

第V部門

耐火塗料を塗布した UFC 平板型部材の加熱試験

大阪工業大学工学部 学生員 ○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 2000 年代初頭に海外から日本に導入された圧縮強度 150N/mm^2 を超えるコンクリートである¹⁾。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°C 以上の高温に曝されると表面が剥離・剥落する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、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 3 体製作した。そのうち 1 体を無塗装、他 2 体に異なる塗料メーカーの発泡性耐火塗料を塗布した。耐火塗料の主材膜厚は 2mm (塗布時の許容誤差 $\pm 10\%$) で統一し、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 箇所主材膜厚の測定を行った結果を表-2 に示す。なお、表-2 には、加熱試験後の膜厚測定結果も示している。

(2) 加熱方法

本試験は、本学の八幡工学実験場・構造実験センターが所有するガスバーナーを熱源とする大型水平加熱炉を用いる。供試体の加熱方法を図-1 に示す。

供試体は山形鋼の上に一列に配置し、Eurocode²⁾で規定されている加熱温度-時間曲線の内、最高温度 680°C の EX 曲線を用いて、下面から 60 分間の加熱を行う。文献 3)によると、耐火塗料は雰囲気温度が 600

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

表-2 主材膜厚[mm]

供試体		1	2	3	4	5	平均
加熱前	B	1.98	1.95	2.23	2.22	1.92	2.06
	C	2.10	2.20	2.20	2.20	2.20	2.18
加熱後	B	6.07	5.26	5.08	6.17	5.71	5.80
	C	7.30	5.48	8.30	5.01	5.46	6.31

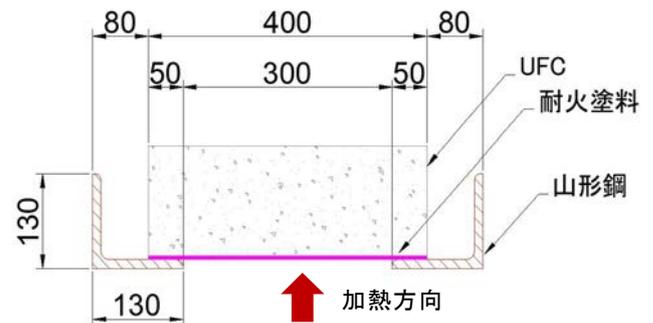


図-1 加熱方法 (寸法単位: mm)

~ 700°C 、塗料温度が $250 \sim 300^\circ\text{C}$ になった場合に発泡する。つまり本試験では、加熱温度が 600°C に達する加熱開始 5 分頃から発泡すると考えられる。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 点で温度計測を行った。

3. 加熱試験結果

炉内および供試体下面温度を図-2 に示す。また、加熱前後の供試体状況写真を表-3 に示す。

(1) 供試体 A

供試体 A の表面温度は加熱開始直後から 300°C 程度まで炉内温度と同等の速度で上昇し、表面温度が 500°C に達したところで、急激な温度上昇が見られた。その後、供試体表面から熱電対が剥がれたことで、炉内と同等の温度を計測していると考えられる。なお、

加熱試験後、A の UFC 表面には剥離が確認された。

(2) 供試体 B および C

供試体 B および C は、ともに同様な温度上昇傾向を示している。加熱開始直後から 3 分頃まで、B、C の表面温度上昇速度は A の 1/3 程度であった。加熱開始 5 分頃、表面温度が 150℃を超えたあたりから温度上昇速度が遅くなっている。この時の炉内温度は 600℃を上回っていることから、前述の通り、B、C の耐火塗料は加熱開始 5 分頃から発泡を開始し、耐火性能を発揮したと推測できる。なお B、C は、加熱開始 60 分時であっても、表面温度が B は 274.7℃、C は 236.2℃と加熱温度より 60%程度低減出来たため、UFC 表面の剥離は確認されなかった。

加熱試験後の B、C の外観と耐火塗料の断面の確認を行った。両者ともに、耐火塗料の欠損や UFC のひび割れなどは確認されなかった。加熱後の耐火塗料断面を写真-1 に示す。耐火塗料の平均発泡厚は B が 5.80mm、C が 6.31mm と加熱前の平均主材膜厚に対する発泡倍率は、両者ともに 3 倍程度であった。写真-1 に示すような耐火塗料主材の未発泡が起きたため、一般的な耐火塗料の発泡倍率である 20~30 倍³⁾と比べて小さい値となった。今回の主材膜厚は、鋼材に耐火塗料を塗布し、ISO-834²⁾に準拠した加熱試験(1 時間:945℃)を行った結果から決定されているため、EX 曲線は ISO-834 に比べ最高温度が低いことや UFC と鋼材の熱容量の違いが主材未発泡の要因の 1 つであると考えられるが、今後の検討課題とする。

4. まとめ

UFC 平板型部材に耐火塗料を塗布し、EX 曲線で 60 分間の加熱試験を行った結果、UFC と耐火塗料の付着性を確認するとともに、剥離を抑制することができた。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。今後は、より高温での加熱試験を行い、適用範囲などについて検討を行う予定である。

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。ここに、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.
- 3) 藤原武士：耐火被覆材料および工法 発泡性耐火塗料，コンクリート工学，Vol45, No.9, 2007.9.

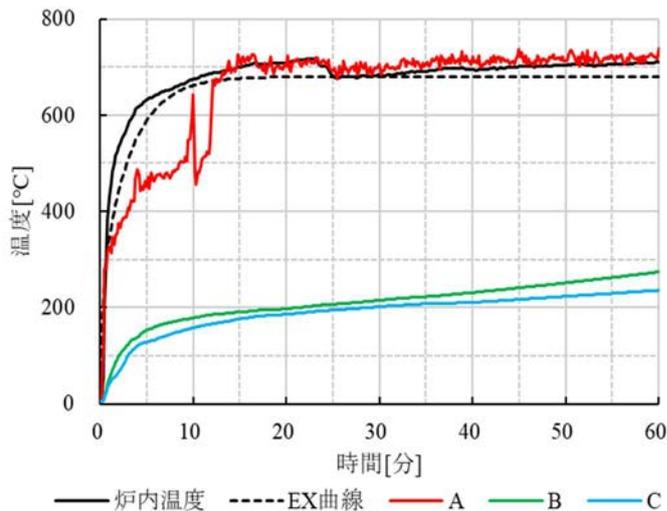


図-2 供試体表面温度(下面)

表-3 加熱前後の供試体

判定	加熱前	加熱後
A-(×)		
B-(○)		
C-(○)		

○：爆裂なし ×：爆裂あり



写真-1 加熱後の耐火塗料断面(供試体 C)