

厳しい海洋環境下での CFRTP ロッドとコンクリートの付着性状評価

金沢工業大学 学生会員 齋藤 岳志
金沢工業大学 正会員 保倉 篤
金沢工業大学 正会員 宮里 心一

1. はじめに

連続繊維が樹脂により固められた FRP ロッドは、軽量かつ高強度で腐食しない等の特長を有することから鉄筋に代わるコンクリートの補強材として使用されている¹⁾。特に、熱硬化性 FRP(略称 FRTS)に比べ、熱可塑性 FRP(略称 FRTP)は大量製造により、コスト低減が期待される²⁾。それを踏まえ、過酷な海洋環境で運用される浮体式洋上風力発電やメガフロートなどの大型海洋構造物に、長期間に亘り使い続けられる CFRTP より線補強筋プレストレストコンクリートの開発を試みている。しかしながら、厳しい環境下で暴露した CFRTP とコンクリートとの付着性状に関しての報告は少ない³⁾。

本研究では海上で CFRTP を使用することを想定し、塩分を含有したり、普通骨材や軽量骨材を用いたコンクリートを常温あるいは高温の湿潤環境下で暴露し付着性状を評価した。また、PC 鋼より線と比較した。

2. 実験手順

2.1 供試体概要および暴露方法

供試体の寸法は 100×100×100mm、コンクリートとロッドの付着長は径の 4 倍になるようにした。非付着部は塩化ビニルパイプを用いてコンクリートと補強筋が触れないようにした。

表 1 に補強筋概要、表 2 に実験ケース、表 3 に骨材の物性値およびコンクリートの配合を示す。また、補強筋には CFRTP(被覆なし)、CFRTP(ビニロン被覆、V)、PC 鋼より線を用いた。材齢 28 日まで 20℃で水

中養生を行った後、20℃あるいは 80℃の湿潤気中(RH80%)で 2 ヶ月間に亘り暴露を行った。なお、各実験ケースに対して供試体を 3 体ずつ作製した。

2.2 試験概要

養生後および暴露後において、圧縮強度試験は JIS A 1108、引抜き試験は JSCE-E 539 に準拠し、試験を行った。公称周長は断面を円と仮定し算出した。

3. 実験結果および考察

図 1 に圧縮強度の比較を示す。いずれの供試体においても、圧縮強度は 20℃暴露後に増加した。また、塩化物イオン量 20kg/m³(略称 Cl-20)の供試体を 80℃で暴露した後の圧縮強度は、初期値と同程度であることが確認できた。図 2 に普通骨材で Cl-0 供試体と、

表 1 補強筋概要

種類	外観	公称径 (mm)	付着長 (mm)
CFRTP		9.0	36.0
CFRTP(V)			
PC 鋼より線		9.3	37.2

表 2 実験ケース

骨材	Cl ⁻ (kg/m ³)	補強筋種類		
		CFRTP	CFRTP(V)	PC 鋼より線
普通	0	□○	□○	□○
	20	□○●	□○●	□○●
軽量		□○	□○	□○

□:養生後(初期値) ○:20℃暴露 2 ヶ月 ●:80℃暴露 2 ヶ月

表 3 骨材の物性値およびコンクリートの配合

骨材	最大寸法 (mm)		絶乾密度 (g/cm ²)		吸水率 (%)		W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
	S	G	S	G	S	G			W	C	S	G	Cl ⁻
普通	5.0	25	2.52	2.55	2.2	2.1	40	45	175	438	746	888	0
軽量	2.5	15	1.62	1.32	28.0	14.2		40			471	645	20

軽量骨材で CI-20 供試体の 20℃ 暴露前後の付着強度関係を示す。これによれば、初期の付着強度と 20℃ 暴露後の付着強度は CFRTP, CFRTP(V), PC 鋼より線が共に同程度であることが確認できた。したがって、骨材の種類にかかわらず、暴露前後の付着性状は変わらないといえる。

図 3 に普通骨材で CI-20 供試体の付着強度を示す。これによれば、CFRTP は 20℃ 暴露後の付着強度が変化せず、80℃ 暴露後の付着強度は増加した。これは、写真 1 に示すように CFRTP の表面に結晶が析出し、体積が膨張したためと考えられる。また、80℃ の高温湿潤環境下では CFRTP(V) のビニロン被覆が黄変し、体積が収縮したことにより付着強度が低下したと考えられる。一方、PC 鋼より線の付着強度は 80℃ 暴露後に低下したことが確認できる。この原因は、腐食により補強筋とコンクリートの付着部が離れたことによると考えられる。

4. まとめ

塩分の影響により、PC 鋼より線は腐食による付着強度の低下が著しいので海上には適用できない。一方、常温でコンクリートの補強筋として使用する場合は 3 種類の補強筋で付着強度が最大である CFRTP(V) を使用することが有効であるが、高温湿潤環境下が想定される場所において、CFRTP を使用すべきである。

謝辞

本研究は NEDO「次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究」(No.21500458-0, 研究代表者:影山和郎教授)により実施した。

参考文献

- 1) 佐藤尚, 睦好宏史, 田邊一仁, 角田敦: FRP を補強筋に用いたコンクリート部材の耐熱性状に関する研究, コンクリート工学論文集, Vol. 25, No. 1, pp. 329-334, 2003
- 2) 寺田幸平: 炭素繊維強化熱可塑性プラスチック—現状, 応用分野および課題—, 精密工学会誌, Vol. 81, No. 6, pp. 485-488, 2015
- 3) 保倉篤, 宮里心一: 水セメント比と温度変動がコンクリートと FRP ロッドの付着強度に及ぼす影響, 第 46 回複合材料シンポジウム予稿集, B215, 2021

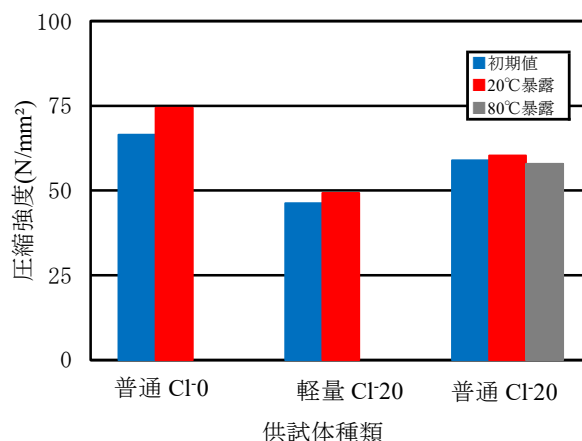


図 1 圧縮強度

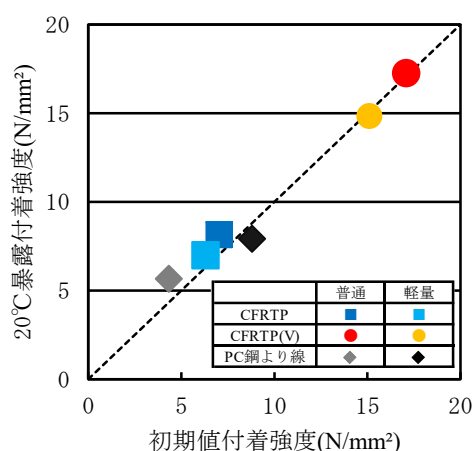


図 2 普通 CI-0・軽量 CI-20 供試体付着強度

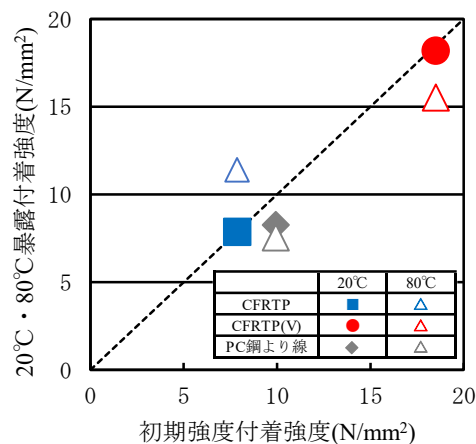
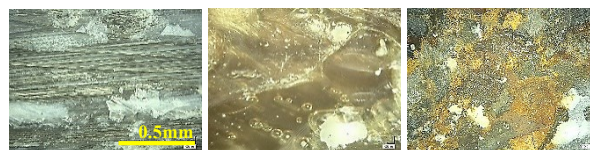


図 3 普通 CI-20 供試体付着強度



(1) CFRTP (2) CFRTP(V) (3) PC 鋼より線

写真 1 デジタルマイクロスコープを用いた
ロッドの表面観察