

補強材の材料特性を変化させた FRP 板水中接着曲げ補強 RC 梁の静載荷実験

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○ 鹿嶋 辰紀 室蘭工業大学大学院 正会員 栗橋 祐介
三井住友建設(株) フェロー 三上 浩 釧路工業高等専門学校 フェロー 岸 徳光

1. はじめに

本研究では、水中接着補強工法の補強効果の改善を目的に、高伸び型水中硬化型接着樹脂や引張軸剛性の大きい FRP 板を用いて水中接着曲げ補強した RC 梁に関する静載荷実験を行った。

2. 実験概要

表 1 には、本実験に用いた試験体の一覧を示している。試験体名の内、第 1 項目は施工・養生環境 (A : 気中, W : 水中), 第 2 項目は使用した FRP 補強材の種類 (A : AFRP, C : CFRP), 第 3 項目は水中硬化型接着樹脂 (以後、水中接着樹脂) の種類 (1 : 従来型水中接着樹脂, 2 : 高伸び型水中接着樹脂) を示している。

図 1 には、RC 梁の形状寸法、配筋状況および補強概要を示している。本実験に用いた試験体は、断面寸法 150 × 150 mm, 純スパン長 1.8 m の複鉄筋 RC 梁である。実験時におけるコンクリートの圧縮強度は 30 MPa 程度であり、軸方向鉄筋の降伏強度は 395 MPa であった。

表 2 には、FRP 補強材の力学的特性値の一覧を示してい

表 2 FRP 補強材の力学的特性値 (公称値)

FRP 補強材の種類	保証耐力 (kN/m)	厚さ (mm)	引張強度 (GPa)	弾性係数 (GPa)	軸剛性 (kN/mm)	破断ひずみ (%)
AFRP	392	0.193	2.06	118	22.8	1.75
CFRP	400	0.163	2.45	436	71.1	0.56

表 3 水中接着樹脂の力学的特性値 (公称値)

接着樹脂の種類	圧縮強度 (MPa)	曲げ強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	伸び率 (%)
従来型水中接着樹脂	44.4	22.5	9.3	0.77
高伸び型水中接着樹脂	35.0	17.1	6.1	1.20

る。両 FRP 補強材において、保証耐力はほぼ同等であるのに対し、軸剛性は CFRP の場合が 3 倍以上大きい。また、表 3 には、水中接着樹脂の力学的特性値の一覧を示している。高伸び型水中接着樹脂は従来型水中接着樹脂よりも強度が全般的に小さく、かつ伸び率が大きい。

RC 梁の水中接着補強は、大型の水槽を用いて RC 梁を水没させた状態で行った。なお、付着性能の改善のため FRP 板には板表面に汎用の含浸接着樹脂を塗布し、5 号珪砂を 250 g/m² 程度振り掛け、粗面処理を施した。また、コンクリートの接着界面には深さ 1 mm 程度のブラスト処理を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 荷重－変位関係

図 2 には、各試験体の荷重－変位関係に関する実験結果および計算結果を示している。計算結果は、土木学会コンクリート標準示方書に準拠して断面分割法により算出したものである。なお、計算では FRP 補強材とコンクリートの完全付着を仮定している。また、水中接着樹脂の厚さや力学的特性は考慮していない。

図より、各試験体の実測耐力は無補強梁の計算耐力よりも 1.5 倍以上大きく、FRP 補強材の気中もしくは水中接着による補強効果が発揮されていることが分かる。また、各実験結果は計算結果とほぼ対応し、終局時には計算結果を上回る荷重レベルで FRP 補強材の剥離もしくは破断により終局に至っている。従って、設計計算値を十分に

表 1 試験体一覧

試験体名	FRP 補強材の種類	使用樹脂の種類	施工・養生環境
A-A 梁	AFRP	汎用含浸接着樹脂	気中
W-A-1 梁		従来型水中接着樹脂	水中
W-A-2 梁		高伸び型水中接着樹脂	
W-C-1 梁	CFRP	従来型水中接着樹脂	

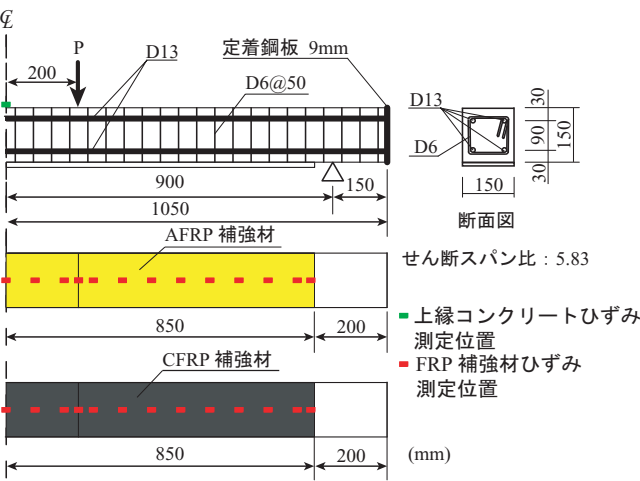


図 1 RC 梁の形状寸法、配筋状況および補強概要

キーワード：FRP 板、引張軸剛性、水中硬化型接着樹脂、RC 梁

連絡先：〒 050-8585 室蘭工業大学大学院 くらし環境系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX 0143-46-5225

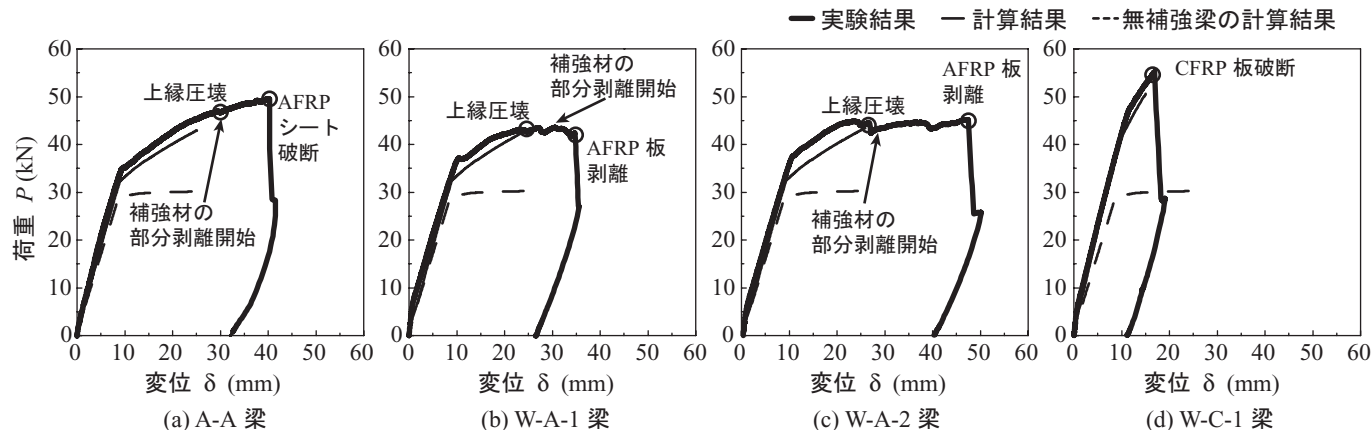


図2 各試験体における荷重－変位関係の実験結果と計算結果の比較

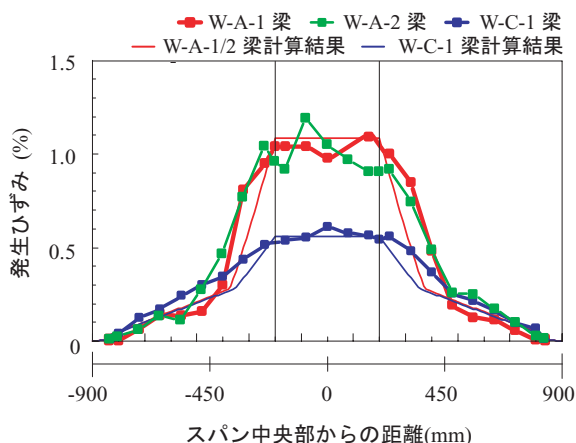


図3 計算終局変位時のひずみ分布性状の比較

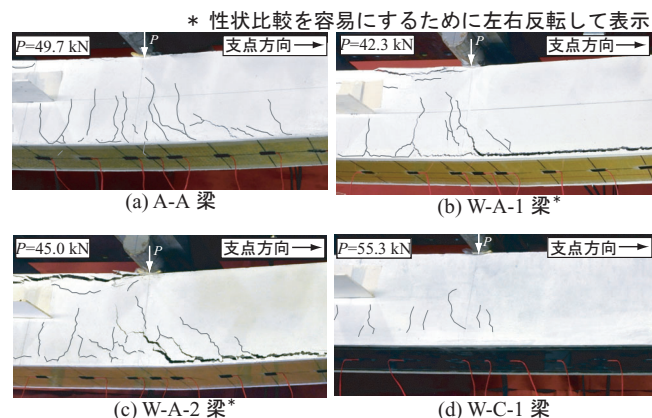


写真1 各試験体の終局時ひび割れ性状の比較

満足する補強効果を発揮している。

伸び率の異なる水中接着樹脂を用いた W-A-1/2 梁に関する実験結果を比較すると、W-A-2 梁の場合が上縁コンクリート圧壊時の荷重や終局変位量も大きいことから、高伸び型水中接着樹脂を用いることにより FRP 板の付着性能を向上可能であることが分かる。

また、軸剛性の異なる FRP 板を用いた W-A/C-1 梁の実験結果を比較すると、W-C-1 梁の変位量が W-A-1 梁の場合よりも小さい。これは、FRP 板の軸剛性が大きいこと

および破断ひずみが小さいことによるものと考えられる。

3.2 FRP 補強材の軸方向ひずみの分布性状

図3には、W-A-1/2 および W-C-1 梁の計算終局変位時における FRP 補強材の軸方向ひずみ分布に関する実験結果と計算結果を比較して示している。なお、計算結果は断面分割法に基づいて算出したものである。

図より、いずれの試験体においても、実験結果は計算結果と大略対応していることが分かる。これより、FRP 補強材とコンクリートとの付着は計算終局変位時まで確保されているものと判断される。

また、W-C-1 梁に着目すると、FRP 板の発生ひずみが他の試験体よりも小さいことが分かる。これより、軸剛性の大きい FRP 板を用いることにより、計算終局時における FRP 板の発生ひずみを低減可能であるものと考えられる。

3.3 ひび割れ性状

写真1には、各試験体の補強材の剥離もしくは破断直前におけるひび割れ性状を示している。写真より、W-C-1 梁以外の場合には、載荷点近傍の下縁かぶりコンクリートにおいて斜めひび割れがシートを下方に押し出して引き剥がすピーリング作用により FRP 板が部分的に剥離していることが分かる。

これに対し、軸剛性の大きい FRP 補強材を用いた W-C-1 梁の場合には、ピーリング作用の兆候は見られず、ひび割れは極めて軽微である。これは、軸剛性の大きい FRP 板を用いることによって、ダウエル効果が大きく出現するため、かぶりコンクリートに斜めひび割れが発生しにくくなり、結果としてピーリング作用による FRP 板の剥離が抑制されたためと考えられる。

4. まとめ

- 1) 伸び性能に優れる水中接着樹脂を用いることにより、FRP 補強材の付着性能が改善される。
- 2) 軸剛性の大きい FRP 板を用いることでピーリング作用による FRP 板の剥離が抑制される。