

ポリウレア樹脂を用いた CFRP プレート接着プレハブ工法による付着性能の検討

九州大学大学院 学生会員 ○櫻井 俊太 学生会員 扇 孝洋
九州大学大学院 フェロー会員 日野 伸一 正会員 畠山 繁忠
新日鉄住金マテリアルズ (株) 正会員 小林 朗 正会員 小森 篤也

1. 研究背景

著者らによる CFRP プレート接着補強工法に関する既往の研究¹⁾から、接着面へのポリウレア樹脂挿入によって付着性能が改善されることが確認された。図-1 に本工法でのプレート接着部詳細図を示す。しかし、従来の接着工法では図-1 (a) に示すように現場でコンクリートにプライマーとポリウレアパテを塗布し養生を行い、養生後エポキシパテを用いてプレート接着を行う。そのため、現場での作業工程が多く、また、接着剤の品質管理が難しい。そこで、施工の省力化および高品質化を目的とし、プレート接着におけるプレハブ工法を開発した。この工法は、工場等の整った環境下でプレートにプライマーとポリウレアパテを塗布し養生を行い、現場へ搬入後エポキシパテを用いてプレートを接着するものである。本研究では、本工法において新たに使用する、プレートとポリウレアパテ間のエポキシプライマーの有無を要因としたプレハブタイプの付着性能について実験的検討を行った。

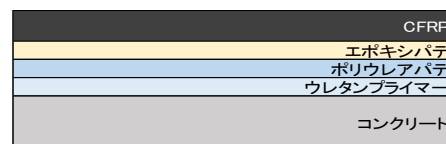
2. 実験概要

2.1 材料特性

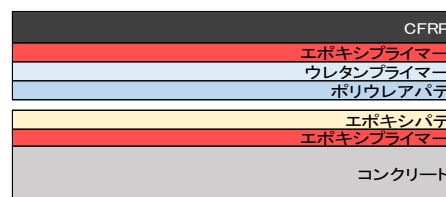
表-1 に使用した高強度タイプの CFRP プレートの材料特性を示す。また、表-2 にプレート接着に用いた接着剤およびポリウレア樹脂の材料特性を示す。接着に用いたエポキシ樹脂は主剤と硬化剤を 2:1 で、ポリウレア樹脂は主材と硬化剤を 3:1 の比で混合して用いた。また、本研究で用いたコンクリートの圧縮強度は 49.8N/mm²、引張強度は 4.3N/mm²である。

2.2 試験体概要

本研究で作製した試験体の種類を表-3 に示す。本実験では高強度タイプ 1mm の CFRP プレート用い、エポキシプライマーの有無を要因として、各試験体 2 体ずつ試験を行い、付着性能の検討を行った。図-2 に試験体の概要および貼付したひずみゲージの位置を示す。コンクリート試験体の寸法は 150×150×1200mm とし、試験に用いた CFRP プレートは幅 50×長さ 1200mm とした。また、試験体内部の鉄筋は中央で切れており、試験体中央部にはひび割れを誘発させるため、幅 4mm のプラベニア板を入れている。また、CFRP プレートを接着した後、計測部において破壊が先行するよう図-2 右側に示すような鉄板を用いて底部を支圧力により固定した。門型フレームに試験体を設置し、油圧ジャッキによって引張载荷試験を行った。なお、载荷速度は 5kN/min とした。



(a) 従来の工法



(b) 今回の工法

図-1 プレート接着部詳細

表-1 CFRP プレートの材料特性値

タイプ	高強度
引張弾性率 (N/mm ²)	167,000
引張強度 (N/mm ²)	2,400
単位体積重量 (kg/m ³)	1,600

表-2 使用材料特性値 (N/mm²)

	エポキシ樹脂	ポリウレア樹脂
圧縮弾性率	7,230	34
引張弾性率	5,300	20
圧縮強度	96.0	6.8
引張強度	37.0	12
曲げ強度	63.0	-
引張せん断強度	16.6	5.6

表-3 試験体種類

プレートタイプ	厚さ(mm)	プライマー	試験体数
高強度	1	有	2
		無	2

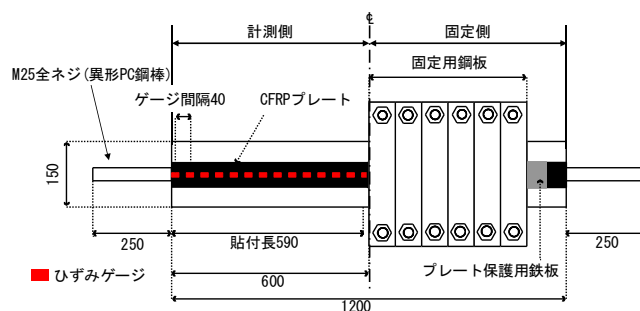


図-2 試験体概要 (単位:mm)

表-4 試験結果一覧

試験体名	P_{max} (kN)		τ_{max} (N/mm ²)		G_f (N/mm)		破壊モード
	実測値	平均値	実測値	平均値	実測値	平均値	
1HTS-PP1	134	128	2.26	2.17	5.34	4.93	エポキシ-ポリウレア間剥離
1HTS-PP2	123		2.08		4.51		エポキシ-ポリウレア間剥離
1HTS-PN1	106	108	1.80	1.83	3.36	3.50	エポキシ-ポリウレア間剥離
1HTS-PN2	110		1.87		3.63		エポキシ-ポリウレア間剥離
1HTS	160		2.71		7.70		エポキシ-プレート間剥離
1HTN	65		1.1		1.3		エポキシ-プレート間剥離

(備考) 1HT: 高強度タイプ プレート厚 1mm, S・N: ポリウレア樹脂の有・無, PP・PN: プレハブ工法でエポキシプライマーの有・無

3. 結果および考察

表-4 に各試験体の最大荷重 P_{max} , 最大せん断応力度 τ_{max} および界面剥離破壊エネルギー G_f を示す. 1HTS, 1HTN は既往の研究³⁾により得られた現場施工タイプの値である. また, 写真-1 に試験体の破壊モード例を示す. τ_{max} および G_f は土木学会²⁾の示す式(1), 式(2)を用いて算出した.

$$\tau_{max} = \frac{P_{max}}{2bt} \quad \dots (1), \quad G_f = \frac{(P_{max})^2}{8b^2 E_p t} \quad \dots (2)$$

ここで,

P_{max} : 最大荷重(N) t : プレートの厚さ(mm)

b : プレート幅(mm) l : プレート貼付長(mm)

E_p : プレートの弾性係数(N/mm²)

1HTS-PP の場合, 最大荷重 P_{max} の平均は 128kN, 最大せん断応力度 τ_{max} の平均は 2.17N/mm², 界面剥離破壊エネルギー G_f の平均は 4.93N/mm となった. エポキシプライマー無と比較して最大荷重は約 1.2 倍向上しており, エポキシプライマーによる付着性能の向上が確認できた. また, 1HTN と比較するとポリウレア樹脂による効果は確認できるが従来施工タイプ 1HTS と比較するとプレハブタイプの最大荷重は 1HTS-PP では約 80%, 1HTS-PN では約 65%となっている. また, 破壊モードは, 本実験の試験体はすべてエポキシ-ポリウレア間剥離となった. 図-4 に各試験体の最大荷重時のプレートひずみと計測位置関係図を示す. 従来工法の 1HTS と比較すると, 最大荷重が低下したため, 最大ひずみについても同様に低下している. しかし, 1HTS-PP については 280mm 以降のひずみ分布は 1HTS 試験体と同程度となり, プレハブ工法においても応力が十分に伝達されていることが明らかとなった.

4. まとめ

CFRP プレート接着補強工法におけるプレハブ工法の付着性能の検討を行った. 本試験では, プレハブ工法においてエポキシプライマーによる最大荷重の向上が確認できた. また, 従来工法のポリウレア有試験体と比較すると, どちらの試験体も最大荷重は小さくなったが, ポリウレア無試験体と比較すると, どちらの試験体も最大荷重は約 2 倍に向上し, プレハブ工法においてもポリウレア樹脂挿入による付着性能の改善は確認できた.

参考文献

- 1) R.BAHSUAN, S.HINO, T.OHGI, A.KOMORI, Effect of Polyurea Soft Layer on the Bonding Performance between CFRP Plate and Concrete, the 11th German-Japanese Bridge Symposium(2016)
- 2) 連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針, 土木学会, (JSCE-E 543-2000)
- 3) 扇孝洋, 櫻井俊太, 日野伸一, 畠山繁忠, 小林朗, 小森篤也: CFRP プレート接着補強工法におけるポリウレア樹脂挿入による付着性能の改善, 土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集, pp.327-328, 2017.



写真-1 破壊モード例 (1HTS-PP1)

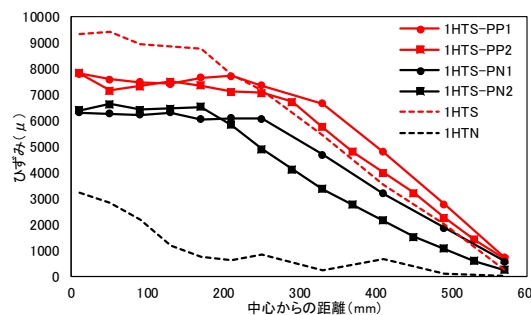


図-4 最大荷重時ひずみ-計測位置関係図