

CFRP 補強 FRCC 梁部材の曲げ性状に関する研究 その1 実験概要および実験結果

正会員 ○佐々木 秀人* 同 高砂 柊伍*

同 齊藤 稜河** 同 金久保 利之***

CFRP アラミド繊維 曲げ実験

FRCC ひび割れ幅 たわみ

1. はじめに

耐腐食性で弾性挙動を示す連続繊維補強材（fiber-reinforced polymer：FRP）と、短繊維を混入し引張性状を向上させた繊維補強セメント系複合材料（fiber-reinforced cementitious composite：FRCC）を組み合わせた FRP 補強 FRCC によって、高耐久かつ維持管理コストの低い構造物が期待できる。本研究では、FRP の中でも引張強度および弾性率が大きく、補強効果が期待できる CFRP（carbon fiber-reinforced polymer）を補強材とした FRCC 梁部材の曲げ実験を実施し、破壊性状、耐力の検討を行った。その1では、実験概要および実験結果について述べる。

2. 実験概要

試験体の一覧を表-1に、試験体形状および試験体断面を図-1に示す。断面は幅 180mm、せい 280mm で、圧縮側に直径 7.2mm の CFRP 補強筋（引張強度 1770MPa、弾性係数 160GPa）を 2 本、引張側に直径 15.9mm の CFRP 補強筋（引張強度 1770MPa、弾性係数 150GPa）を 3 本配した梁試験体である。FRCC の混入繊維にはアラミド繊維（繊維長 12mm、繊維径 12μm、引張強度 3432MPa、弾性係数 73GPa）を用いた。CFRP 補強筋およびアラミド繊維の形状を図-2に示す。変動因子はアラミド繊維の体積混入率（0%、0.25%、0.5%）と加力方法（単調加力、片側繰返し加力）であり、繊維体積混入率 0.5%の試験体に対して片側繰返し加力を実施する。加力は 2MN 万能試験機による 4 点曲げ実験で、純曲げ区間を試験区間とする。想定する最終的な破壊は FRCC の試験区間内での圧壊とし、試験区間外には D10 鉄筋による肋筋を配する。FRCC の調合計画およびφ100mm×200mm 円柱供試体による圧縮特性を表-2に示す。測定項目は荷重、加力点たわみ、試験区間内軸方向変形、および引張側 CFRP の加力点ひずみである。変位計の設置状況を図-3に示す。AF0.5%C

表-1 試験体一覧

試験体名称	加力方法	繊維体積混入率(%)
MT	単調	-
AF0.25%		0.25%
AF0.5%		0.50%
AF0.5%C	片側繰返し	



図-2 CFRP・アラミド繊維形状

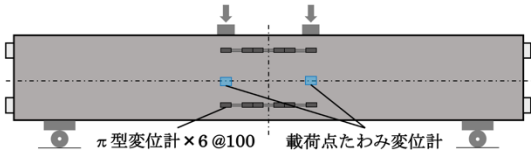


図-3 変位計の設置状況

表-2 FRCC の調合計画と圧縮性状

試験体名称	単位量(kg/m ³)				F (g)	σ _B (MPa)	E _c (GPa)
	W	C	S	FA			
MT	380	678	484	291	0	51.6	18.1
AF0.25%					208.5	45.5	17.2
AF0.5%					417	39.2	13.7
AF0.5%C					417	42.8	15.5

W:水道水、C:早強ポルトランドセメント、S:7号珪砂、
FA:フライアッシュ、F:アラミド繊維、
σ_B:圧縮強度、E_c:弾性係数

試験体の片側繰返し加力の加力履歴は、図-4に示すように加力点たわみによって制御し、たわみ 2mm、4mm、6mm、8mm において各 5 回、10mm において 2 回の繰返し加力を行い、その後終局まで加力を行った。

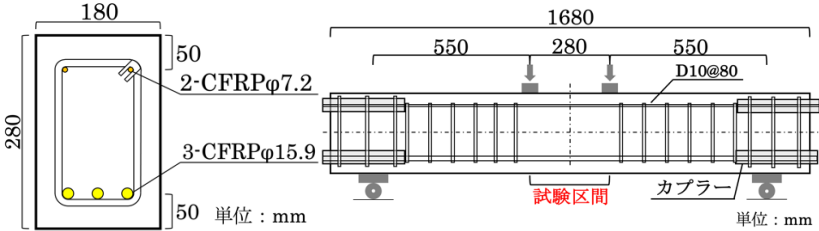


図-1 試験体形状

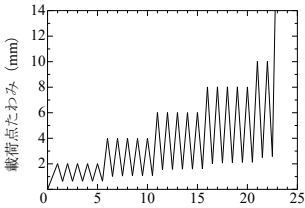
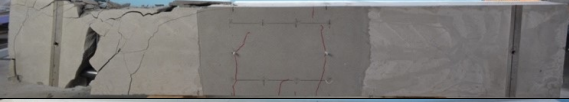
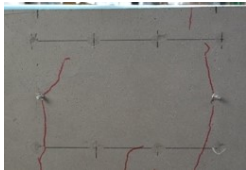
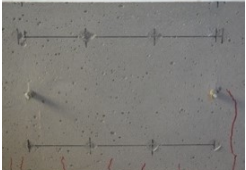
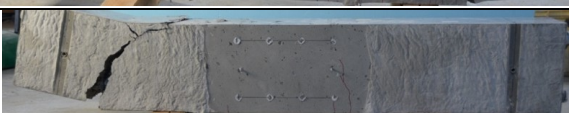


図-4 AF0.5%C 加力履歴

全体の様子		試験区間のひび割れ発生状況	
MT		MT	AF0.25%
AF0.25%			
AF0.5%		AF0.5%	AF0.5%C
AF0.5%C			

図－5 全体および試験区間のひび割れ発生状況

3. 実験結果

3.1 ひび割れおよび破壊性状

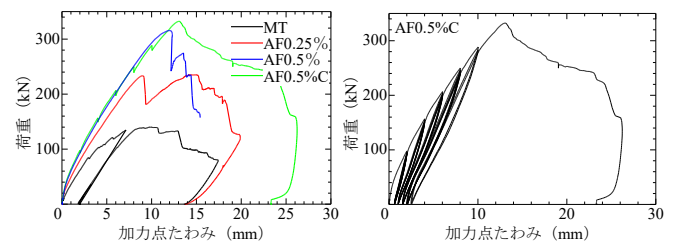
加力後の試験体の全体および試験区間のひび割れ発生状況を図－5 に示す。MT、AF0.25%、AF0.5%試験体では、試験体端部の定着部破壊により荷重が低下した。AF0.5%C 試験体では、試験区間における FRCC の圧壊により最大荷重を迎え、その後緩やかに荷重が低下してたわみが増大した。繰返し加力においては、除荷時にはひび割れが目視できない程度にひび割れが閉じている様子が確認できた。

3.2 荷重－加力点たわみ関係

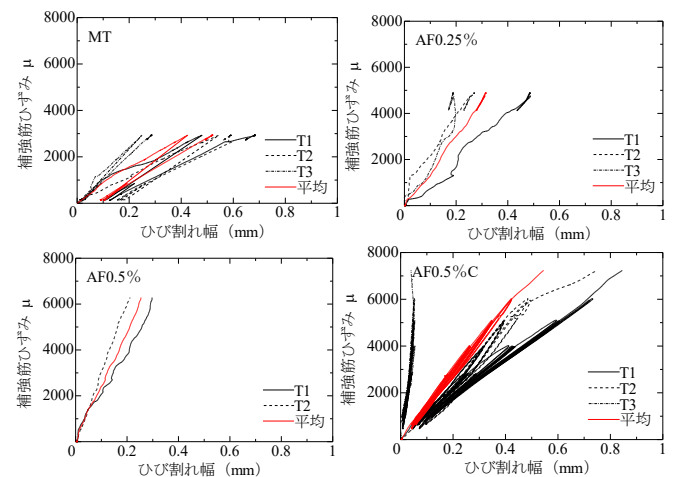
荷重－加力点たわみ関係を図－6 に示す。MT 試験体では試験機の不具合により、加力点たわみ 7mm 程度で一度除荷を行い、その後再加力を行った。最大荷重は MT : 140.24kN、AF0.25% : 235.83kN、AF0.5% : 315.54kN、AF0.5%C : 332.29kN であった。AF0.5%C 試験体では FRCC の圧壊にて最大荷重を迎えた後も靱性がみられ、繊維による架橋効果が確認できた。各サイクルでの荷重低下は見られなかった。

3.3 補強筋ひずみ－ひび割れ幅関係

補強筋ひずみ－ひび割れ幅関係を図－7 に示す。補強筋ひずみは引張 CFRP の加力点ひずみ 6 ヶ所の平均、ひび割れ幅は引張側試験区間内に設置した π 型変位計 3 ヶ所の変形を、最大荷重を迎えた時点での各区間のひび割れの本数で除することで、1 本あたりのひび割れ幅とした。単調加力試験体と比較すると、繊維体積混入率に応じて、同一補強筋ひずみの時のひび割れ幅が抑制されていることが確認できる。繰返し加力試験体では、繰返し加力により試験区間に損傷が累積し、試験区間内のひび割れが拡大した可能性がある。



図－6 荷重－加力点たわみ関係



図－7 補強筋ひずみ－ひび割れ幅関係

4. まとめ

- (1) 繊維体積混入率 0.5%の繰返し加力試験体では FRCC の圧壊により最大荷重を迎え、その後荷重が低下したたわみが増大した。各サイクルでの荷重低下はみられなかった。
- (2) 単調加力試験体において、同一の補強筋ひずみ時におけるひび割れ幅は、FRCC の繊維の混入率が大きいほど小さくなる傾向が確認できた。

謝辞

CFRP 補強筋は東京製綱インターナショナル（株）にご提供いただいた。

*筑波大学大学院システム情報工学研究群

**筑波大学理工学群

***筑波大学システム情報系教授 博士（工学）

*Master Program, GSSIE, Univ. of Tsukuba

**School of Science and Engineering, Univ. of Tsukuba

***Prof., Div. of Eng. Mechanics and Energy, Univ. of Tsukuba, Ph.D.