

## 耐火塗料を塗布した UFC 平板型部材の耐火性評価に関する基礎的研究

大阪工業大学大学院 学生会員 ○足達頼人 阪神高速道路株式会社 正会員 小坂 崇  
 阪神高速道路株式会社 正会員 松井章能 阪神高速道路株式会社 正会員 濱崎浩太  
 大阪工業大学 正会員 今川雄亮 大阪工業大学 正会員 大山 理

## 1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリート(Ultra-High Strength Fiber Reinforced Concrete, 以下, UFC と略記)は圧縮強度  $150\text{N/mm}^2$  を超えるコンクリートである<sup>1)</sup>。近年, 道路橋床版が抱える諸問題を解決すべく UFC 床版が開発され, その構造設計や性能評価に関する研究が行われている。ここで, UFC は, 超高強度であることから  $400^\circ\text{C}$  以上の高温に曝されると爆裂現象が懸念される。そこで, UFC の耐火性能の確保を目的として, 加熱によって発泡する耐火塗料を塗布した UFC 平板型部材の加熱試験を実施した。本稿は, 2 種類の加熱試験より UFC と耐火塗料の付着性や耐火性能について検討を行った結果について報告する。

## 2. 加熱試験概要

## (1) 供試体

本試験では, エトリンガイド生成系 UFC を用いて, 寸法  $400 \times 400 \times 150\text{mm}$  の平板型部材を 8 体製作した。そのうち 2 体を無塗装, 他 6 体に 3 つのメーカーの発泡性耐火塗料をそれぞれ 2 体ずつに塗布した。耐火塗料の塗膜厚は  $2\text{mm}$  (塗布時の許容誤差  $\pm 10\%$ ) で統一, 素地調整はサンドペーパーで表層目粗し, 塗装方法は各メーカーの仕様に従うものとした。供試体の種類を表-1, 5箇所塗膜厚を測定した平均値を表-2 に示す。なお, 同表には, 加熱試験後, 同様に 5 箇所で発泡厚を計測した平均値も示している。

## (2) 加熱方法

Eurocode<sup>2)</sup>で規定されている加熱温度-時間曲線の内, 最高温度  $680^\circ\text{C}$  の外部火災曲線(以下, EX 曲線と略記), ISO834 に規定される標準加熱温度曲線(以下, ISO 曲線と略記)に準拠した加熱試験をそれぞれ行う。両試験ともに無塗装 1 体(A)と塗装 3 体(B~D)の供試体を山形鋼の上に一列に配置し, 下面から 60 分間の加熱を行った。加熱範囲は, 供試体下面  $400 \times 300\text{mm}$  とし, UFC 表面の上下の 2 点で温度計測した。

表-1 供試体の種類

供試体	層数	素地調整	プライマー系統	主材系統
A	無塗装			
B	4	#80	エポキシ樹脂系	特殊ウレタン樹脂系
C	5	#150	エポキシ樹脂系	特殊ポリエーテル樹脂系
D	4	#80	無溶剤エポキシ樹脂系	特殊ウレタン樹脂系

表-2 塗膜厚と加熱後の発泡厚[mm]

供試体	EX 曲線			ISO834		
	B-EX	C-EX	D-EX	B-ISO	C-ISO	D-ISO
加熱前	2.06	2.18	2.12	1.98	2.20	2.15
加熱後	5.80	6.31	—	—	16.02	25.80

—: 計測不可

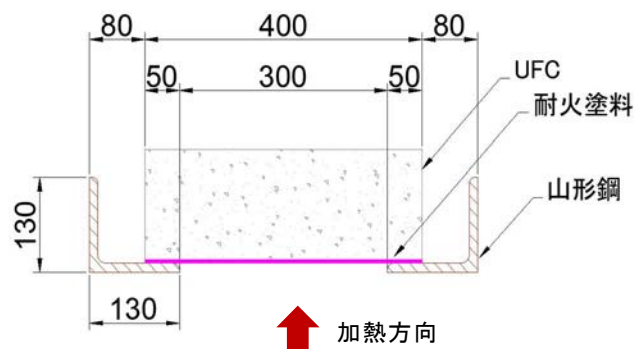


図-1 加熱方法 (寸法単位: mm)

## 3. 加熱試験結果および考察

炉内および供試体下面温度を図-2 および図-3 に示す。

## (1) 無塗装供試体

無塗装の A-EX と A-ISO はともに UFC 表面に剥離が確認された。A-EX, A-ISO は  $300^\circ\text{C}$  程度まで炉内温度と同等の速度で表面温度が上昇していき, A-EX は  $500^\circ\text{C}$ , A-ISO は  $600^\circ\text{C}$  程度で急激に温度が上昇した後, 炉内と同等の温度を呈する結果となった。

## (2) 耐火塗料供試体

耐火塗料を塗布した D-EX と B-ISO で UFC 表面に剥離が確認された。D-EX では温度上昇の傾向がその他の耐火塗料供試体と異なり, 加熱開始 12 分後から

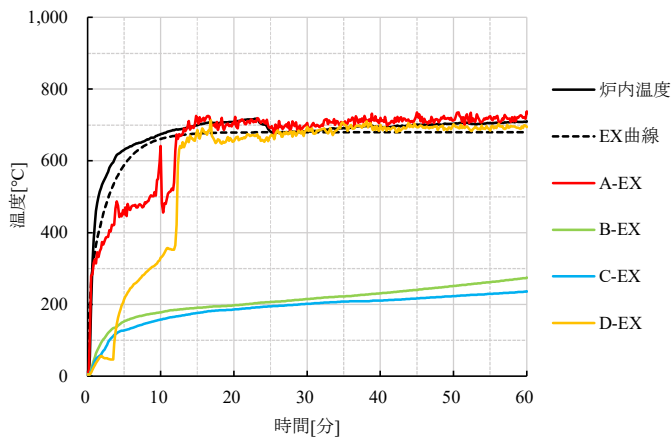


図-2 供試体下面温度(EX 曲線)

表面温度が炉内温度と同程度まで上昇した。加熱による塗装又は UFC に変状が生じたと推測される。

B-ISO は加熱開始 53 分後、表面温度が 300°Cに達するまでは、耐火塗料の性能が発揮されているが、その後、急激に表面温度の上昇がみられる。B-ISO は、53 分以前において C-ISO および D-ISO と比較して温度が高いことから、UFC に変状が生じ耐火塗料の温度抑制効果が損なわれたとも推測される。

加熱開始 60 分後の表面温度は、B-EX : 275°C, C-EX : 237°C, C-ISO : 265°C, D-ISO : 236°Cと、すべての供試体で、250°C前後に温度上昇を抑制できていた。

B-EX, C-EX, C-ISO ならびに D-ISO では加熱によって耐火塗料が発泡し UFC とも十分に付着していることを確認した。また発泡した塗膜下の UFC にもひび割れ等の損傷は確認されなかった。表-3 に、加熱前後の供試体(-ISO)の状況写真を示す。

耐火塗料の加熱前の平均塗膜厚に対する平均発泡倍率は B-EX, C-EX : 3 倍程度, C-ISO : 7.3 倍, D-ISO : 12 倍であった。EX 曲線と ISO 曲線の供試体では発泡倍率に 2 倍以上の差があり、より高温の加熱である ISO 曲線の方が耐火塗料の発泡が顕著であった。その他に耐火塗料の種類や塗膜厚が耐火塗料の発泡に影響していると考えられる。

#### 4. まとめ

UFC 平板型部材に耐火塗料を塗布し、EX 曲線および ISO 曲線で 60 分間の加熱試験を行った結果、耐火塗料を塗布した 6 体の内 2 体では UFC 部材の表面剥離が発生したが、その他 4 体では、UFC と耐火塗料の付着性と耐火性能が確認できた。以上より、UFC 表面温度を 250°C前後に抑制できれば、表面剥離を防止することができると考えられる。このことから、UFC の耐火対策として耐火塗料の有用性が見いだされた。

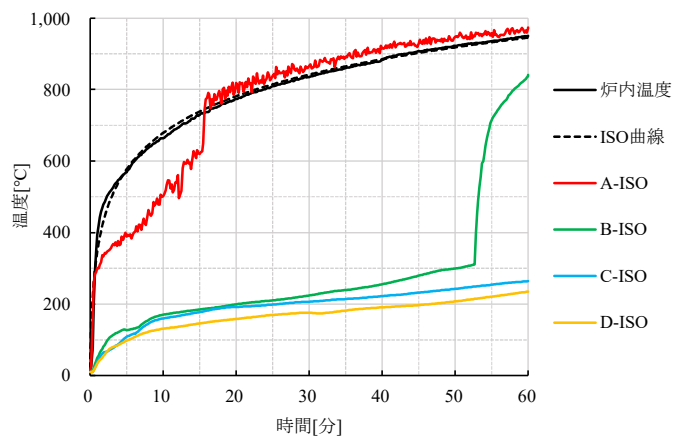


図-3 供試体下面温度(ISO 曲線)

表-3 加熱前後の供試体(ISO 曲線)

	加熱前	加熱後
A-ISO		
B-ISO		
C-ISO		
D-ISO		

#### 謝辞

本研究を遂行するに際し、日本ペイント(株)、関西ペイント(株)ならびに大日本塗料(株)より試料の提供やご助言を頂きました。また、本加熱試験実施に際し、当時、橋梁工学研究室に所属していた田中昭次君に感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)，2004.9.
- 2) CEN：Eurocode 1-Actions on structures-Part 1-2：General actions-Actions on structures exposed to fire, prEN 1991-1-2, 2002.