

超高強度繊維補強コンクリートに対する耐火塗料の適用における膜厚の影響評価

大日本塗料（株） 正会員 ○桑原 幹雄 鹿島建設（株） 正会員 一宮 利通

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:UFC）は、優れた力学性能および耐久性を有しているが、火熱時に爆裂を生じやすい課題がある。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）においても、爆裂によってコンクリートが著しく劣化するおそれがあるため、耐火性を必要とする構造物には、適切な対策を検討するのがよいと解説に記載されている。高強度コンクリートの耐火性について、ポリプロピレンなどの合成繊維を混入する方法が実用化されているが、その他の対策に関する検討事例は少ないのが現状である。

本研究では、鉄骨の耐火構造建築で多用される発泡性耐火塗料に着目し、UFC への適用性を検討している。発泡性耐火塗料は、火災時に数 mm の耐火塗膜が数十倍に発泡し、形成された気相含有断熱層が熱移動を遮断し、鉄骨の座屈・倒壊を防ぐ機能を有している。本稿では、UFC の表面に耐火塗料を施工して加熱試験を行い、温度上昇の抑制効果における膜厚の影響を評価した結果について報告する。

2. 加熱試験の概要

エトリンガイド生成系の UFC を用いた。事前に耐火塗料の下地を検討するため、コンクリート向けのエポキシ樹脂プライマーの2種類について付着性を確認した。素地調整として①清掃、②手工具処理（サンドペーパー#80）、③動力工具処理（ディスクサンダー）を行い、プライマーを塗布して硬化乾燥後に建研式接着力試験機で評価した。その結果、全条件でUFCの凝集破壊となり、7MPa以上の高い付着性が得られた（表-1）。

耐火塗装仕様を表-2に、耐火塗装試験体を写真-1に示す。試験体は100×100×50mmの形状とし、UFCの打ち込み後に1日封緘養生した後、85℃で24時間の給熱養生を行って製作した。耐火塗料は塗装無しに加え膜厚を1500μm、3000μmとした。

加熱試験には、改造した小型電気炉を用いた（写真-2）。片面からの加熱試験を行うため、断熱材の中央をくり抜き、耐火塗装試験体を耐火接着剤で固定して扉を外した電気炉に装着した（図-1）。加熱試験では、電気炉内の温度が標準加熱温度曲線 ISO834 Fire-resistance tests—Elements of building construction—に近似する条件で試験体を加熱した。試験体の裏面からドリルで削孔し、表面付近、表面から25mm および裏面に熱電対を設置して加熱試験中に試験体の温度を計測した（図-1）。

表-1 プライマー付着試験結果

塗料系 (膜厚)	評価内容	素地調整方法		
		清掃のみ	手工具処理	動力工具処理
溶剤系 (30μm)	強度(MPa)	7.1	7.9	9.4
	破壊形態	UFC凝集	同左	同左
無溶剤系 (100μm)	強度(MPa)	10.1	9.2	10.7
	破壊形態	UFC凝集	同左	同左

表-2 耐火塗装の仕様

工程	塗料	膜厚(μm)		
1層目	エポキシ樹脂プライマー	30		
2層目	発泡性耐火塗料	0	1500	3000
3層目	エポキシ樹脂塗料	100		
4層目	ふっ素樹脂塗料	30		

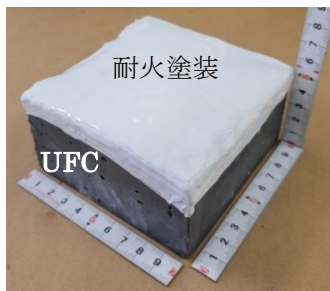


写真-1 耐火塗装試験体



写真-2 小型電気炉の改造

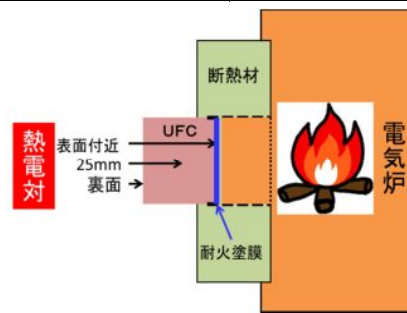


図-1 加熱試験の断面図

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート, 耐火塗料, 耐火性能, 爆裂

連絡先 〒144-0052 東京都大田区蒲田 5-13-23 TOKYU REIT 蒲田ビル 8F TEL03-5710-4502

3. 試験結果

各試験体の加熱試験における UFC の温度変化を図-2 に示す。何れの試験体も表面付近の温度が高く、次いで 25mm 部分、裏面部分となっている。本試験では、最初に耐火塗装膜厚 1500 μm の試験体について加熱試験を行った。その結果、試験開始から約 51 分後、電気炉内温度が約 938 $^{\circ}\text{C}$ 、表面付近温度が約 251 $^{\circ}\text{C}$ で爆裂音が確認された。直ちに加熱試験を終了し、放冷後に試験体を確認すると、耐火塗膜が電気炉内に散乱していた（写真-3）。その後、試験体を観察すると、UFC に最大で 0.3mm のひび割れが確認された（写真-4）。UFC の爆裂で耐火塗膜が飛散したと考えられる。その他の試験体については、UFC が約 300 $^{\circ}\text{C}$ で爆裂の可能性があるため、表面付近温度が 250 $^{\circ}\text{C}$ に到達するまで加熱試験を実施した。耐火塗装膜厚 0 μm の試験体は、試験開始から約 15 分で表面付近温度が 250 $^{\circ}\text{C}$ に到達した。耐火塗装膜厚 3000 μm の試験体は、表面付近温度が 250 $^{\circ}\text{C}$ に到達するまで約 100 分の耐火性能を示した。なお、耐火塗装膜厚 0 μm と 3000 μm の試験体は爆裂しなかった。

各試験体の断面状況を写真-5 に示す。耐火塗料の発泡性状については、耐火塗装膜厚 1500 μm の試験体は約 10mm、耐火塗装膜厚 3000 μm では約 25mm の断熱層が得られた。

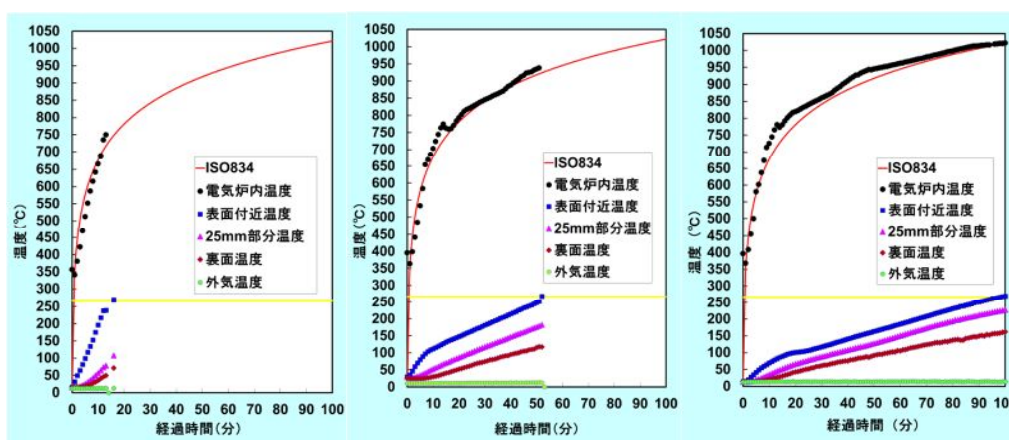


図-2 各試験体の加熱試験の結果（左から耐火塗装膜厚 0, 1500, 3000 μm ）



写真-3 試験後の電気炉内と飛散した耐火塗膜



写真-4 試験後の UFC の状態とひび割れ

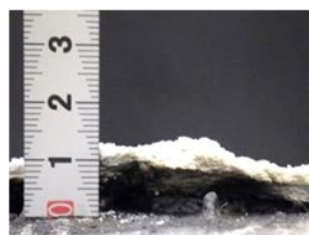


写真-5 各試験体の断面状態（左から耐火塗装膜厚 0, 1500, 3000 μm ）

4. まとめ

UFC に膜厚をパラメータとした耐火塗料を施工し、耐火性能試験を実施した結果、以下の知見が得られた。

- 耐火塗料は、鉄骨に塗装した時と同様に発泡し、温度上昇の抑制効果を示した。
- 耐火塗装の膜厚が大きいほど、発泡した断熱層も大きく、耐火性能も向上した。

【謝辞】本研究は「UFC 床版の耐火性評価に関する共同研究（その 2）」（大阪工業大学、阪神高速道路株式会社）に関連して実施したものであり、大阪工業大学大山理教授にご指導を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。