

FRP シート接着モルタルの温度膨張収縮挙動に関する研究

名城大学 学生会員 ○藤井 祐太
 名城大学 正会員 岩下 健太郎
 名城大学 阿万 剛希

1. はじめに

FRPシート接着によるRC構造物の補強工法が盛んに用いられている。既往の研究で、温度変化サイクルという温度履歴を受けると接着界面付近でひずみが相反するという結果が示され、FRPシートとコンクリートの線膨張係数の違いに起因したものと考えられた。温度変化の繰り返しが接着界面付近のコンクリートを損傷させ、その蓄積により付着強度は低下傾向となる可能性が示唆されている。¹⁾ 付着強度の低下に、FRPシートとコンクリートの線膨張係数の違いが影響すると思われるが、関連の研究事例はほとんど見られない。本研究では線膨張係数が大きく異なるBFRP及びAFRPシート接着モルタルに繰り返し温度を与える実験を行い、FRPシート接着RC梁の温度膨張収縮挙動に対するFRPシートの線膨張係数の影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

100×100×400 mmのモルタル供試体のある一面に対して、BFRP及びAFRPシートを接着した供試体とFRPシートを接着しない供試体を各3体作製した。なお、以後はそれぞれBFRP供試体、AFRP供試体、NFRP供試体と呼称する。供試体の詳細寸法図を図-1に示す。

表-1に本実験で用いた材料及び物性値、表-2にモルタルの配合を示す。供試体は、普通ポルトランドセメント、珪砂5号、水道水、そしてAE減水剤を用いて作製した。水セメント比は50%とした。なお、事前にモルタルの圧縮試験を行い、圧縮強度と水セメント比の関係を確認しており、本研究の配合では、モルタルの圧縮強度が40MPaとなるように設定した。

表-3にモルタルとFRPシートの物性値を示す。本実験では、土木学会コンクリート標準示方書[設計編]に従ってモルタルの線膨張係数の公称値を10μ/°Cとした。

供試体は28日間水中養生を行った。シートの接着作業は、コンクリート表面のケレン、プライマーによる下塗り、シートの接着、試験開始まで7日間以上室温養生するという工程で行った。

コンクリート内部とFRPシート接着面コンクリートにおけるひずみを図-1に示す位置において、それぞれ検長60mmと10mmのひずみゲージを用いて計測した。すべての供試体を恒温機に静置し、図-2に示すような温度変化を1サイクルとし、の設定で5サイクル(168時間)行った。同様の方法で、両FRPシート単体の温度膨張収縮挙動も測定した。

表-1 使用材料の物性値

| 材料 | 物性値 |
|--------|--|
| 水 | 密度 1000kg/m ³ |
| セメント | 密度 3150kg/m ³ |
| 細骨材 | 密度 2600kg/m ³ |
| AE減水剤 | 密度 1014~1110kg/m ³ |
| 接着剤 | 線膨張係数 80 μ/°C |
| バサルト繊維 | 密度 2.63×10 ⁻³ kg/m ³ , 厚さ 0.256 mm |
| アラミド繊維 | 密度 1.45×10 ⁻³ kg/m ³ , 厚さ 0.195 mm |

表-2 モルタルの配合

| 水セメント比 (%) | 単位量(kg/m ³) | | |
|------------|-------------------------|------|------|
| | 水 | セメント | 細骨材 |
| 50 | 300 | 600 | 1200 |

表-3 モルタルとFRPシートの物性値

| 物性 | モルタル | BFRP | AFRP |
|---------------------------|-------|-------|--------|
| 線膨張係数(μ/°C) | 7~13 | 7 | -6 |
| ヤング係数(N/mm ²) | 26000 | 93000 | 118000 |



図-1 供試体の詳細寸法図



図-2 設定温度変化

$$\epsilon = \alpha \times T \quad (1)$$

$$P = \Delta \epsilon \times E_f \times A_f \quad (2)$$

$$\epsilon_f = \frac{P \times L/2}{A_c \times I} \times y \quad (3)$$

キーワード 外部拘束, BFRP, AFRP, 温度膨張収縮, 線膨張係数

連絡先 〒468-0073 名古屋市天白区塩釜口 1-501 理工学研究科社会基盤デザイン工学専攻 TEL 090-7863-5832

一方、式(1)~(3)を用いて温度変化時における FRP シート接着供試体のコンクリート中央ひずみ変化量を算定した。ここに、 ϵ :各種材料のひずみ変化量(μ)、 $\Delta\epsilon$:モルタルとシートのひずみ変化量の差(μ)、 α :線膨張係数($\mu/^\circ\text{C}$)、 T :温度変化量($^\circ\text{C}$)、 P :接着界面に生じる軸力(N)、 E_f :FRP シートのヤング係数(N/mm²)、 A_f :FRP シートの断面積(mm²)、 ϵ_f :シートが接着界面に与えるひずみ変化量(μ)、 L :スパン長(mm)、 A_c :モルタルの断面積(mm²)、 I :梁の断面二次モーメント、 y :中立軸位置(mm)である。中立軸に与える FRP シートの影響は、その公称厚みがコンクリートに対して微小ではぼ無いため、梁せいの半分にあたる 50 mm とした。

3. 実験結果および考察

図-3 にひずみの時刻歴を示す。同図において、初めの 1 サイクル目に機内温度が不安定な挙動を示したため除き、2~5 サイクルについてグラフを作成した。膨張時と収縮時で分けて平均の傾きを求め、その傾向を確認した。NFRP, BFRP, AFRP の傾きの平均は、膨張時は 5.04 $\mu/^\circ\text{C}$, 4.05 $\mu/^\circ\text{C}$, 4.43 $\mu/^\circ\text{C}$, 収縮時は 5.95 $\mu/^\circ\text{C}$, 3.91 $\mu/^\circ\text{C}$, 4.10 $\mu/^\circ\text{C}$ となり、大きな差は見られなかった。このことから、FRP シートの線膨張係数は、モルタルの膨張収縮挙動にほとんど影響しないことが確認された。

次に図-4 に 20 $^\circ\text{C}$ を基準としたときのひずみ変動量を示す。ひずみの実験値は、線膨張係数の公称値を用いて求めた計算値より線膨張係数の実験値を用いて求めた算定値と類似しており、線膨張係数を実測し、用いることで、より正確な算定結果を得られる可能性が示された。

なお、公称値を用いた算定値が実験結果と異なった要因は、シートを含浸した際の繊維の緩みや、エポキシ樹脂含浸剤の線膨張係数がモルタルの 10 倍以上であり、高温度で繊維を拘束する力が弱まったためであると考えている。図-4(a)において、BFRP と AFRP のひずみを比較すると、約 10 μ と僅かではあるが AFRP より BFRP の方が温度変化によるひずみ変動量は小さく、コンクリートとの線膨張係数の差が小さい方が、外部拘束が僅かに小さくなる傾向が見られた。図-4(b)において 20 $^\circ\text{C}$ から -10 $^\circ\text{C}$ に温度変化するときのひずみがより大きく変動している。この要因は、梁全体が凍結するまでには時間がより長くかかり、収縮ひずみ変動の発生が遅れた可能性がある。そのため、より詳細な検証を行う際には、温度の維持時間を増やす必要があると思う。

4. まとめ

本研究では、AFRP 及び BFRP シートを接着したモルタルの繰り返し温度試験を行い、両 FRP シートによる外部拘束の影響はコンクリートと異なる線膨張係数を有する FRP シートを用いてもほぼ無いことが確認された。今後は、サイクル数や温度維持の時間を増やした実験を行うとともに、有限要素解析でも評価する予定である。

参考文献

- 1) 子田康弘, 加藤穰, 上原子晶久, 岩城一郎: 環境温度が連続繊維シートとコンクリートの付着強度に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.2, pp.1435-1440, 2011

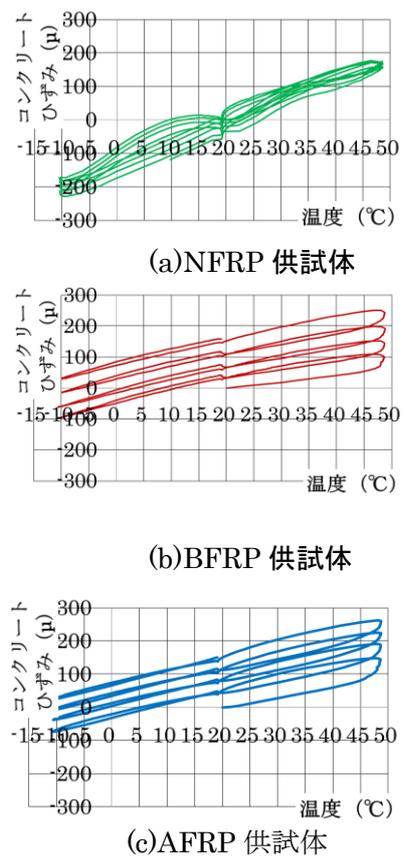


図-3 ひずみと温度の関係

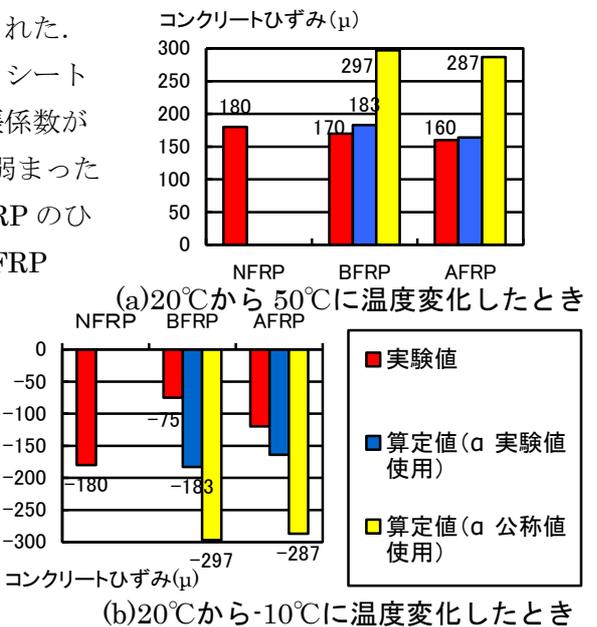


図-4 実験値と計算値のひずみの比較