

BFRP, AFRP シート接着コンクリートの環境温度変化に伴うひずみ変化挙動

名城大学 正会員 ○岩下 健太郎, 臼井 史也
日本国土開発株式会社 正会員 山内 匡, 千賀 年浩
榎屋ティスコ株式会社 高見 肇, 神崎 豊裕
株式会社榎屋 近藤 修

1. 目的

コンクリート構造物の補修・補強材料として、FRP シートは主流な材料として認識されている。FRP に使用される繊維材には多くの種類があり、線膨張係数がコンクリートと大きく異なるものも含まれるため、繊維材の選択によっては、温度変化に伴い補強対象のコンクリートに拘束力が生じることがある。そこで、コンクリートと同様の線膨張係数を有するバサルト繊維と、負の線膨張係数を有するアラミド繊維をコンクリートに接着したうえで温度変化させる実験を行い、使用する繊維材の線膨張係数と FRP シート接着コンクリートの膨張収縮挙動の関係を検証した。

2. 実験方法

100 mm×100 mm の矩形断面で 400 mm 長さのコンクリート供試体を 2 体作製した。コンクリートの設計強度は 24 N/mm² とした。表面をダイヤモンドサンダーで粗骨材が現れるまで研削し、エタノールで拭いたうえでエポキシプライマーを 0.25 kg/m² 相当量を塗布したうえで、30 mm 幅に切断したバサルト繊維シートとアラミド繊維シートを各々の供試体に 1.0 kg/m² 相当量のエポキシ樹脂で含浸、接着した。(含浸、接着後の各シートをそれぞれ BFRP シート、AFRP シートと呼称する。) 7 日間以上の室温養生後、FRP シートの幅方向、長手方向の中央に検長 5 mm の温度補償ひずみゲージを、長手方向の中央、FRP シートの近くのコンクリート表面に検長 60 mm のひずみゲージをそれぞれ設置し、FRP シートとコンクリートの表面ひずみ測定を行った。接着後の供試体の詳細寸法を図-1 に、使用材料の物性を表-1 にそれぞれ示す。バサルト繊維シートには 1000 g/m² 目付のものをを用い、アラミド繊維シートには 415 g/m² 目付のものをを用いた。その結果、補強量に関する指標の一つであるヤング率 $E_f \times$ 厚さ t_f は、バサルト繊維シートで 34.2 kN/mm、アラミド繊維シートで 33.7 kN/mm である。

バサルト繊維材は玄武岩を熔融、紡糸して造られたバサルト繊維よりなるため、その線膨張係数は玄武岩と同様に 5 μ /°C 程度であるとされる。また、アラミド繊維材は一般に -2~-5 μ /°C 程度であるとされる¹⁾。以上のように作製した供試体を恒温器に静置し、60°C と -20°C に器内温度を変化させる実験を行った。昇温、高温時間は含まずに、60°C、-20°C、各々の器内温度で 12 時間保持することとした。器内温度はひずみゲージ位置に設置した熱電対により直接計測した。

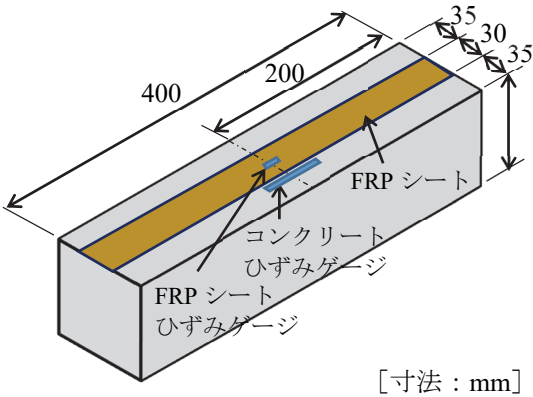


図-1 供試体詳細寸法

表-1 連続繊維シートの物性値

特性	バサルト 繊維シート	アラミド 繊維シート
引張強度 σ_f (N/mm ² , メーカー値)	1,900	2,060
引張弾性率 E_f (kN/mm ² , メーカー値)	90	118
破断伸び ε_f ($=\sigma_f/E_f$) (μ)	21,111	17,458
目付量 (g/m ²)	1,000	415
公称厚さ t_f (mm)	0.380	0.286
$E_f \cdot t_f$ (kN/mm)	34.2	33.7
線膨張係数 (μ /°C)	5	-2~-5

キーワード バサルト繊維, アラミド繊維, FRP シート, コンクリート, 接着, 線膨張係数, ひずみ

連絡先 〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL 052-832-1151

3. 実験結果と考察

40 サイクル後の 60℃温度保持時の FRP シートひずみをゼロとして、環境温度と FRP シートひずみ変化量の関係を作成し、図-2 に示す。BFRP シート接着供試体においては、環境温度 60℃で 12 時間保持した上で温度を低下させ始めると、当初は 40 μ 程度、ひずみが増加している。これは、環境温度が 60℃で保持され、コンクリート内部に向かって蓄積された熱エネルギーが、環境温度を低下させ始めたことによりコンクリート表層部に移動し、表層部が一時的に膨張したためであると推察される。その後は緩やかにひずみが減少していく傾向が見られた。また、環境温度-20℃で 12 時間保持した上で上昇させ始めると、当初はさらにひずみが減少している。これは、環境温度が-20℃で保持され、コンクリート内部の熱エネルギーが外部に完全に放出される前に環境温度を増加させ始めたことにより、当初は引き続きコンクリート表層部に熱エネルギーを放出されたため、表層部が一時的に収縮を続けたためであると推察される。その後はひずみが増加していく傾向が見られた。この温度上昇に伴うひずみ増加量は、大凡線形的で 4.9 $\mu/^\circ\text{C}$ であり、バサルト繊維の線膨張係数と同様である傾向が見られた。

AFRP シートひずみについては、BFRP シートの場合と反対に、温度低下とともにひずみが増加し、温度上昇とともにひずみが低下する傾向が見られた。この温度上昇に伴うひずみ増加量は、大凡線形的で -1.9 $\mu/^\circ\text{C}$ であり、バサルト繊維の線膨張係数と同様である傾向が見られた。

40 サイクル後の 60℃温度保持時のコンクリートひずみをゼロとして、環境温度とコンクリートひずみ変化量の関係を作成し、図-3 に示す。環境温度増加時のコンクリートひずみ増加量は、-20～0℃の範囲内で BFRP シート接着供試体において 9.4 $\mu/^\circ\text{C}$ 、AFRP シート接着供試体において 6.4 $\mu/^\circ\text{C}$ であり、AFRP シートにより、3.0 $\mu/^\circ\text{C}$ のひずみ拘束が、-20～20℃の範囲内で BFRP シート接着供試体において 5.8 $\mu/^\circ\text{C}$ 、AFRP シート接着供試体において 4.7 $\mu/^\circ\text{C}$ であり、AFRP シートにより、1.1 $\mu/^\circ\text{C}$ のひずみ拘束がそれぞれ生じていることが実験的に明確になった。以上から、BFRP シートのようにコンクリートと類似した線膨張係数を有する繊維材を選択した場合には、環境温度変化に伴う拘束ひずみが生じにくい傾向があることが実験的に明確となった。

4. まとめ

BFRP シート、AFRP シートを各々接着したコンクリート供試体の環境温度変化実験を行った結果、コンクリートと類似した線膨張係数を有する BFRP シートを選択した場合に、環境温度変化に伴う拘束ひずみが生じにくい傾向があることが実験的に明確となった。

参考文献

- 1) D. ハル, T.W. クライン: 複合材料入門 [改訂版], 培風館, 2003

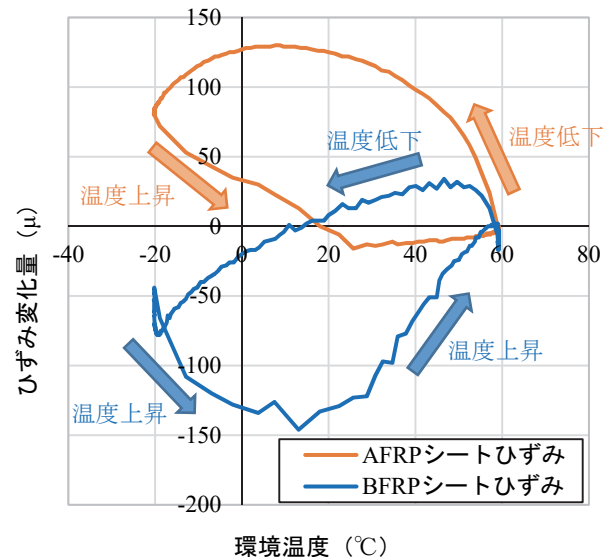


図-2 環境温度と FRP シートひずみの関係

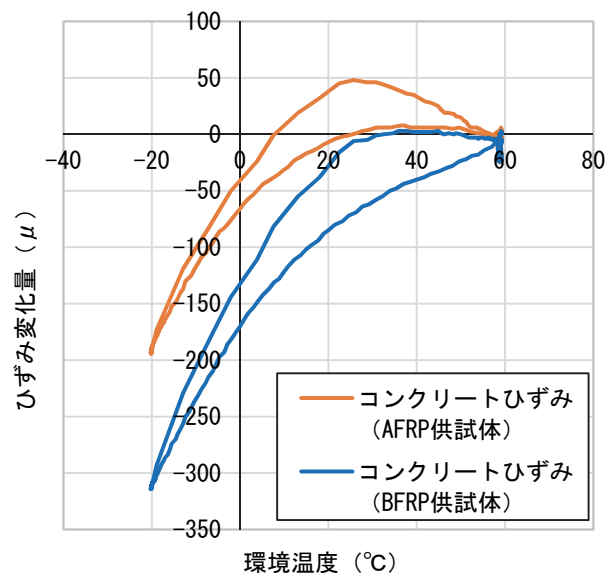


図-3 環境温度とコンクリートひずみの関係