

CFRP 補強 FRCC 梁部材の曲げ性状に関する研究 その2 断面解析結果との比較

正会員 ○齊藤 稜河* 同 高砂 柊伍**
同 佐々木 秀人** 同 金久保 利之***

CFRP アラミド繊維 曲げ強度
FRCC 断面解析 曲率

1. はじめに

その2では、その1で行ったCFRP補強FRCC梁部材の曲げ実験の結果に関して、断面解析による曲げ性状の評価を行った。

2. 実験による曲げモーメントー曲率関係

その1で行った梁部材の曲げ実験試験体の内、FRCCの圧壊によって最大荷重を迎えたAF0.5%C試験体の、実験より得た曲げモーメントー曲率関係を図-1に示す。曲率は、圧縮側と引張側の π 型変位計による変形を計測区間で除したひずみの差を変位計間距離で除することで求めた。曲げモーメントは荷重の1/2の値にせん断スパンを掛けることで得た。最大曲げモーメントは91.38kNmであった。

3. 断面解析の各構成則

3.1. FRCCの引張側モデル

既往の研究¹⁾において、アラミド繊維を用いた体積混入率0.5%のFRCCの引張性能を把握することを目的とした一軸引張試験が行われており、引張応力ーひび割れ幅関係(繊維架橋則)が示されている。本研究では、ひび割れ幅をAF0.5%試験体のひび割れ発生間隔で除してひずみとし、FRCCの引張応力ーひずみモデルとした。AF0.5%試験体の最大荷重点における試験区間内(280mm)ひび割れは5本であることから、ひび割れ発生間隔は56mmとした。AF0.25%の引張強度はAF0.5%の1/2とし、引張強度時のひずみおよび引張終局ひずみはAF0.5%と同一とした。なお、MTは引張応力を負担しないものとした。AF0.5%、AF0.25%における引張性状のモデルを図-2に示す。

3.2. FRCCの圧縮側モデル

FRCCの圧縮側モデルには、式(1)に示すPopovics式を用いる。²⁾

$$\frac{\sigma_c}{k_1 \sigma_B} = \frac{\varepsilon_c}{k_2 \varepsilon_0} \cdot \frac{n}{(n-1) + (\varepsilon_c / k_2 \varepsilon_0)^n} \quad (1)$$

ここで、 σ_c : 応力 (MPa)、 ε_c : ひずみ、 σ_B : FRCC 円柱供試体圧縮強度 (MPa)、 ε_0 : FRCC 円柱供試体圧縮強度時ひずみ、 n : 曲線の形状を決める定数、 k_1 、 k_2 : 低減定数である。

断面形状および寸法の違いによる圧縮強度および圧縮強度時のひずみの低下が示されており、本研究でもこれらの低減定数を用い、円柱供試体で得られた圧縮特性を

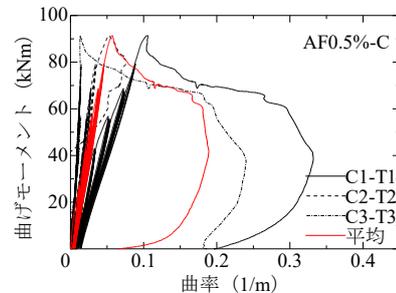


図-1 曲げモーメントー曲率関係

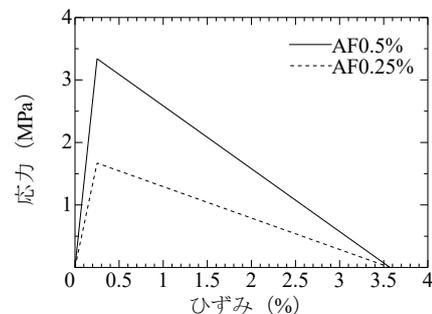


図-2 引張応力ーひずみモデル

表-1 Popovics モデルのパラメータ

試験体	円柱供試体		k_1	k_2	ε_u (%)	n
	σ_B (MPa)	ε_0 (%)				
MT	51.6	0.44	0.85	0.82	0.36	3.71
AF0.25%	45.5	0.53	0.84	0.77	0.40	3.16
AF0.5%	39.2	0.64			0.40	2.43
AF0.5%C	42.8	0.64			0.40	2.49

利用してFRCCの圧縮応力ーひずみモデルとした。モデルに使用する各値を表-1に示す。

円柱供試体の終局ひずみは、MT試験体では最大荷重以降のデータがないため、圧縮強度時のひずみとした。FRCCでは荷重が急激に低下した点を終局ひずみとした。

曲線の形状を決める定数である n は、円柱供試体の応力ーひずみ関係の応力に k_1 、ひずみに k_2 を乗じた関係と、Popovics式による応力の二乗誤差が最小となるように決定した。円柱供試体の実験結果(平均)とモデルの応力ーひずみ関係を図-3に示す。

3.3. CFRP 補強筋

CFRP 補強筋の応力-ひずみ関係は、圧縮側および引張側ともに弾性モデルとした。応力-ひずみ関係を図-4に示す。

4. 断面解析と実験結果の比較

4.1 曲げモーメント-曲率関係の比較

全試験体の実験結果と解析結果を比較した曲げモーメント-曲率関係を図-5に示す。定着部破壊にて最大荷重を迎えた MT、AF0.25%、AF0.5%試験体については、定着部のひび割れが拡大し始めた時期を×で示している。ひび割れが拡大し始めた時期は MT : 11kN・m、AF0.25% : 30kN・m、AF0.5% : 44kN・m であり、当該ひび割れの拡大時期まではいずれの試験体についても良い適合性を示している。

4.2 曲げ強度の比較

FRCC の圧壊により最大荷重を迎えた AF0.5%C 試験体について、曲げ強度の実験値と断面解析による結果の比較を表-2に示す。最大曲げモーメントの実験値の解析値に対する比は 1.014 であり、良い適合性を示した。

表-2 AF0.5%C 実験結果と断面解析の比較

	最大曲げモーメント(kN・m)	曲げモーメント最大時の曲率(1/m)
実験値	91.38	0.0568
解析値	90.11	0.0521
実験値/解析値	1.014	1.090

5. まとめ

FRCCの応力-ひずみ関係の引張側にアラミド繊維架橋則、圧縮側に断面形状と寸法の違いを考慮した Popovics モデルを使用した断面解析結果と、実験結果より得られた曲げモーメント-曲率関係は良い適合性を示した。特に FRCC の圧壊により最大荷重を迎えた AF0.5%C 試験体の解析結果の最大曲げモーメントは、実験結果と高い適合性を示した。

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。

参考文献

- 1) 浅山智、八十島章：アラミド繊維を用いたFRCCト型柱梁接合部の構造性能、コンクリート工学年次論文集、Vol.42、No.2、2020
- 2) 高砂終伍、佐々木秀人、金久保利之：PVA-FRCC 角柱の中心圧縮性状、日本建築学会大会学術講演梗概集、2024

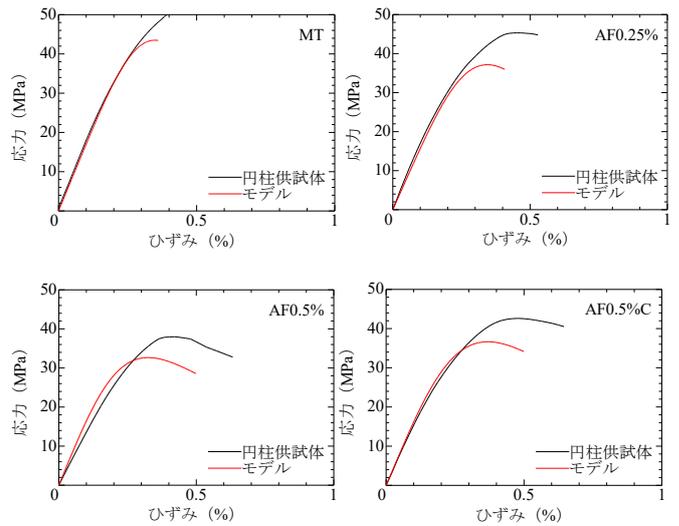


図-3 圧縮試験結果とモデルの比較

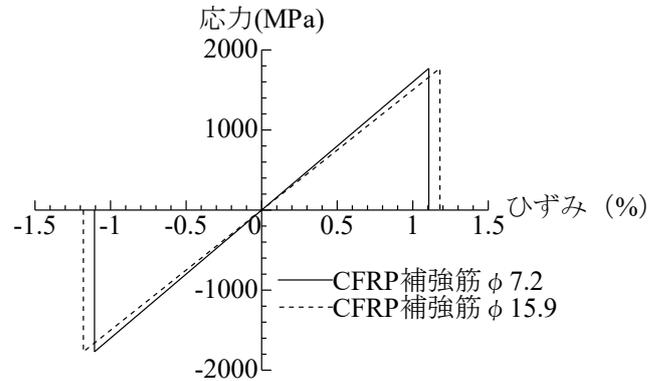


図-4 CFRP 補強筋応力-ひずみモデル

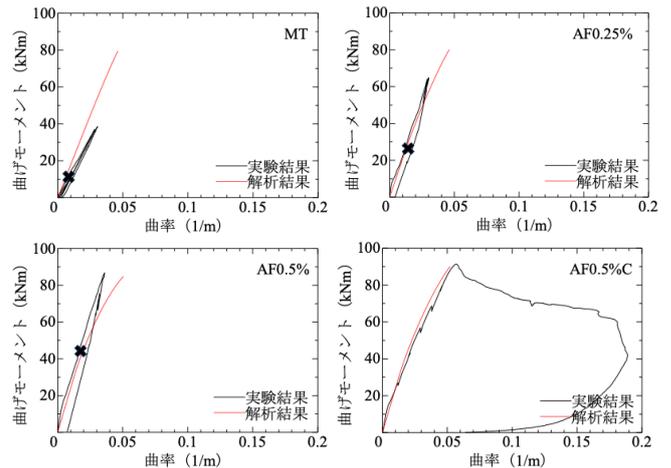


図-5 曲げモーメント-曲率関係の比較

*筑波大学理工学群

**筑波大学大学院システム情報工学研究群

***筑波大学システム情報系教授 博士 (工学)

*School of Science and Engineering, Univ. of Tsukuba

**Master Program, GSSIE, Univ. of Tsukuba

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