

連続繊維シートとコンクリートの付着強度に及ぼす温度変化の影響

日本大学大学院 学生会員 ○加藤 穰
日本大学 正会員 子田 康弘
弘前大学 正会員 上原子 晶久
日本大学 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、要求性能を満たさないRC構造物が急増すると予想される。そのため近年では、延命化や既存不適格への対応の頻度が増加している。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が、その耐久性や耐候性の評価を行った研究は少ないのが実状である。本研究では、構造物周囲の環境温度に着目し、温度変化がシートとコンクリートの付着強度に及ぼす影響を検討した。実験は、高温と低温、及び常温の環境温度を想定した温度サイクルを供試体に与え、引張付着強度を評価した。

2. 実験概要

実験条件は、表 - 1に示すように、付着強度の評価を直接引張付着強度とし、温度サイクル条件を -20°C ～ 20°C （以下、低温条件）、 0°C ～ 40°C （以下、常温条件）、 20°C ～ 60°C （以下、高温条件）の3条件とした。温度サイクルは、1日2サイクルで90サイクルまで実施し、付着強度試験を30サイクル毎に行った。表 - 2はコンクリートの配合表を示しており、水セメント比（W/C）は64.3%である。なお、試験開始材齢（材齢28日）の圧縮強度は24.6MPaであった。本試験に使用したシートは炭素繊維であり、その物性値を接着剤の物性と共に表 - 3に示した。また、表 - 4に示すように、コンクリートとシート（FRP化）の線膨張係数は、コンクリートが約 $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、シートが約 $0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ である。供試体形状は、幅100mm、高さ50mm、長さ400mmの角柱供試体であり、試験面を型枠底面としシートを試験面全体に接着した。なお、温度サイクルを与えている間は、試験面以外を断熱材で断熱し、温度管理のため1供試体に熱電対を試験面より0mm、50mmの位置に予め設置した。直接引張付着試験¹⁾は、 $\Phi 50\text{mm}$ の溝を深さ3mm程度で設け、エポキシ樹脂により接着した円鋼片を介し鉛直に引張力を加えた時の最大荷重より付着強度を算出し、1回の試験につきn=4で実施した。なお、付着強度試験は設定温度サイクル終了後、試験機より取り出し室温 20°C の一定温度環境で行っている。

3. 実験結果及び考察

図 - 1は、供試体内部温度（0mm 位置）の計測結果であり、2サイクルの温度変化を示している。図より、実験条件で設定した高温条件、常温条件及び低温条件の温度サイクルは各条件のいずれも1日2サイクルで、温度差 40°C の最高温度と最低温度に達し、それぞれを2時間程度定値で保ちつつ温度サイクルを繰り返していることが確認された。図 - 2は、直接引張付着強度試験結果の一例とし、低温条件の付

キーワード：連続繊維シート、付着強度、温度変化

表-1 実験条件と試験実施間隔

評価項目	直接引張付着試験	
温度条件	サイクル	-20°C ～ 20°C 、 0°C ～ 40°C 、 20°C ～ 60°C
試験実施期間	サイクル	30サイクル毎、90サイクルまで

表-2 配合表

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)				
		W	C	S	G	混和材
64.3	46.6	178	277	839	1000	2.77

表-3 シート及び接着剤の物性値

材料	引張強度	ヤング率
	(N/mm^2)	(kN/mm^2)
炭素繊維	3860	277
エポキシ樹脂	30	1.5

表-4 線膨張係数

コンクリート	$10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
炭素繊維	$0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

着強度を示した。図より、直接引張付着強度試験はばらつきが大きいいため、変動係数 20%を判定条件に試験値の棄却を行って、平均値を求めた。付着強度は、0 サイクル時（初期値）は 3.35N/mm^2 であり、サイクル数の増加とともに付着強度が低下する傾向を示した。図 - 3 に、付着強度と温度サイクルの関係を示す。図中の直線は、実測値に基づく回帰分析結果である。図より、温度サイクルを与えたことによるシートの付着強度は、低下傾向を示すものと変化が明らかには認められないものに大別された。温度サイクル条件別の直接引張付着試験の傾向は、常温条件は 90 サイクル時で約 9%低下したが、明らかに付着強度が低下したとは言い難い結果を得た。一方で、低温条件と高温条件に着目すると、大凡温度サイクルの増加に伴い次第に付着強度が低下しており、90 サイクルでは低温条件が約 26%、高温条件が約 25%低下する傾向を示した。また、回帰直線に着目すると低温条件と高温条件の付着強度の低下傾向は同様であり、常温条件はほとんど付着強度が変化しておらず、低温や高温環境といった比較的厳しい温度環境において付着強度は経年的に低下する可能性が示された。

図 - 4は、直接引張付着強度試験後のシートとコンクリート界面における破壊状態の一例を示している。図より、破壊モードは、ほぼ全ての供試体において界面付近のコンクリートが付着した状態で破壊していた。このことは、直接引張付着強度の低下が環境温度によるエポキシ樹脂接着剤の劣化が原因とは言い難く、線膨張係数の差異による界面付近のひずみ差でコンクリートが劣化したことによるものと考えられた。

4. まとめ

本研究では、温度サイクルがシートとコンクリートの直接引張付着強度に及ぼす影響を検討した。その結果、直接引張付着強度は、常温環境よりも高温及び低温環境という厳しい温度環境を温度サイクルで与えることにより低下する傾向を示しており、この低下要因として線膨張係数の違いに起因する可能性が考えられた。今後は、この現象の裏付けとなる機構の解明とせん断付着強度といった異なる破壊モードの付着強度における環境温度の影響を検討する予定である。

参考文献 1) 上原子晶久, 菅原隆(2004): 凍結融解作用を受ける連続繊維シートとコンクリート

との付着特性、土木学会第59回年次学術講演会講演概要集、第V部門、pp.105-106.

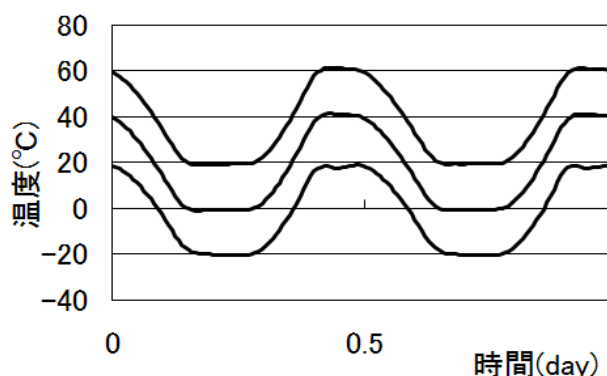


図-1 供試体内部温度

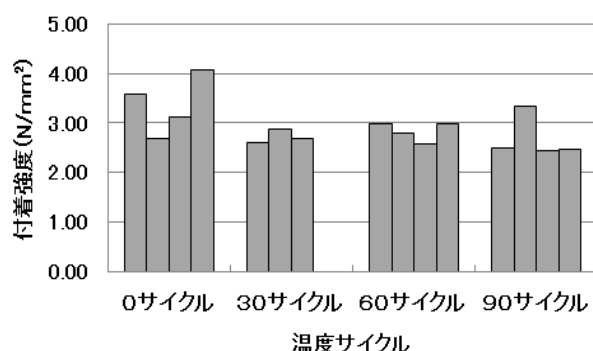


図-2 直接引張付着強度結果（低温条件）

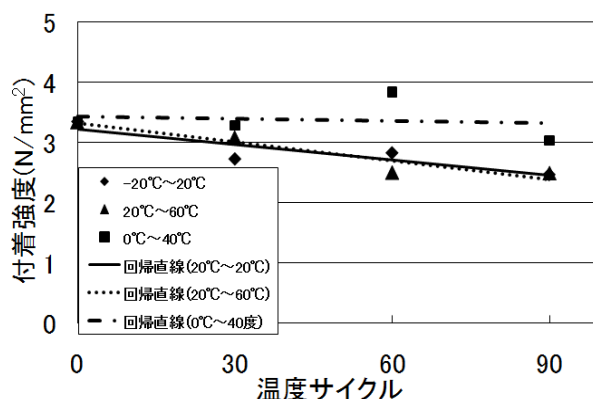


図-3 付着強度と温度サイクルの関係



図-4 破壊モード