

CFRP ロッドと高強度コンクリートの付着力特性に関する研究

三菱化学産資(株) 正会員○加藤 貴久, 谷木 謙介

ケミカルグラウト(株) 吉田 宏, 横尾 充

University of Rhode Island David G. Taggart, George Tsiatas, Thomas J. Kim

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化要因の一つに鉄筋腐食が挙げられ、これらを改修する際に鉄筋を用いる他に腐食に強い・軽量などの特徴を有するCFRP ロッドを用いるケースが考えられる。本研究では、鉄筋の代替品としてCFRP ロッドを用いる際に重要な要因となるCFRP ロッドとコンクリートの付着特性を把握する為に、引抜き試験を行なった。試験は、CFRP ロッド表面のスパイラル状凹凸ピッチをパラメータとした。更に、比較の為に表面処理を行なわないCFRP ロッドと鉄筋の試験も行なった。また、高強度コンクリートを用いたのは、CFRP ロッドは高い引張強度を有するので高強度コンクリートとの組合せがより効果的であると考えたためである。

2. 試験方法

本試験に使用したCFRP ロッドと鉄筋の材料物性値を表 - 1 に、試験体数及び形状を表 - 2 に示す。

表 - 1 材料物性値

	CFRP ロッド (Lead Line)	鉄筋
降伏強度	No Yield	275to480MPa
終局強度	2,550MPa	480to690MPa
弾性率	147GPa	200GPa
炭素繊維含有率(Vf)	65%	-
引張破断伸び	1.6%	10%
熱膨張係数	$0.7 \times 10^{-6}/$	$11.7 \times 10^{-6}/$

表 - 2 試験体数及び形状

Type	試験体数	表面凹凸 ピッチ	外 径
CI-8	3	8mm	10mm
CI-10	3	10mm	10mm
CI-12	3	12mm	10mm
CS-0	2	Smooth	10mm
Steel	2	-	12.7mm

・CFRP ロッド表面凹凸深さ：0.25mm

・コンクリート圧縮強度：65MPa

CFRP ロッドとコンクリートの付着強度試験方法は、図 - 1 に示す引抜き試験とした。載荷速度は 1.27mm / min とし、最大荷重後、最大荷重の 80% に荷重低下したところまで一定に引張りCFRP ロッドとコンクリート間の相対変位量を測定した。測定は、自由端と引張治具端部の 2ヶ所とした。尚、試験方法は JSCE-E539 を参考にしたが、試験の目的から埋め込み長さは 88mm と大きくした。

3. 試験結果

付着試験の一覧を表 - 3 に示す。図 - 2 は、引抜き試験中のCFRP ロッドの歪みが 0.05mm、0.10mm、0.25mm に達した時の各試験体の平均付着力も併記したものである。表面に凹凸のないCFRP ロッドが最も付着力が低く 2 MPa を下回る結果となり、スパイラル状の凹凸を付けた 3 種類と鉄筋は、最大付着応力度に達する前にコンクリートが割裂破壊した。また、全ての試験体において自由端側のCFRP ロッドの変位は引張治具側の変位が概ね 0.4mm に達した時に発生し始める傾向が見られた（図 - 3 ）。

4. 考察

CFRP ロッドの界面破壊メカニズムを把握するためにCFRP ロッドを軸方向に切断し、顕微鏡による観察を行なった（写真 - 1 ）。スパイラル状の凸部分は、主にエポキシ樹脂であるため凸部の破壊が先行するこ

キーワード：CFRP ロッド, 炭素繊維, 付着, 引抜き試験

連絡先 〒100-0005 東京都千代田区丸の内一丁目 8 番 2 号 三菱化学産資（株）TEL 03-5293-6639

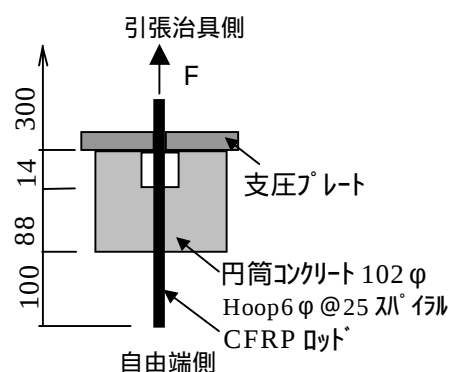


図 - 1 CFRP ロッド 引抜き試験体

表 - 3 付着試験結果

	$\tau_{\max}$ (Mpa)	平均付着力(MPa)	最大変位(mm)	平均変位(mm)
CI-8-1	18.35	18.70	0.605	0.656
CI-8-2	19.35		0.717	
CI-8-3	18.43		0.648	
CI-10-1	16.32	16.40	0.880	0.803
CI-10-2	16.68		0.700	
CI-10-3	16.09		0.830	
CI-12-1	14.62	14.40	0.820	0.896
CI-12-2	14.41		0.930	
CI-12-3	14.04		0.940	
CS-0-1	1.55	1.59	0.090	0.090
CS-0-2	1.62		0.090	
Steel-1	22.18	23.80	0.060	0.053
Steel-2	25.50		0.046	

とも考えられたが、荷重の増加に伴い凹凸部がコンクリートへ機械的に定着されたことにより最終的にコンクリートが割裂破壊となったと推察される。従って、単位長さ当りのスパイラルが負担する荷重を算出すると、

$$L_s = L \cdot \sqrt{1 + ((\pi D)/P)^2} \quad (1) \text{式}$$

$$F_{\max} = \tau_{\max} (\pi \cdot D \cdot L) \quad (2) \text{式}$$

(1) (2) 式の関係より

$$F_{\max}/L_s = \tau_{\max} (\pi \cdot D \cdot P) / \sqrt{P^2 + (\pi \cdot D)^2} \quad (3) \text{式}$$

ここで、 L_s : スパイラル長さ L : ロッド埋込長さ(88mm)

D : ロッド径(10mm) P : ピッチ

計算結果を表 - 4 に示す。

表 - 4 単位長さ当りのスパイラル負担荷重

ピッチ P (mm)	スパイラル長さ, L_s (mm)	平均付着力 (MPa)	$F_{\max}/L_s$ (N/mm)
8	356	18.7	145
10	290	16.4	156
12	247	14.4	161

上記結果から (3) 式を (4) 式に置き換えることができると考えられる。

$$F_{\max}/L_s = \tau_{\max} \cdot P \quad (4) \text{式}$$

5. まとめ

1) CFRP ロッド表面全体の平均付着力はスパイラルピッチに概ね反比例するが、単位長さ当りのスパイラル負担荷重はスパイラルピッチに概ね比例する。
2) CFRP ロッドは鉄筋と比較して低い付着力を示したにも関わらずどちらも最大荷重時ではコンクリートは割裂破壊した。

今後は、この実験をベースに梁部材などでの補強効果について検討する予定である。

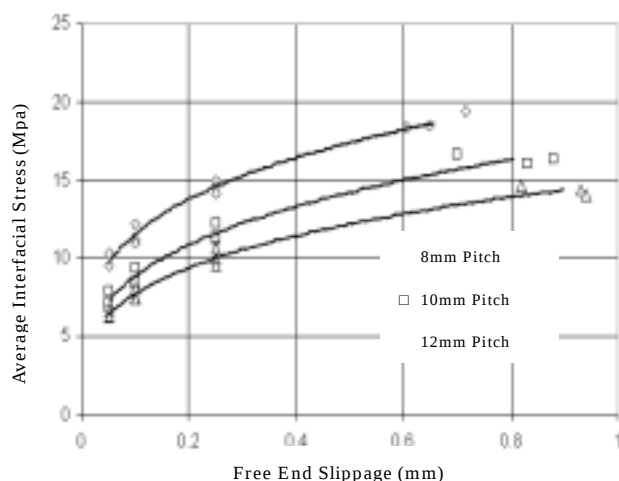


図 - 2 平均付着力

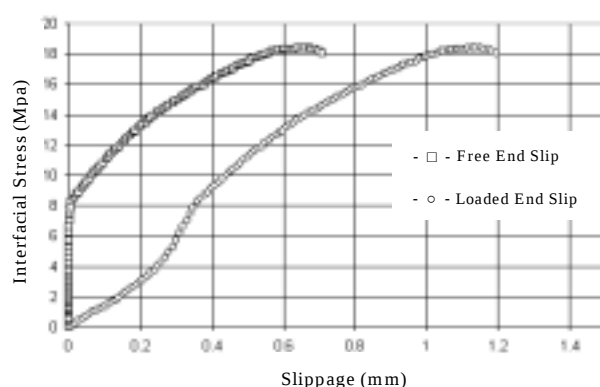


図 - 3 自由端側と引張治具側の変位

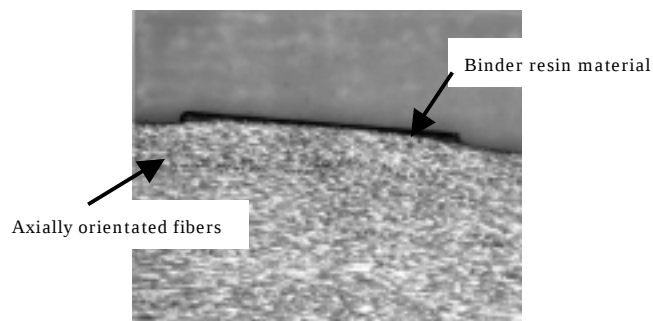


写真 - 1 CFRP ロッド断面顕微鏡写真

【謝辞】

本研究は、米国の University of Rhode Island にて試験を行なった。試験と解析に協力頂きました同大学の Mr. Andrew Winson, Mr. Arun Nair 及び各種 CFRP ロッドの製造に協力頂いた株式会社アンテックの皆様に感謝の意を表します。

【参考文献】

ICC'02-The Third International Conference on Composites in Infrastructure San Francisco, California, June 10-12, 2002