

温度変動暴露した CO₂吸収コンクリートと FRP ロッドの付着性評価

金沢工業大学 学正会員 伊藤 大翔
金沢工業大学 正会員 宮里 心一
鹿島建設(株) 正会員 小林 聖

1. はじめに

2050 年カーボンニュートラル社会の実現は CO₂の有効利用に向けて、様々なものづくり、ことづくりが推進されている。その一策として、二酸化炭素と反応する特殊混和材 (γC₂S) を用い、若材齢から強制的に CO₂を吸収させる (炭酸化させる) ことで、CO₂排出量をマイナスにする CO₂吸収コンクリートの開発および実用化が進められている¹⁾。しかしながら、この CO₂吸収コンクリートでは pH が 10 以下になり、内部の補強筋が鋼材であると腐食が進行する。そのため、高耐食の特長を持つ FRP ロッドを用いることが有効策である。ただし、FRP の熱膨張係数は鋼材とは異なり、コンクリートの熱膨張係数 (10×10⁻⁶程度) と同等ではない。したがって、外部環境の温度変動の作用により、付着が低下する可能性が懸念される。そこで、本研究では、温度変動の作用が生じる環境下において暴露された CO₂吸収コンクリートと FRP ロッドの付着性状を評価する。

2. 養生と暴露の流れ

コンクリート配合を表 1 に、使用材料を表 2 に、FRP ロッド種類を表 3 に、実験手順を図 1 に示す。なお、水中養生は 20℃で 28 日間に亘り、一方炭酸化養生は 50℃、RH50%、CO₂濃度 80%の環境下で 31 日間に亘り養生した。温度変動暴露は既往研究¹⁾と同様の温度変動サイクルを 200 サイクル (100 日間) に亘り、湿潤気中暴露は 40℃、RH70%以上 100%未満で半年間に亘り行った。

JSCE-E 539-2007 に準拠して、引抜き試験を行った。また円柱供試体を割裂し、JIS A 1152:2018 にてフェノールフタレイン溶液を噴霧し、No.1, 2 ではアルカリ性、No.3, 4 では全面の炭酸化を確認した。

表 1 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)								AD (B×%)	AE (B×%)
		W	B			S1	S2	G1	G2		
			C	BFS	γ						
55	47	169	92	200	15	830	17	403	554	1.2	2.0

表 2 使用材料

記号	適用
W	水道水
C	普通ポルトランドセメント、密度：3.15g/cm ³
BFS	高炉スラグ微粉末、密度：2.91g/cm ³
γ	ダイカルシウムシリケート γ 相、密度：2.85g/cm ³
S1	砕砂、表乾密度：2.65g/cm ³
S2	山砂、表乾密度：2.71g/cm ³
G1	碎石、最大粗骨材寸法：20mm、表乾密度：2.65g/cm ³
G2	碎石、最大粗骨材寸法：10mm、表乾密度：2.65g/cm ³
AD	AE減水剤
AE	AE剤

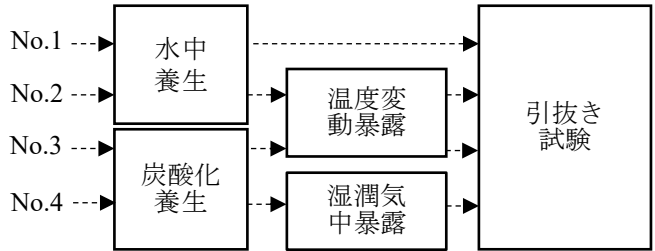


図 1 実験手順

表 3 FRP ロッド種類

補強筋	外観	熱膨張係数 (10 ⁻⁶ /°C)	繊維	被覆	樹脂	形状	径 (mm)
CFRTP(G)		0.5	炭素	ガラス	熱可塑性エポキシ	撚り線	9.0
CFRTP(V)				ビニロン			
CFRTS		6.0	バサルト	-	エポキシ	異形	8.0
BFRTTP(3)		8.0				3本束	9.0
BFRTTP(7)						7本束	13.0
BFRTS		7.5			アラミド		ビニルエステル
AFRTS		-3.0					

キーワード CO₂吸収コンクリート, FRP ロッド, 付着強度, 温度変動暴露

連絡先 〒924-0838 石川県白山市八束穂 3-1 TEL 076-274-7798

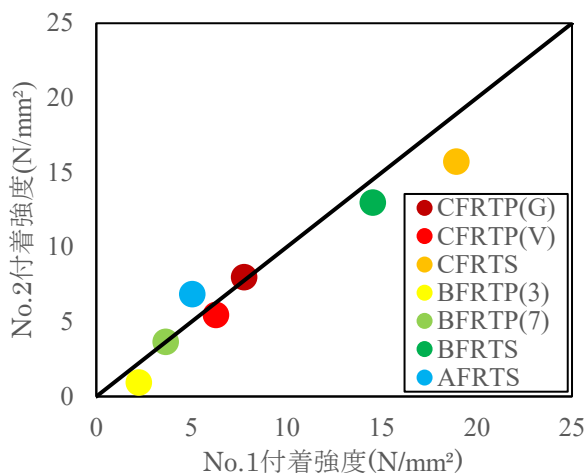


図3 No. 1 と No. 2 の付着強度の比較

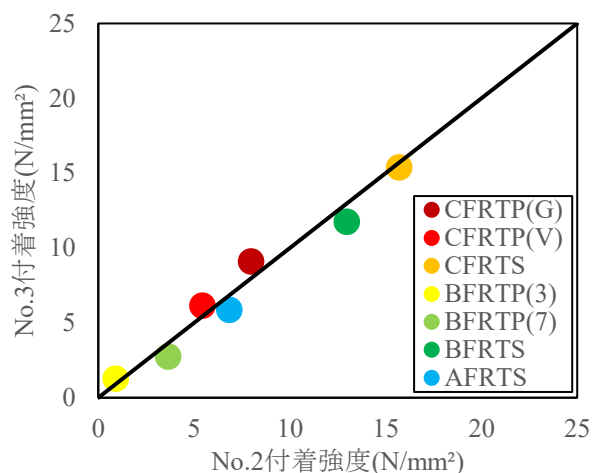


図4 No. 2 と No. 3 の付着強度の比較

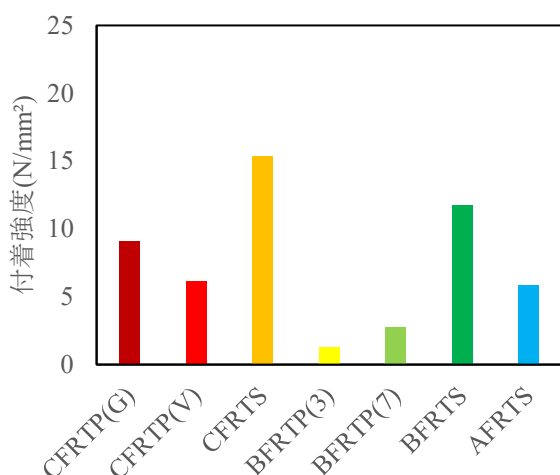


図5 No. 3 の付着強度

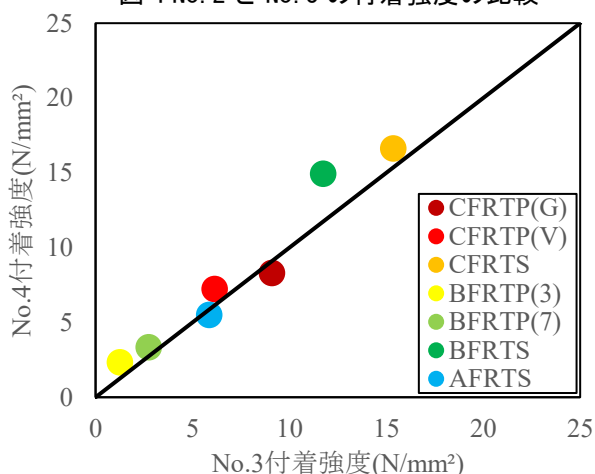


図6 No. 3 と No. 4 の付着強度の比較

3. 実験結果

図3にNo.1とNo.2における付着強度を比較する。これによると、温度変動の有無に拘らず、普通コンクリート中における7種のFRPロッドの付着強度は、暴露前後で同等であった。これは既往研究²⁾と同様な結果である。また、図4にNo.2とNo.3における付着強度を比較する。これによると、養生の違いによる付着強度にほとんど差は見られなかった。これらより、炭酸化養生および温度変動が付着強度に及ぼす影響は小さいことが分かった。さらに、図5にNo.3の付着強度を示す。これによると、CFRTSとBFRTSの付着強度が高い。これは、形状が異形であり、表面の節とコンクリートの摩擦が強かったためと考える。次にCFRTP(G)とCFRTP(V)の付着強度が高い。これは表面の被覆とコンクリートの噛み合いによるものと考えられる。最後に、図6にNo.3とNo.4における付着強度を比較する。これによると、CO₂吸収コンクリートにおいて一般的な湿潤気中暴露と過酷な温度変動暴露に拘らず、7種のFRPロッドの付着強度は同等であった。

4. まとめ

- (1) CO₂吸収コンクリートと7種のFRP補強筋の付着強度は、温度変動暴露の影響を受けなかった。
- (2) CFRTS, BFRTS, CFRTP(G)の順に、CO₂吸収コンクリートとの付着強度が高かった。

謝辞

本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP16002）の結果として得られた。また、FRPロッドは本学の革新複合材料研究開発センターから提供して頂いた。

参考文献

- 1) 取達剛ほか：CO₂排出量ゼロ以下の環境配慮型コンクリート CO₂-SUICOM, セメント・コンクリート, Vol.786, pp.26-31, 2012
- 2) 保倉篤ほか：炭酸化養生と温度変動の有無がコンクリートとFRP補強筋の付着強度に及ぼす影響, 第77回年次学術講演会講演概要集, V-481, 2022