

CFRP 波形定着体の定着体寸法と定着耐力に関する研究

三菱樹脂(株) 正会員 ○長谷川 泰聡
 (株)コンステック 中村 洋行
 ボンドエンジニアリング(株) 伊藤 保雄
 三菱樹脂(株) 正会員 久部 修弘

(株)竹中工務店 福原 武史
 サンコーテクノ(株) 正会員 今井 清史
 コニシ(株) 久保田 啓仁
 三菱樹脂(株) 正会員 三橋 悠三

1. 目的

T 型断面のコンクリート桁を炭素繊維シートによりせん断補強を行う場合、U 字状に巻きつけて補強が行われる。U 字状に巻きつける場合、シート端部を定着する必要がある。通常、機械式定着や炭素繊維アンカーによる定着方法が主流となっている。本研究はその代替工法として開発した CFRP 波形板による定着工法（CFRP 波形定着工法）（図-1）の定着体に着目し、定着体幅、長さを変化させた場合の定着体の破壊形態を明らかにするとともに、定着体の設計方法の提案を行ったものである。

2. 実験概要

図-2 に示す L 形のコンクリート架台上に鋼板を設置し、鋼板上に炭素繊維シートを貼付け、CFRP 波形板及び CFRP ロッドをエポキシ樹脂パテにて接着した。CFRP 波形板から突出した CFRP ロッドに鋼管スリーブを定着させ、鋼管スリーブをジャッキで引張ることにより、定着耐力を確認した。試験パラメーターは定着体幅を 90, 120, 150, 200mm の 4 種類、定着長を 100, 150, 200, 250, 300, 350, 500mm の 7 種類とした。

3. 破壊形態

表-1 に試験で得られた最大耐力の平均値及び破壊形態一覧を示す。表中の上段は試験で得られた最大耐力の平均値を、下段は破壊形態を示す。尚、CFRP 波形板長が 500mm の供試体の一部は CFRP ロッドの引張保証強度以上の耐力が確認できたため終局前に除荷を行った。

定着面積の小さい CFRP 波形板幅 90mm や CFRP 波形板長（定着長）150mm の供試体は、CFRP 波形板の剥離で終局に至る傾向があった。定着面積が大きくなるにつれて、破壊形態は CFRP 波形板の剥離から CFRP ロッドの抜出しに移行し、定着長が 500mm のように十分な定着面積及び CFRP ロッドの付着長が確保できると、ロッドの破断で終局に至る結果となった。以上より CFRP 波形定着体の耐力は CFRP 波形板の剥離耐力、CFRP ロッド付着耐力、CFRP ロッドの破断耐力を照査することで設計可能と考えられる。

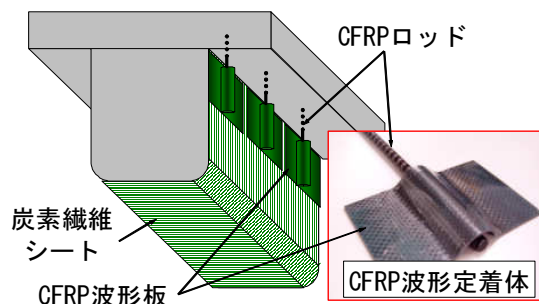


図-1 CFRP 波形定着工法概要

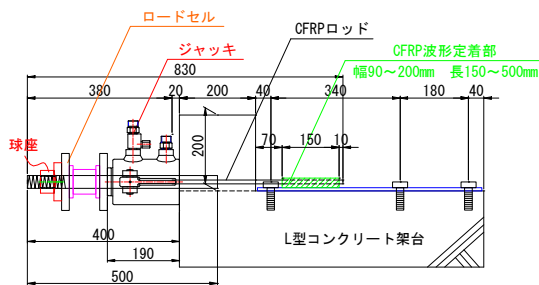


図-2 CFRP 波形定着体引張試験概要

表-1 試験結果一覧

定着体 幅	定着体長			
	150mm	250mm	350mm	500mm
90mm	80.3kN A (一部 B)	140.5kN B (一部 A)	170.1kN B (一部 A)	206.1kN C
120mm	88.0kN A (一部 B)	138.1kN B	166.9kN B	204.9kN C
150mm	94.7kN B	139.8kN B	171.2kN B	205.5kN C
200mm	88.5kN B	137.4kN B	167.4kN B	203.4kN C

※ A: プレート剥離 B: ロッド抜け C: ロッド破断

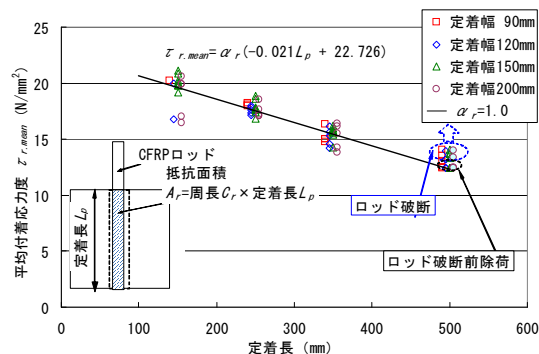


図-3 定着長-平均付着応力度（拔出し）

キーワード せん断補強, CFRP 波形定着体, CFRP ロッド引抜耐力, CFRP 波形板剥離耐力

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

4. CFRP 波形定着体引抜耐力に関する検討

図-3 に定着長と平均付着応力度（拔出し） $\tau_{r,mean}$ の関係を示す。 $\tau_{r,mean}$ は CFRP ロッドの周長に定着体長さを乗じた面積を抵抗面積（ A_r ）とし、試験で得られた最大耐力を A_r で除して算出した。図-3 中の実線は最小二乗法により一次近似した直線であり、式-1 にて示される。尚、定着長 500mm の供試体は、ロッドの破断で破壊したため（一部 CFRP ロッドの引張保証強度以上の耐力を確認後除荷を行った）、式-1 の近似には含めていない。

図-3 よりロッドの平均付着応力度は定着長が長くなるにつれて低下する傾向があった。これは、CFRP ロッドは引抜抵抗に対して有効付着範囲を有しているためと考えられる。

図-4 に式-1 により算出したロッドの平均付着応力度に A_r を乗じて得られた設計付着耐力（式-2）と実験値の比較を示す。図中の破線は $\alpha_r=0.8$ として算出した設計付着耐力値であり、 $\alpha_r=0.8$ の低減係数を乗ずることで安全側に評価できるものと考えられる。

5. CFRP 波形定着体剥離耐力に関する検討

図-5 に定着長と平均付着応力度（剥離） $\tau_{p,mean}$ の関係を示す。 $\tau_{p,mean}$ は CFRP ロッド突出部から 45° より内側の範囲を剥離抵抗面積（ A_p ）とし、試験で得られた最大耐力を A_p で除して算出した。図-5 中の実線は式-1 と同様に一次近似した直線であり、式-3 にて示される。

図-5 より分かるとおり、剥離に対する平均付着応力度は若干ばらつきはあるものの、平均して $6.0 \sim 6.5 \text{ N/mm}^2$ 程度と推定される。

図-6 に式-3 により算出した CFRP 波形板の平均付着応力度に A_p を乗じて得られた設計付着耐力（式-4）と実験値の比較を示す。図中の破線は $\alpha_p=0.8$ として算出した設計付着耐力値であり、 $\alpha_p=0.8$ の低減係数を乗ずることで安全側に評価できるものと考えられる。

6. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ・CFRP 波形板の面積が小さいと剥離で終局にいたる結果となり、面積が大きくなるにつれてロッドの引き抜け破壊に移行し、面積、付着長とも充分に得られた場合はロッドの破断で終局に至る結果となった。
- ・CFRP 波形定着工法の定着耐力は CFRP 波形板の剥離耐力、CFRP ロッド付着耐力、CFRP ロッドの破断耐力を照査することで設計可能と考えられる。
- ・CFRP 波形板の剥離耐力、CFRP ロッド付着耐力の両者とも本試験で得られた平均付着応力度から算出される耐力に低減係数を乗ずることにより、安全側に評価できるものと考えられる。

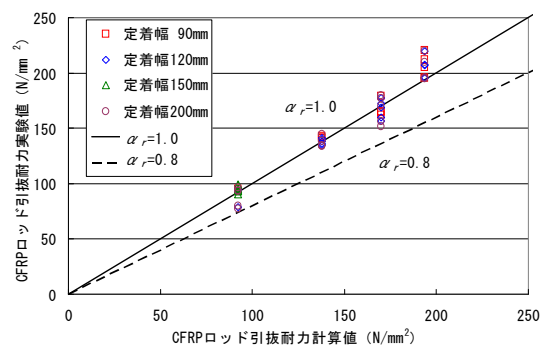


図-4 CFRP ロッド引抜耐力（実験値/設計値）

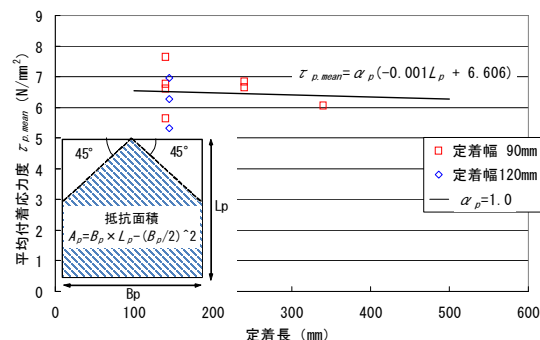


図-5 定着長-平均付着応力度（剥離）

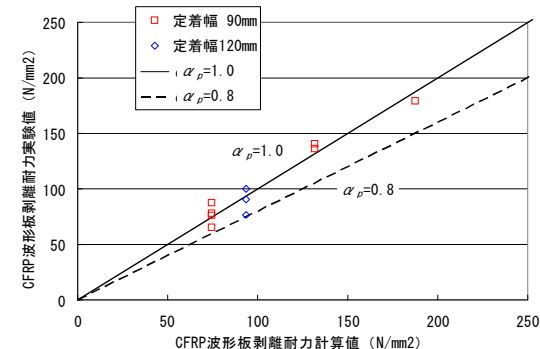


図-6 CFRP 波形板剥離耐力（実験値/設計値）

$$\tau_{r,mean} = \alpha_r (-0.021 \cdot L_p + 22.726) \quad \dots \text{式-1}$$

$$P_r = \tau_{r,mean} \cdot A_r \quad \dots \text{式-2}$$

$$\tau_{p,mean} = \alpha_p (-0.001 \cdot L_p + 6.606) \quad \dots \text{式-3}$$

$$P_p = \tau_{p,mean} \cdot A_p \quad \dots \text{式-4}$$

ここに α_r α_p : 低減係数

c_r : CFRP ロッド周長

L_p : CFRP 波形板長

B_p : CFRP 波形板幅