

波型 CFRP 板による定着工法の定着耐力に関する研究

三菱樹脂(株) 正会員 ○長谷川 泰聡

三菱樹脂(株) 正会員 久部 修弘

三菱樹脂(株) 正会員 加藤 貴久

若鈴コンサルタンツ(株)

古賀 政二郎

1. 目的

図-1 に示すような、コンクリート構造物のせん断補強を炭素繊維シートで行う場合、シート端部を定着する必要がある。通常、炭素繊維シートの定着方法は鋼板による機械式定着や、現場で樹脂含浸させるタイプの炭素繊維アンカーが主流となっているが、機械式定着は、鋼板の腐食が懸念され、樹脂含浸させるタイプは現場での作業が非常に煩雑となっている。本研究では、機械式定着体より耐候性に優れ、しかもプレキャスト製で品質の確保が容易で施工性にも優れた CFRP ロッドと波型 CFRP 板で構成される定着体（図-1）を開発し、その定着部耐力について確認試験を行った。

2. コンクリートと CFRP ロッドの引抜試験

試験は、長 1750mm×幅 900mm×厚 250mm の無筋コンクリート板にハンマードリルφ13 で削孔を行い、CFRP ロッドφ10mm をエポキシ樹脂パテにて定着し、その後、図-2 に示すように、CFRP ロッドの端部に鋼製スリーブを定着させ、350kN 容量のセンターホールジャッキにて、スリーブを引張り载荷を行った。試験パラメーターは CFRP ロッドの埋込み長 $L=50\text{mm}\sim 200\text{mm}$ 及びコンクリート強度とした。

各供試体で得られた最大耐力を表-1 に示す。表中の“---”はコンクリート板が曲げ破壊したため計測できなかった供試体である。すべての供試体は、定着部の樹脂とコンクリートとの接着面を破壊面とする付着破壊となり、コンクリート板のコーン破壊は発生しなかった。これはエポキシ樹脂と CFRP ロッドとの付着力がエポキシ樹脂とコンクリートとの付着力より大きいものの、コーン破壊耐力より小さかったためと考えられる。

表-1 中の設計付着破壊耐力は、あと施工アンカー設計耐力計算式¹⁾ (式-1) に準拠し、コンクリート強度をテストピースによる実圧縮強度、アンカー径をアンカー削孔径として算出した。

図-3 に設計付着耐力と実測値の関係を示す。図中の破線および実線は、 $\alpha = \text{実測値}/\text{設計値} = 1.0$ 及び 0.8 のラインを示す。一部を除き、ほぼ全ての供試体で $\alpha > 1.0$ となった。これより、例えば設計に使用する付着耐力は、式-1 で算出する付着耐力に 0.8

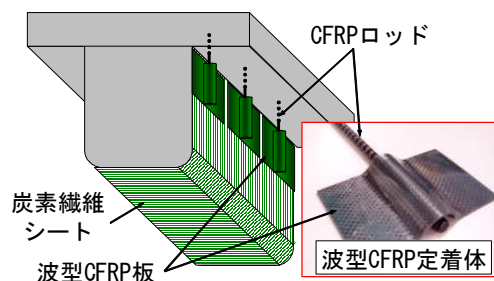


図-1 波型 CFRP 定着体補強概要

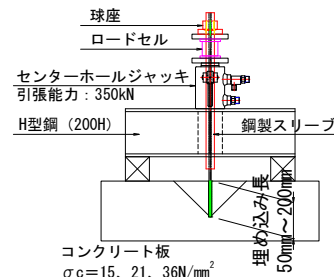


図-2 CFRP ロッド引抜試験概要

表-1 CFRP ロッド引抜試験結果一覧

CFRP ロッド径 (mm)	削孔径 (mm)	コンクリート 強度 (N/mm ²)	埋込み長 (mm)	最大荷重 (kN)	設計 付着耐力 (kN)
φ10	φ13	11.3	50	16.8	15.5
			100	40.5	30.0
			150	66.1	44.9
			200	82.1	59.9
		20.6	50	20.6	20.2
			100	57.2	40.4
			150	78.4	60.7
			200	---	80.9
		37.2	50	29.1	27.2
			100	57.6	54.4
			150	87.8	81.5
			200	115.3	108.7

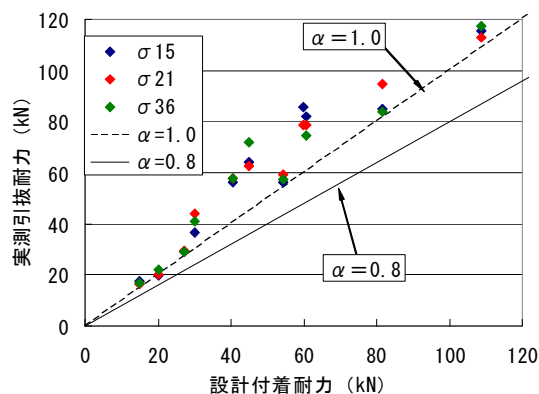


図-3 設計付着耐力－実測引抜耐力図

キーワード せん断補強, 波型 CFRP 定着体, CFRP ロッド埋込み耐力, 波型 CFRP 定着耐力

連絡先 〒103-0021 東京都中央区日本橋本石町 1-2-2 三菱樹脂(株) TEL 03-3279-3089

を乗じた値を使用すれば安全側に評価できると考えられる。

$$T_a = \alpha \times (10\sqrt{\sigma_b/21} \times \pi \times d_a \times L_e) \quad \cdots \text{式-1}$$

ここに T_a : 付着破壊耐力 α : 低減係数
 σ_b : コンクリート圧縮強度 (実圧縮強度を使用)
 d_a : コンクリート破壊径 (コンクリート削孔径)
 L_e : CFRP ロッド埋込み長

3. 波型 CFRP 板の定着耐力確認試験

図-4 に供試体概要を示す。図-4 に示す L 型コンクリート架台上に取り外し可能な鋼板を設置し、鋼板上に炭素繊維シートを貼付し、シートの上に CFRP ロッドと波型 CFRP 板をエポキシ樹脂にて接着固定を行った。荷重はコンクリート架台の壁部を反力とし、センターホールジャッキにより CFRP ロッドを引張ることにより行った。CFRP 定着体の積層構成は既往の研究²⁾により最も耐力の高かった 0°, 90°, ±45° の 4 層とした。供試体パラメーターは、定着体の長さ $L=100\text{mm} \sim 500\text{mm}$ 、CFRP ロッド径 $\phi 10$ 、 $\phi 12$ の 2 種類の組み合わせとした。

試験で得た破壊荷重を表-2 に示す。表中の最大耐力は試験結果の平均値である。定着長さ 100mm の供試体は波型 CFRP 定着体の剥離または CFRP ロッドの抜け出しで破壊し、定着長さが、350mm、500mm の供試体の一部で CFRP ロッドの破断で破壊したが、定着長さ 150mm 以上の供試体は、その殆どが CFRP ロッドの抜け出しとなった。

図-5 に CFRP 定着長さと最大耐力の関係を示す。本実験の範囲内では定着長が長くなると最大耐力が大きくなる結果となった。図中の赤線は 300g/m² 目付の高強度炭素繊維シート 1 層～3 層分の設計引張耐力を示す。シートの設計耐力は NEXCO 設計要領第二集³⁾に準拠した。これによれば、定着長 500mm の場合には、概ね 300g/m² 目付の高強度炭素繊維シート 3 層分の定着耐力が得られる結果となっている。

4. まとめ

定着部耐力を確認した本実験の範囲内で得られた結論を以下に示す。

- ①コンクリートと CFRP ロッドの引抜耐力は、埋込み長 50mm～200mm の範囲内では付着破壊により決まる結果となり、あと施工アンカー設計耐力計算式で求めた値にて評価可能と考えられる。
- ②波型 CFRP 定着体長さ 100mm～500mm は、その長さに応じて 300g/m² 目付の高強度炭素繊維シート 1 層～3 層分に必要な定着耐力を得ることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 日本建築防災協会発行 耐震改修設計指針同解説 pp268-269, 2001
- 2) 加藤貴久, 久部修弘, 三井宜之, 武田浩二: 炭素繊維シートと CFRP 定着体による部材接合部の曲げ補強に関する研究, コンクリート工学年次論文集 vol.27, No.1, pp337-342, 2005.7
- 3) NEXCO 設計要領第二集 橋梁保全編 pp6-31, 2008.8

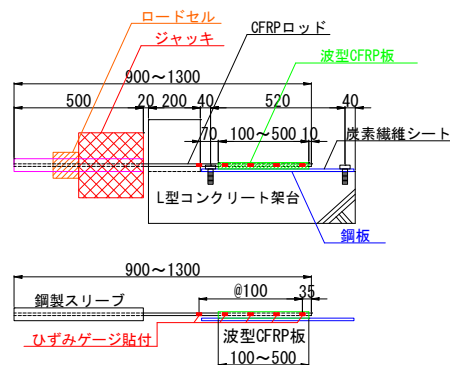


図-4 CFRP 定着体引抜試験概要

表-2 CFRP 定着体引抜試験結果一覧

定着長さ (mm)	定着幅 (mm)	最大耐力 (kN)		備 考
		$\phi 10$	$\phi 12$	
100	150	59.7	58.0	A (一部B)
150	150	71.5	84.6	B
200	150	88.7	98.0	B
250	150	119.2	119.2	B
300	150	126.3	122.4	B
350	150	135.3	145.8	B (一部C)
500	150	172.9		C (一部B)

A: プレート剥がれ
 B: ロッド抜け
 C: ロッド破断

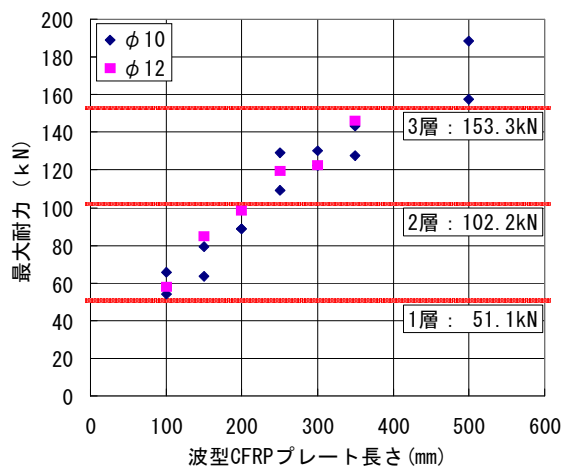


図-5 最大耐力-プレート長さ