試験を実施していない試験体（以下、Control 試験体）と同時に図 1 に示す UL1709 急速加熱条件【加熱開始 5 分で 2000°F (1093℃) まで昇温、その後 2000°F (1093℃) 保持】にて焼成し、耐火時間【鋼材に取り付けた 4 つの熱電対の平均温度が 1000°F (538℃) 若しくは最高温度が 1200°F (649℃) に到達するまでの時間】を測定する。耐火試験に使用した試験炉を写真 1 に示す。

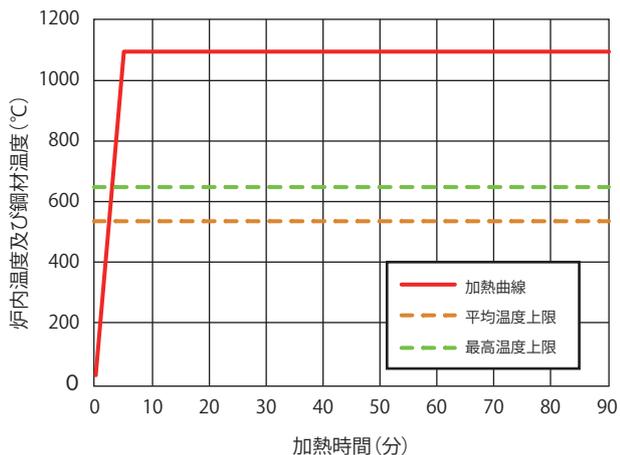


図1 UL1709 急速加熱条件



写真2 H鋼



写真1 耐火試験炉



写真3 プレート

3) 使用材料

① 鋼材

H鋼及びプレートはUL認証の認証機関であるUL Solutions から支給された。

1) H鋼 (写真2)

サイズ: 6-1/4×3-7/8×24inch (約 158×98×612mm)

2) プレート (写真3)

サイズ: 8×8×3/16inch (約 203×203×4.6mm)

② 耐火被覆材

TAIKALITE® t25mm, 表面撥水処理品

鋼材の種類は①温度安定性, 紫外線及び高湿環境下の試験体のみプレート, 他はH鋼である。

また, ③塩噴霧及び④凍結融解は過去に実施した耐久性評価の結果を引用するため今回は実施しない。

試験体を写真4及び写真5に示す。試験体の作製はUL Solutions 担当者の立会いの下実施した。



写真4 H鋼試験体



写真5 プレート試験体

4) 合否判定

2) に示す耐火試験にて、暴露試験を実施した試験体の耐火時間をPT、同時に焼成したControl試験体の耐火時間をCRTと定義し、それぞれの暴露試験にて算出した「PT/CRT」が以下の2つの条件をいずれも満たした場合、耐久性評価は合格と判定される。

- ① 各試験のPT/CRT \geq 0.80 (80%)
- ② 全試験のPT/CRTの平均 \geq 0.85 (85%)

なお、暴露試験自体には合否判定は無い。

3. 試験結果

1) 暴露試験

各暴露試験後の試験体にて、見た目で鋼材への耐火性能を著しく悪化させるような耐火被覆材の損傷は認められなかった。

試験結果の一例として、⑥耐衝撃の結果を写真6に示す。鋼球が落下した部分で耐火被覆材は凹んでいたが、貫通はしなかった。

2) 耐火試験

鋼材の形状の違い及びスケジュールの都合により、耐火試験は複数回に分けて実施した。いずれの試験体も熱電対取り付け位置の違いによる温度差は大きくなかったため、平均温度が538℃となるまでの耐火時間(PT及びCRT)を測定した。

試験データの一例として、同時に耐火試験を実施した②風食促進、⑥耐衝撃、⑦耐振動及びControl試験体の炉内温度及び鋼材温度を図2及び図3(計算例として⑦耐振動のPT/CRTを併せて記載)に示す。



写真6 耐衝撃試験後試験体

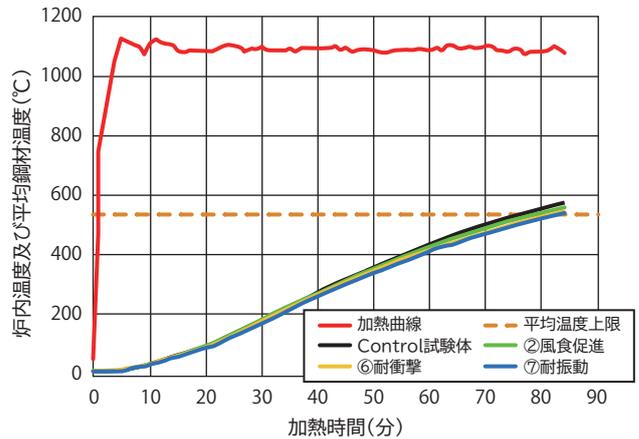


図2 耐火試験データ

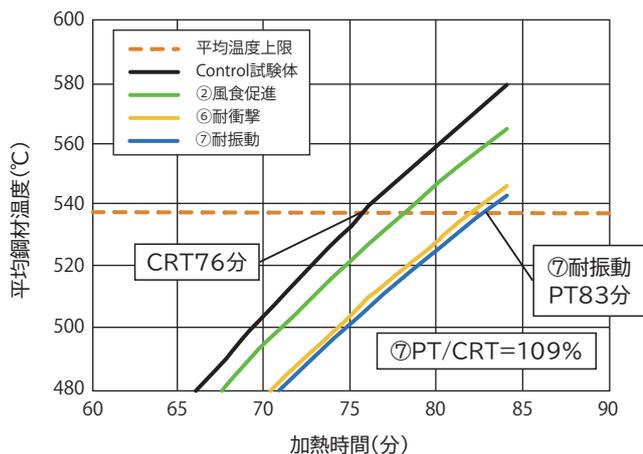


図3 耐火試験データ (拡大図)

(本レポートに関する問い合わせ先)
 プラント事業部 松浦 俊輔
 TEL 03-4500-6777 FAX 03-4500-6780
 E-mail : s-matsuura@jic-bestork.co.jp

3) 耐久性評価

耐久性評価の結果を表1に示す。

各試験のPT/CRTは89～109%、平均PT/CRTは100%であり、合否判定に記載した2つの条件を満足したため、耐久性評価は合格と判定された。

表1 耐久性評価結果

No.	暴露試験	合格条件	評価結果	合否
		PT/CRT	PT/CRT	
①	温度安定性 紫外線及び高温環境下	80%以上	102%	合格
②	風食促進		103%	合格
③	塩噴霧		97%*	合格
④	凍結融解		89%*	合格
⑤	CO ₂ SO ₂ 雰囲気下		93%	合格
⑥	耐衝撃		108%	合格
⑦	対振動		109%	合格
—	平均	85%以上	100%	合格

* 過去に実施した耐久性評価の結果を引用

4. おわりに

今回、UL1709規格改正により追加されたUL2431の耐火被覆材の耐久性評価（暴露試験後の試験体での耐火試験）を実施し、所定の性能を満足することを確認した。

国内外を問わず、防・耐火に係る各種の性能規定は安全性や長期耐性などの見直しにより、緻密化され、より高度な性能が求められることが予想される。

今後とも、新しい要件に対応でき、安心してユーザーにご使用いただける防・耐火商品を開発し、供給していく所存である。