

温度変化が連続繊維シートとコンクリート間のせん断付着特性に及ぼす影響

日本大学工学部

学生会員 ○近藤 宏亮

日本大学工学部

正会員 子田 康弘

日本大学工学部

正会員 岩城 一郎

1. はじめに

我が国の既存 RC 構造物は、高度経済成長期に構築されたものが多く、一斉老朽化といった背景から、今後、コンクリート構造物の延命化や既存不適格への対応の頻度が増加すると考えられる。連続繊維シート(以下、シート)は、コンクリート表面にエポキシ樹脂により接着する補修補強材料である。しかし、シートとコンクリートの線膨張係数の違いから補修補強後のシート補強コンクリートの性能低下が懸念される。本研究では、構造物周囲の温度変化に着目し、低温、常温および高温の温度サイクルを与えた際のシートとコンクリート間のせん断付着特性に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

実験条件を表-1 に示す。まず、使用したシートは、炭素繊維(以下、C)とアラミド繊維(以下、A)である。温度条件は、温度範囲を $-20^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ (以下、低温)、 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ (以下、常温)、 $20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ (以下、高温)の3条件とし、温度サイクルを1日1.5サイクルで60サイクルまで実施した。使用したコンクリートは、水セメント比64.8%であり、試験開始材齢(材齢33日)の圧縮強度が28.6MPaであった。表-2 にシートの物性値を示す。表より、線膨張係数は、Cで $0\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、Aで $-2.0\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と、コンクリートの $10\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (計算用値)とは異なるため接着面で温度変化によるひずみ差が生じるものと考えられる。図-1 に供試体形状を示す。供試体は、土木学会の「連続繊維シートとコンクリートとの付着試験方法」¹⁾に準拠した。図より、供試体寸法は、幅

表-1 実験条件

使用シート	炭素繊維、アラミド繊維
温度条件	$20^{\circ}\text{C}\sim -20^{\circ}\text{C}$ 、 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 、 $20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$
温度サイクル	1日1.5サイクル、60サイクルまで

表-2 シートの物性値

連続繊維	引張強度 (MPa)	ヤング率 (GPa)	シート厚さ (mm)	線膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
炭素繊維	3860	277	0.111	0
アラミド繊維	2060	118	0.286	-2.0

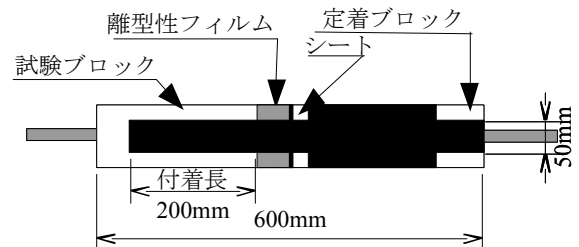


図-1 供試体形状 (B 形)

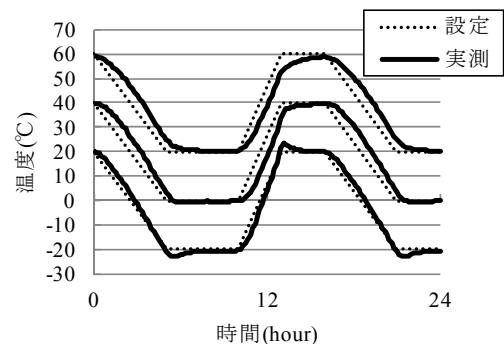


図-2 供試体内部温度の変化

100mm、高さ100mm、長さ600mmであり、供試体中央にノッチを設けた試験ブロックと定着ブロックからなる形状で、シートは供試体両側面に接着する。シートの寸法は、幅50mm、長さ550mmであり、付着長は200mmになる。温度サイクルは、シートを室温 20°C の一定温度下で接着し養生した後、温度可変型の恒温槽で与えた。せん断付着試験は、載荷フレームに引張治具を介し油圧ジャッキとともに固定し供試体へ引張力を載荷する方法で行った。なお、この試験は30サイクル毎に室温 20°C 下で行った。計測項目は、ロードセルによる荷重と高感度変位計によるノッチの開口変位、およびひずみゲージによるシートのひずみであり、ゲージは付着長区間に20mm間隔で貼り付けた。なお、高温は現在試験中のため、ここでは途中経過を示し、結果は発表会で報告する。

3. 実験結果及び考察

図-2 に供試体作製時に予め埋設した熱電対による接着面付近の温度サイクルによる温度変化を示す。図より、供試体の温度は、設定温度履歴を概ね満足していることがわかる。

キーワード：連続繊維シート、せん断付着強度、温度サイクル

連絡先：郡山市田村町特定字中河原1番地 TEL 024-956-8721

図-3 に荷重試験結果の一例として低温の荷重-開口変位関係を示す。図より、荷重 10kN を超えたところで開口変位が増加しているが、これはノッチ位置で 2 つのブロックに分かれたためであり、これ以降シートが荷重を分担し再び荷重は増加した。シートのはく離は、大凡 C が変位 0.6mm、A が変位 0.4mm よりノッチ側から端部に向けて始まり、はく離発生後は荷重の増加に対する開口変位の増加量が大きくなる傾向であった。最大荷重 P_{max} は、0 サイクルが C、A とともに約 20kN であったが、温度サイクルの増加とともに最大荷重が低下した。

図-4 にせん断付着強度と温度サイクルの関係を示す。図中のせん断付着強度は、式(1)により求めた¹⁾。

$$\tau_u = \frac{P_{max}}{2b \cdot l} \quad \text{— (1)}$$

ここに、 τ_u : せん断付着強度(MPa)、 P_{max} : 最大荷重(N)、 b : シート幅(mm)、 l : 有効付着長(mm)¹⁾で C が 40mm、A が 60mm である。図より、まず、0 サイクル時(初期値)は、C が 4.87MPa、A が 3.47MPa である。図中の回帰直線に着目すると、低温は C と A 共に温度サイクル数の増加とともにせん断付着強度は低下傾向を示したが、常温では C で低下する傾向であったが、A は変化がなく、常温よりは低温という比較的厳しい温度環境の方が付着強度は経年的に低下する可能性が示された。なお、高温では C に付着強度の低下傾向が示されている。

図-5 に、シートのはく離分布に基づく荷重ステップ毎のはく離過程のせん断付着応力の最大値を示す。最大値は式(2)²⁾により算出し、サイクル毎の傾向の評価を行った。

$$\tau(x) = E_{cf} \cdot t_{cf} \cdot \left(\frac{\varepsilon_{cf}(x_{n+1}) - \varepsilon_{cf}(x_{n-1})}{2\Delta x} \right) \quad \text{— (2)}$$

ここに、 $\tau(x)$: せん断付着応力(MPa)、 E_{cf} : シートのヤング率(GPa)、 t_{cf} : シート厚(mm)、 Δx : ゲージの間隔(mm)、 $\varepsilon_{cf}(x_n)$: シートひずみ測定位置のひずみ(μ)である。図より、変動係数で 12%~17%のばらつきがあるものの、これを踏まえて評価すると C の低温と常温の 60 サイクル時のせん断付着応力は、0 サイクル時よりも低下していると考えられる。これに対して、A はばらつきを考慮すると低温にせん断付着応力の低下傾向が認められる。以上より、本実験の範囲内では、低温は C と A、常温は C で温度変化の影響が表れたと考えている。

4. まとめ

本研究において、低温という厳しい温度環境でせん断付着強度が低下する傾向を示し、常温は、C については温度変化の影響が現れた。今後は、高温で 60 サイクル与えた条件と、120 サイクルまで延長した条件においてもせん断付着特性を評価する予定である。

謝辞: 本研究の実施に当たっては、弘前大学大学院理工学研究科 上原子晶久 助教の御指導と供試体材料の御提供を受けた。ここに記して謝意を表します。

参考文献 1) 土木学会(2000): 連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針

2) 上原子晶久 他(1999): 連続繊維シートとコンクリートの付着・剥離挙動の解析、土木学会論文集、No.634/V-45、pp197-208.

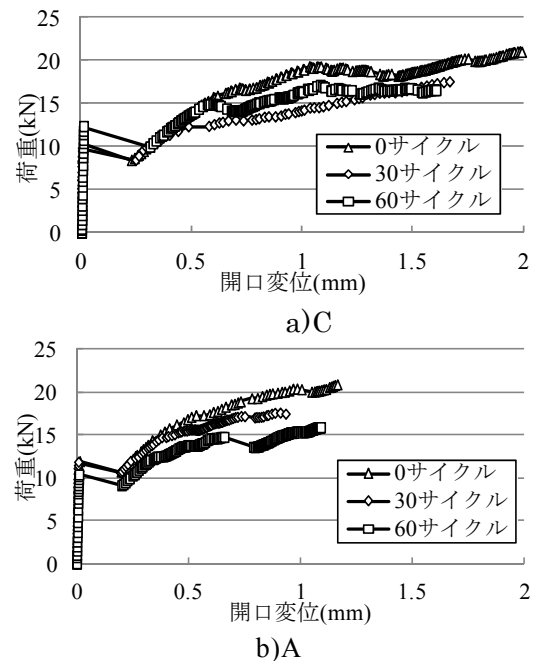


図-3 荷重-開口変位関係(低温)

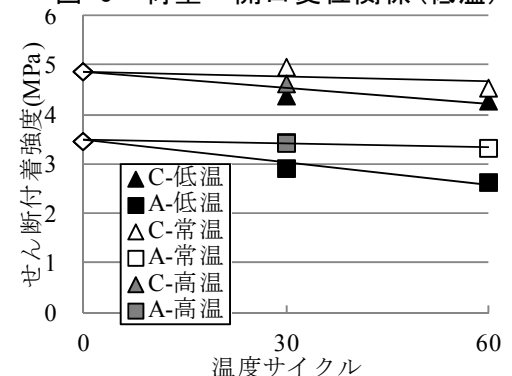


図-4 せん断付着強度の変化

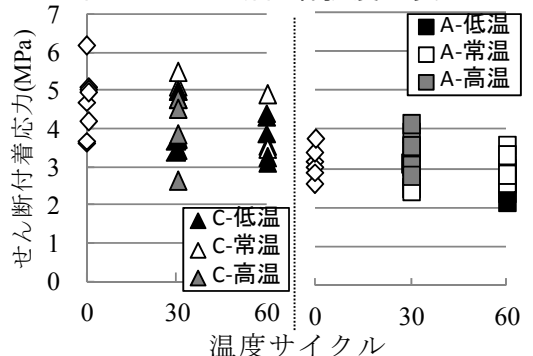


図-5 シートはく離過程のせん断付着応力