

高温耐性 FRP の開発に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 27 年度～平 29 年度

担当チーム：材料資源研究グループ

研究担当者：西崎 到、古賀 裕久、櫻庭 浩樹

【要旨】

本研究では、高温負荷が繊維強化プラスチック（以下、FRP）の物性に及ぼす影響の解明および FRP の高温耐性向上技術の開発を目的として検討を行った。トンネル等のはく落防止工として適用されている FRP シートを対象として、付着性および押抜き抵抗性を検討した結果、300℃程度の加熱を受けた場合に、外観が変化し、物性が顕著に低下することを明らかにした。次に、外観と付着性もしくは押抜き抵抗性の関係を検討した結果、外観の変化からこれらの物性の低下を確認できる可能性を示した。さらに、耐火被覆材の適用性を検討し、耐火被覆材の種類によっては、300℃程度までの加熱に対して効果が期待できる可能性を示した。

キーワード：FRP、高温、付着性、押抜き抵抗性、外観

1. はじめに

繊維強化プラスチック（以下、FRP）は、トンネル覆工等のコンクリート構造物のはく落防止対策や橋梁点検路等に適用されている。FRP をはく落防止対策として用いる場合、コンクリート表面に繊維を配置して樹脂を含浸、硬化させて接着することでのはく落を防止する（このような工程で繊維と樹脂を一体化したものを以下、FRP シートと記す）。このように FRP シートを用いる場合、コンクリートとの付着性、コンクリート片の落下に対する押抜き抵抗性が重要な物性となる。

一方、FRP を適用した部位の周辺で、火災が発生することも想定されるが、火災による高温負荷が、FRP の物性に及ぼす影響は十分に明らかになっていない。また、トンネルの重要性、構造形式、延長等に応じて、火災対策として耐火被覆材の設置等がなされる場合があるため、FRP を適用した部位においても、条件によっては耐火被覆材を設置する可能性があると思われる。

本研究では、火災による高温負荷が、FRP シートの外観、付着性および押抜き抵抗性に及ぼす影響を検討した。また、FRP の高温耐性を向上させるため、耐火被覆材の効果についても検討した。その他、FRP を板状に成形した FRP 成形材の引張特性についても同様に検討したが、本報では FRP シートの検討について紹介する。

2. 検討方法

2. 1 供試体

供試体は、図-1 に示すように、モルタルあるいはコ



a) 付着性試験

b) 押抜き試験

図-1 供試体の例

表-1 FRP シートと耐火被覆の仕様

種類	主成分	標準塗布量 (kg/m ²)	
FRP シート	プライマー	エポキシ系	0.2
	パテ	エポキシ系	1.0
	含浸樹脂	エポキシ系	0.6
耐火被覆材	プライマー	エポキシ系	0.2
	ポリマーセメントモルタル	アクリル系ポリマーセメント	20.9
	中塗り樹脂	アクリル系	1.5

ンクリートの基盤に FRP シート（炭素繊維にエポキシ樹脂系接着剤を含浸）を接着したものとした。モルタル基盤は付着性試験、コンクリート基盤は押抜き試験用の供試体に用い、それらの寸法は、それぞれ、7×7×2cm および 40×40×6cm とした。FRP シートと耐火被覆の仕様を表-1 に示す。耐火被覆材はアクリル系ポリマーセメントモルタルもしくはアクリル系の発泡型耐火塗料とした。

2. 2 加熱条件と測定項目

供試体の加熱については、付着性試験に用いるものはオーブンをを用いて加熱し、押抜き試験に用いるものは電熱線を供試体の表面に配置して加熱した。加熱温

度は100℃～360℃の範囲とし、加熱時間はオーブンを
用いた場合は30分、電熱線を配置した場合は60分と
した。この加熱条件は、トンネルでの普通自動車の火
災を想定した¹⁾。

加熱終了後、供試体を室温まで冷却し、外観変化を
記録および色差計を用いて色差を測定した。次に、
JSCE-K 524-2013 による付着強さ試験および JSCE-K
533-2013 による押抜き試験を実施し、付着強さおよび
押抜き荷重を測定した。

3. 検討結果

3.1 付着性

付着強さと加熱温度の関係を図-2 に示す。なお、
360℃まで加熱した場合、FRP が炭化したため、付着
強さの測定は290℃まで加熱したもので実施した。

耐火被覆無し供試体およびPCM系被覆供試体では、
加熱温度290℃の場合、付着強さは0.4MPa程度となり、
付着性の低下は顕著だった。一方、樹脂系被覆供試体
では、加熱温度290℃としても1.4MPa程度の付着強さ
を保持した。これは、塗料が発泡して断熱層を形成し
た効果によるものと思われる。

加熱後の外観変化を図-3 に示す。加熱温度が290℃
の場合、耐火被覆なしが黒色、その他は茶色に変色し、
200℃と比べて区別が可能な結果となった。

3.2 押抜き抵抗性

各温度における押抜き荷重と変位の関係を図-4 に示
す。なお、押抜き試験については、耐火被覆材無し供
試体の結果のみである。加熱温度が100℃と200℃の場
合は、加熱なしの供試体と同等の結果を示した。一方、
加熱温度を300℃とした場合、載荷直後にFRPシート
の剥離が生じ、押抜き荷重はほぼゼロであった。

加熱前後の色差の変化を図-5 に示す。300℃で加熱
した場合、色差は、変化が大きいと判定される6以上
となった²⁾。この結果は、図-4 の結果と対応している
ことから、耐火被覆がない場合には、外観から押抜き
荷重の低下を把握できる可能性がある。

4. まとめ

本研究では、高温負荷を受けるFRPの物性および耐
火被覆材の効果について検討した。

- 1) 100℃～300℃程度で加熱して常温に戻した後、付着
強さと押抜き荷重を測定した結果、300℃程度まで加
熱すると、顕著に付着強さや押抜き荷重が低下した。
- 2) FRP の付着性と押抜き抵抗性が低下した 290～
300℃まで加熱すると外観に顕著な変化が認められ

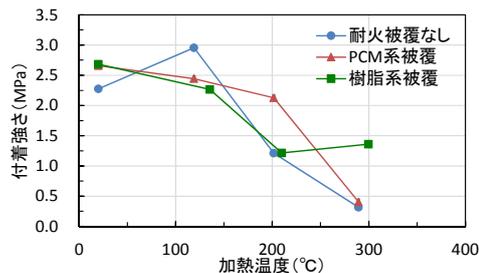


図-2 付着強さと加熱温度の関係

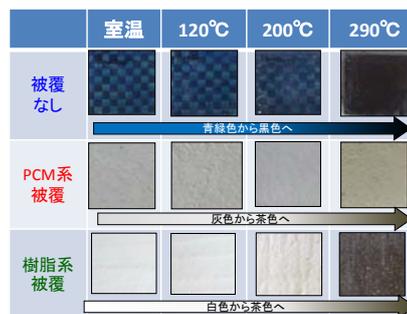


図-3 加熱後の外観変化

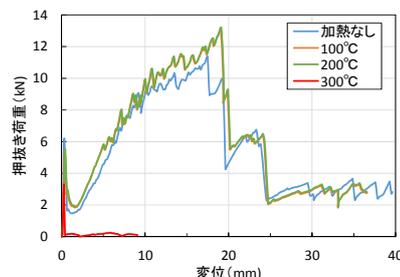


図-4 各温度における押抜き荷重と変位の関係

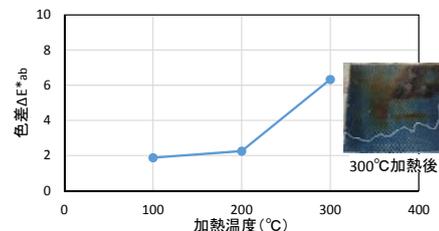


図-5 加熱後の色差の変化

た。外観観察から簡易に付着強さや押抜き荷重の低
下を推測できる可能性を見出した。

- 3) 耐火被覆材の適用性を検討し、耐火被覆材の種類に
よっては、300℃程度までの加熱に対して、効果が期
待できる可能性を示した。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会：コンクリートの高温特性と
コンクリート構造物の耐火性に関する研究委員会報告
書、pp.1-13、2012
- 2) 土木学会：表面保護工法 設計施工指針（案）、
pp.147-149、2005