

連続繊維シートの付着性に対する施工環境の影響

(国研) 土木研究所 正会員 ○川島 陽子, 佐々木 厳, 百武 壮, 富山 禎仁

1. はじめに

連続繊維シート(以下, FRP シート)は橋脚や床版のコンクリートに対する補強・補修材として, 広く普及している。しかし, コンクリート接着面の含水状態や温湿度等の施工環境により, 供用初期から FRP シートが剥離するという報告がある¹⁾。本研究では, コンクリートの含水等の表面状態や施工温度を試験条件として FRP シートを施工し, プルオフ試験や引き剥がし試験の結果を元に, FRP シートの付着性に対する施工環境の影響を評価した。

2. 試験概要

2. 1 FRP シート施工の条件

母材となるコンクリート平板(以下, 母材)は 300×300×60mm に打設, 成形したものを使用した。表面処理として, 母材表面をディスクグラインダで研磨処置をした。母材に対して FRP シートを図-1 の通り施工した。なお, FRP シートの積層構成は2層として, 互いに直交するように配置した。FRP シート等の仕様および施工条件をそれぞれ表-1 および表-2 に示す。水中養生については, プライマー施工の 72 時間前に, 所定の温度に設定した恒温室内の容器内に注水し, 施工面を上向きにして設置した母材を水没浸漬した。施工時には, 水位を母材の厚みの半分程度の高さになるように調整し, 施工面の水をウェスで除去した状態とした。

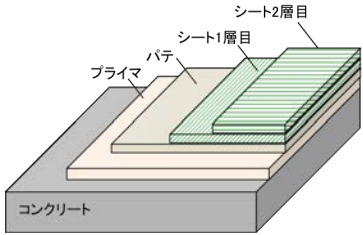


図-1 積層構成

表-1 FRP シート等の仕様

	諸元
プライマー	エポキシ樹脂
パテ	エポキシ樹脂
含浸樹脂	エポキシ樹脂
FRP シート	炭素繊維シート, (高強度タイプ, 目付け量 300g/m ²)

2. 2 付着性評価

(1)プルオフ試験

母材表面に鋼製治具(40×40mm)をエポキシ樹脂系接着剤で貼付け, その周囲をコンクリートカッターで母材に達するまで切り込みを入れた後, プルオフ式接着力試験機を用いて付着強さを測定した。

(2)引き剥がし試験

母材と FRP シート界面の破壊が, 実態の破壊形態に近い評価方法として, 引き剥がし試験を実施した²⁾。各供試体の加工状況について図-2 に示す。端部の約 30mm を, FRP シートを残して切り落として掴み部を設けた。また, 供試体表面に幅 30mm×長さ 170mm の短冊状になるように, 母材まで達する切り込みを入れ, 引き剥がし試験部位とした。図-3 に示すように, 供試体の掴み部を万能試験機にステンレスワイヤで繋ぎ, 試験部位の FRP シートが完全にはく離するまでの時間および荷重の変化を記録した。試験速度は, 既往研究に準じて 100mm/min とした²⁾。

表-2 FRP シートの施工条件

条件名	設定温度℃	養生	表面処理
標準	20	気中	有り
常温湿潤	20	水中	有り
低温湿潤	5	水中	有り
表面無処理	20	気中	無し

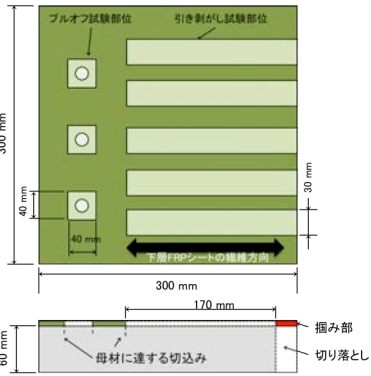


図-2 供試体の加工概要

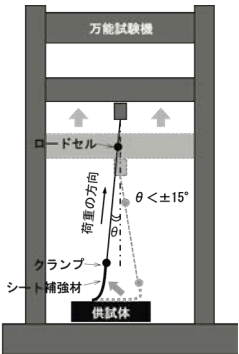


図-3 引き剥がし試験概要²⁾

3. 結果および考察

3. 1 プルオフ試験による付着強さの評価

キーワード 連続繊維シート, プルオフ試験, 引き剥がし試験, 付着性, 施工環境
連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研)土木研究所 iMaRRC TEL 029-879-6763

図-4に各条件で施工したFRPシートの付着強さを示した。全ての施工条件において、プルオフ試験の破壊形態は全て母材の凝集破壊であった。付着強さは3MPa以上の高い値を示しており、施工環境による差異は見られなかった。

3. 2 引き剥がし試験による付着強さの評価

引き剥がし試験の結果として、剥離面の様子や試験力-時間変位の結果を図-5に示す。プルオフ試験と異なり、施工条件によって破壊形態が変化した。標準条件では、引き剥がしたシート側にコンクリートが付着していた。一方、常温湿潤および低温湿潤の条件では、シート側にコンクリートが付着していたものの、標準条件と比べるとわずかであった。表面無処理の場合では、FRPシートに付着物はなかった。また、母材の表面にはプライマーが確認されなかったため、母材とFRPシート界面でプライマーが機能していなかったものと判断された。

施工条件によって試験力の経時変化は異なっており、標準条件と比較して常温湿潤および低温湿潤条件の場合では、試験力が小さくなる傾向が見られた。表面無処理の条件においては、わずかな試験力でFRPシートが剥がれ、完全に剥離するまでに要する時間は、他の条件よりも非常に短かった。

引き剥がし試験時の試験力の平均値を図-6に示す。湿潤条件では、FRPシートと母材界面の付着力が小さくなり、表面無処理の場合では付着力の低下がより顕著であった。施工時に表面水を拭いたとしても、表面近傍の母材内部に水が存在する場合には、プライマーが十分に浸透せず付着性が低下したものと考えられる。

4. まとめと今後の課題

本研究ではFRPシートの付着性に対する施工環境の影響をプルオフ試験や引き剥がし試験から評価を試みた。その結果、プルオフ試験では施工環境による付着性の差異が明確ではなかったのに対して、引き剥がし試験では、破壊形態や付着強さに相当する引き剥がしに要する力の挙動に違いが見られ、含水等の表面状態がFRPシートの付着性へ影響を及ぼすことが示された。今後は施工温度や湿度、表面含水状態などをより系統的に変化させて、付着性への影響を明確にする。

参考文献

- 1) 白石元紀ほか：RC床版における炭素繊維補強工の不具合事例，第10回道路橋床版シンポジウム論文報告集，pp.227-230，2018。
- 2) 富山禎仁ほか：連続繊維シート補強コンクリートの暴露耐久性に関する検討，第9回FRP複合構造・橋梁に関するシンポジウム，2022。

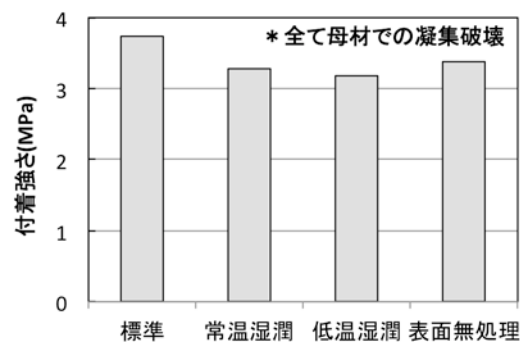


図-4 プルオフ試験結果

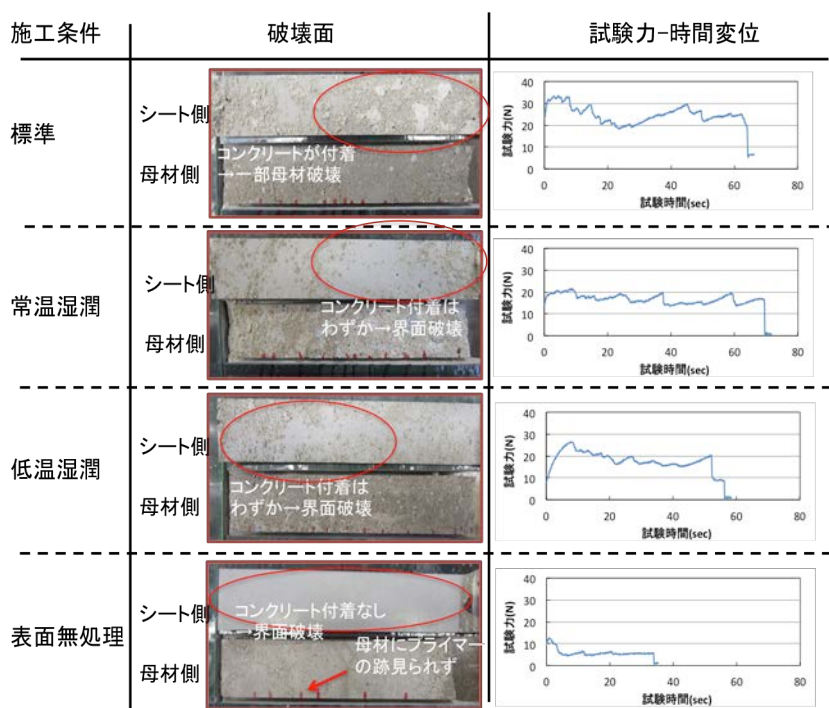


図-5 引き剥がし試験結果

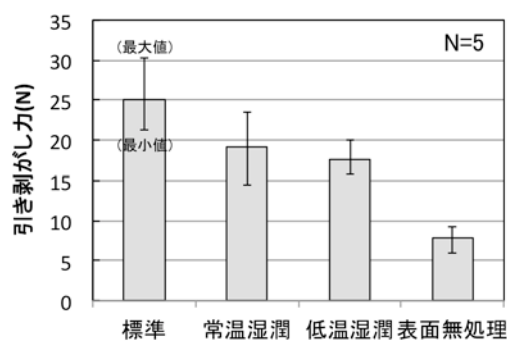


図-6 引き剥がし試験の試験力から算出した引き剥がし力の平均値