

繊維シートの繰り返し温度ひずみによる付着強度に関する研究

群馬工業高等専門学校 学生会員 ○金澤 推
群馬工業高等専門学校 正会員 田中英紀

1. 目的

コンクリート構造物の補修・補強工法の一つに炭素やアラミドを用いた繊維シートをコンクリートに接着する工法がある。炭素繊維シートは比重が鉄の 1/5 と軽量であり、引張強度は鉄の約 10 倍と言われている。また、耐久性も高く、塩害等の防食環境に最適であり耐薬品性に優れている。一方、アラミド繊維シートは高強度、高弾圧で耐久性に優れており、非伝導性である¹⁾。しかし、線膨張係数はコンクリートが正であるのに対し、繊維シートは負であることから周辺環境温度の変化により材料間の界面剥離が懸念され、付着強度の低下が考えられる。

そこで、本研究では実際に繊維シートを用いて補強をした橋梁がある沼田市の冬季の温度を温度条件とし²⁾、アラミド繊維シート、炭素繊維シートを貼付けた試験体のコーティング表面のひずみ計測を行い、繊維シートとコンクリートとの剥離特性を把握することを目的とする。

2. 試験概要

2. 1 試験体

本実験では表-1 に示す 4 種類の試験体を用いた。コンクリート試験体の特性を表-2 に示す。使用した炭素繊維シートとアラミド繊維シートは日鉄コンポジット社の FTS-C1-40、FTS-AK-90 である。

2. 2 試験方法

試験方法は、図-1 に示してある位置のように、試験体表面の中央に一軸のひずみゲージ、端部に直角三軸ロゼットゲージをそれぞれ貼付し、MIT-683-1 型凍結融解試験機を用いて、沼田市の過去 5 年間の冬季気象データを参考に温度とサイクル時間を図-2 のように設定し、ひずみを測定するものである。

3. 結果と考察

3. 1 最大主ひずみ

実験では、試験体の中心と端部の 2 種類のひずみを計測したが、ここでは端部のひずみについて述べる。

ロゼットゲージを用いて測定した三軸方向のひずみより、最大主ひずみを式(1)で求めた。

$$\varepsilon_{\max} = \frac{1}{2} \left[\varepsilon_a + \varepsilon_c + \sqrt{2 \left\{ (\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_a - \varepsilon_c)^2 \right\}} \right] \quad (1)$$

$\varepsilon_{\max}$: 最大主ひずみ

$\varepsilon_a, \varepsilon_b, \varepsilon_c$: 図-3 参照

表-1 試験体の特徴

ケース	特徴
1	コンクリート表面に下地処理を行い、炭素繊維シートを貼付
2	コンクリート表面に下地処理を行い、アラミド繊維シートを貼付
3	コンクリート表面に下地処理のみを行う
4	母材

表-2 試験体のコンクリートの特性

寸法	100×100×400mm
圧縮強度	13.83N/mm ²
ヤング係数	24.49KN/mm ²

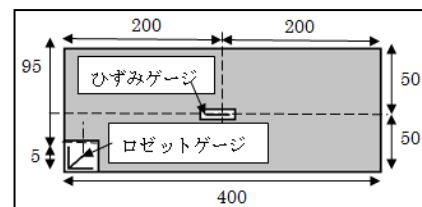


図-1 ひずみゲージの位置 (単位 mm)

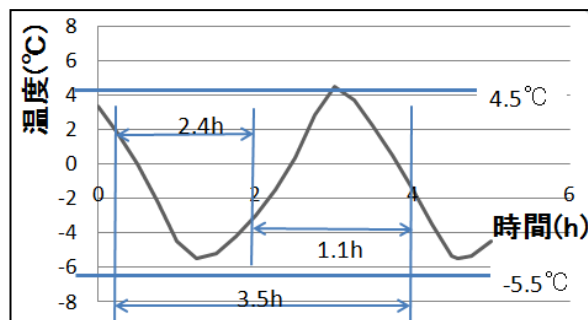


図-2 温度とサイクル時間

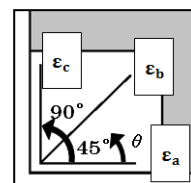


図-3 端部のひずみ計測

キーワード 補強, 炭素繊維シート, アラミド繊維シート, ひずみ, 線膨張係数

連絡先 〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町 850 群馬工業高等専門学校 E-mail : htanaka@civil.gunma-ct.ac.jp

図-4 は 100 サイクルまでのケース 1, 2 と 40 サイクルまでのケース 3, 4 のサイクル数とひずみの関係を示している。全てのケースで、サイクル数の増加に伴うひずみの履歴曲線の変化が見られなかった。

3. 2 主ひずみの方向

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[\frac{2\varepsilon_b - \varepsilon_a - \varepsilon_c}{\varepsilon_a - \varepsilon_c} \right] \quad (2)$$

主ひずみの方向を式(2)にて評価し、表-3 に示す。

全てのケースにおいて、主ひずみの方向ほぼ 0 度であることから、主ひずみは部材軸方向であると考えられる。

3. 3 線膨張係数

図-4 に示すひずみの履歴曲線の勾配が、各試験体表面の線膨張係数に相当する。図-4 にひずみの履歴曲線の近似直線を示し、表-4 に図-4 から求めた線膨張係数を示す。アラミド繊維シートを貼付したケース 2 に注目すると、下地処理のみのケース 3 の線膨張係数は表-4 より $0.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、アラミド繊維シートの線膨張係数は表-5 より $-6.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であり、両者の和は $-5.9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と、ほぼケース 2 の線膨張係数 $-7.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と同等のものであると考えられる。このことから、アラミド繊維シートを接着し補強したコンクリートには図-5 の並列モデルが適応できると考えられる。これに対し炭素繊維シートを貼付したケース 1 では、下地処理のみのケース 3 の線膨張係数 $0.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ に炭素繊維シートの線膨張係数 $-0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ を加えると $-0.4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ となり、ケース 1 の $-10.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と比較すると差が大きく、図-5 の並列モデルとは整合しなかった。また、コンクリートの線膨張係数は $7.0 \times 10^{-6} \sim 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であり、ケース 4 の母材の線膨張係数 $12.4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と比べるとほぼ等しいことから、本研究で求めた線膨張係数は整合性があると推測できる。

4. まとめ

本実験から以下のようなことが分かった。

- (1) 計測したひずみから求めたアラミド繊維シートとコンクリートの線膨張係数は、技術資料の値と一致した。
- (2) 主ひずみの方向は部材軸方向と同じ方向で、温度の変化に関わらず一定であった。
- (3) 100 サイクルまではひずみの履歴曲線に変化が見られなかったことから、繊維シートとコンクリートの剥離等による付着強度の低下はしていないと考えられる。

今後の対応としては、夏場の外気温を想定した温度とサイクル時間を新しく設定した状態でひずみの計測を行い一年間の温度変化を考慮したコンクリートと繊維シートの剥離特性を明らかにするとともに、積算温度による剥離が生じるまでの寿命を評価する予定である。

5. 参考文献

- 1) 宮川豊章、岡本享久「図説 わかる材料 土木・環境・社会基盤施設をつくる」、pp97、98、株式会社学芸出版社、2009 年
- 2) 「気象庁」<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>、2011 年 10 月 18 日
- 3) 「2010～2011 ひずみゲージセンサ計測機器総合カタログ」、pp. 96、株式会社共和電業、2010 年 7 月

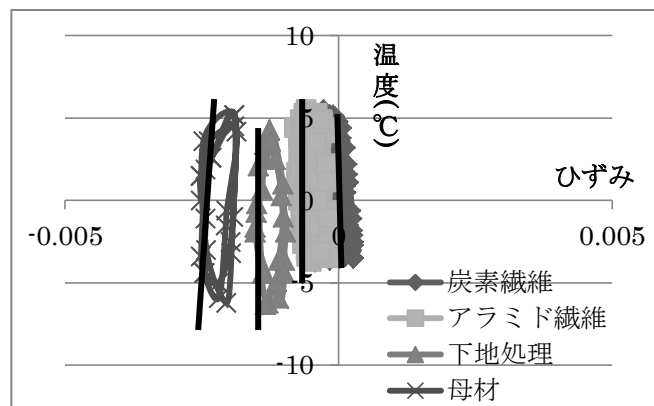


図-4 最大主ひずみ

表-3 主ひずみの方向

ケース	主ひずみの方向(度)
1	0.50
2	0.06
3	0.56
4	0.47

表-4 試験体の線膨張係数

ケース	線膨張係数($1/^{\circ}\text{C}$)
1	-10.2×10^{-6}
2	-7.5×10^{-6}
3	0.1×10^{-6}
4	12.4×10^{-6}

表-5 繊維シートの線膨張係数

材料	線膨張係数($1/^{\circ}\text{C}$)
炭素繊維シート	-0.5×10^{-6}
アラミド繊維シート	-6.0×10^{-6}

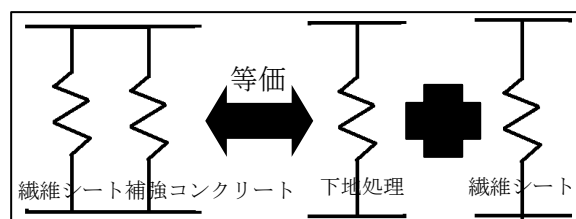


図-5 並列モデル