

第V部門

2024年9月5日(木) 9:30 ~ 10:50 C306(川内北キャンパス講義棟C棟)

短繊維補強コンクリート（材料）(1)

座長：岩下 健太郎（名城大学）

10:30 ~ 10:40

[V-383] アラミド繊維補強セメント複合材料の引張試験と架橋則の検討

*朴 謙¹、張 航¹、金久保 利之¹ (1. 筑波大学)

キーワード：アラミド繊維、細径繊維、引張試験、架橋則、引抜きモデル

繊維径が0.012 mmであるアラミド単糸に着目し、単繊維の引抜き実験に代わり得る引張試験を実施し、架橋則の計算を試みた。繊維の配向分布やスナビング効果の影響を極力排除することを目的として、引張試験区間断面は繊維長より小さい5 mm×5 mmとした。実験の結果、最大荷重に達した後、繊維が破断するような音とともに荷重が急激に低下し、ひび割れが開口して試験体が破断した。実験結果に合致するように繊維の架橋を示すバイリニアモデルの特性値を求めた。

アラミド繊維補強セメント複合材料の引張試験と架橋則の検討

筑波大学 学生会員 〇朴 謙
筑波大学 学生会員 Hang Zhang
筑波大学 正会員 金久保 利之

1. はじめに

著者らは、繊維補強セメント複合材料（FRCC）の引張性能を評価することを目的として、単繊維の架橋モデルに繊維配向分布やスナビング効果を考慮し、それらを足しあわせて引張応力-ひび割れ幅関係を得る、架橋則の評価方法を提案している¹⁾。本手法では単繊維の引抜き性状を表現する架橋モデルが必要であり、マトリックスからの単繊維の引抜き実験から得ることができるが、単繊維の径が数 μm のような細径繊維の場合に同実験を実施することが困難である。本研究では、繊維径が 0.012 mm であるアラミド単糸に着目し、単繊維の引抜き実験に代わり得る引張試験を計画、実施し、架橋則の計算を試みた。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

FRCCの繊維には、径 0.012 mm 、長さ 12 mm のアラミド繊維単糸を使用した。FRCCの配合を表1に示す。アラミド繊維の体積混入率は 0.5% とした。 $\phi 100\text{ mm}\times 200\text{ mm}$ 円柱供試体による、引張試験実施時材令の圧縮強度は 45.4 MPa 、弾性係数は 18.9 GPa であった。

2. 2 引張試験体

引張試験体の形状および試験体の例を、図1に示す。試験体の全長は 210 mm 、厚さは 5 mm である。繊維の配向分布やスナビング効果の影響を極力排除することを目的として、試験区間断面は繊維長より小さい $5\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ とした。型枠は、図2に示すようにアクリル板とゴム板で作製し、FRCCを平打ちした。全10体の試験体の加力を行った。

2. 3 加力方法

加力には、容量 200 N の小型卓上万能試験機を用いた。加力は変位制御で行い、毎分 1 mm のヘッドスピードで加力を行った。計測項目は、引張荷重およびヘッド変位である。

表1 FRCCの配合（単位量： kg/m^3 ）

W	C	S	FA	F	Ad
380	678	484	291	6.95	5.8

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Ⅱ種，
F：アラミド繊維，Ad：高性能減水剤

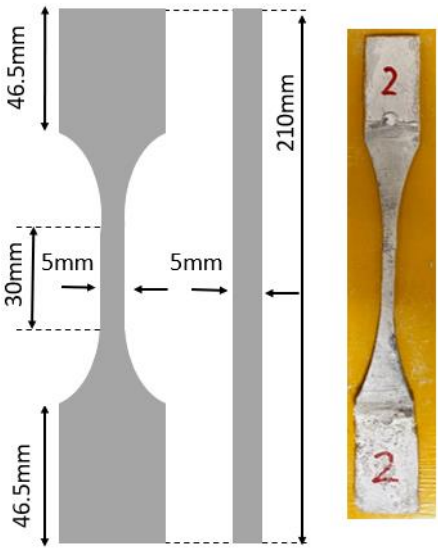


図1 引張試験体



図2 型枠 図3 加力装置

3. 実験結果

加力後の試験体を図4に、引張応力-ヘッド間変位関係を図5に示す。引張応力は、加力後の試験体の破断面の断面寸法を実測し、引張荷重を断面積で

キーワード アラミド繊維，細径繊維，引張試験，架橋則，引抜きモデル
連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学 TEL 029-853-5045

除して求めた。引張応力-ヘッド間変位関係では、直線的に応力が上昇した後、剛性が低下する様子が確認されたが、目視上、試験体にひび割れを確認することはできなかった。最大荷重に達した後、繊維が破断するような音とともに荷重が急激に低下し、ひび割れが開口して試験体が破断した。試験体の破断面において、抜け出した繊維を確認することはできなかった。

4. 架橋則の検討

既往の集束型アラミド繊維の架橋モデル²⁾を参考に、文献 1)の手法により架橋則の計算を試みた。架橋モデルは図 6 に示すバイリニアモデルで、最大引張荷重 P_{max} およびその時の抜き出し量 δ_{max} を(1)式で与える。引張荷重が 0 となる時の抜き出し量は、繊維長の半分の 6 mm とした。

$$\begin{cases} P_{max} = A \cdot l_b^B \\ \delta_{max} = C \cdot l_b^D \end{cases} \quad (1)$$

また、繊維の強度低減係数は 0.3 とし、繊維の配向を評価する配向強度は、文献 1)に示される値の中でもっとも配向が軸方向に沿う 6.5 とした。図 5 の引張応力-ヘッド間変位関係に近くなるように、逆算的に(1)式の係数 A , B , C , D を求めた。

架橋則の計算に用いた諸値および各係数の値を表 2 に、架橋則の計算結果を図 7 に示す。繊維破断によると考えられる軟化域は表現できていないが、最大応力までの挙動は実験結果をおおむね再現できていると考えられる。

5. まとめ

- (1) 細径単繊維の引抜き実験に代わり得る、試験区間断面が繊維長より小さい引張試験体を作製し、引張試験を実施した。
- (2) 架橋則の計算の結果、繊維の架橋を示すバイリニアモデルの特性値を求めた。

参考文献

- 1) Kanakubo, T., Miyaguchi, M., Asano, K., Influence of Fiber Orientation on Bridging Performance of Polyvinyl Alcohol Fiber-Reinforced Cementitious Composite, Materials Journal, 113(2), 131-141, 2016.
- 2) Kanakubo, T., Echizen, S., Wang, J., Mu, Y., Pullout Behavior of Bundled Aramid Fiber-Reinforced Cementitious Composite, Materials, 13(7), 1746, 2020.



図 4 加力後の試験体

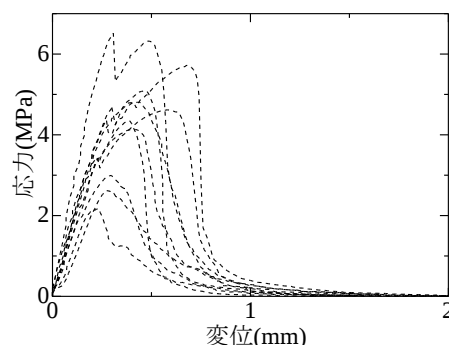


図 5 引張応力-ヘッド間変位関係

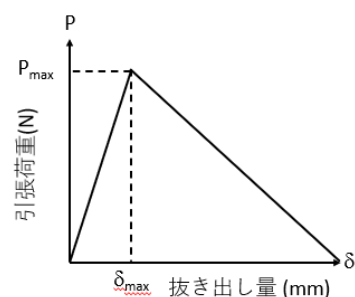


図 6 繊維の架橋モデル

表 2 架橋則の計算に用いた諸値

項目		入力値	項目	入力値
単繊維 架橋 モデル	A	0.1	繊維破断強度	3432MPa
	B	0.8	強度低減係数	0.3
	C	0.5	配向強度 x-y	6.5
	D	0	配向強度 z-x	6.5

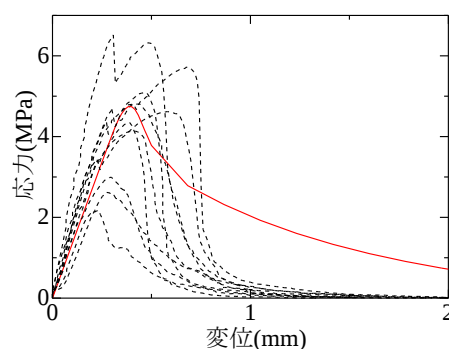


図 7 架橋則の計算結果