

アラミド繊維を用いた超高強度繊維補強コンクリートの寸法効果

岐阜大学大学院 正会員 ○竹山 忠臣
岐阜大学大学院 学生会員 大森 慎也
帝人テクノプロダクツ株式会社 出井 丈也
岐阜大学 正会員 内田 裕市

1. はじめに

近年、コンクリートに要求される性能は高度化、多様化しており、これに対応するためコンクリートの高性能化に関する研究が活発になっている。その一つとして、低水結合材比でありながら優れた流動性を持ち、圧縮強度 180N/mm² 以上の超高強度が得られる超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFCと略記）が実用化され、土木学会から超高強度繊維補強コンクリート設計・施工指針（案）が刊行されている。この指針で対象としている UFC は高い力学特性を得るために高強度の鋼繊維が用いられており、ひび割れが発生した場合に鋼繊維が腐食する可能性が考えられるため、使用時にはひび割れを許容しないこととされている。そこで、鋼繊維の代わりに耐食性に優れた有機繊維を用いることが検討されている。しかしながら、既往の研究によれば、有機繊維を用いた UFC は鋼繊維を用いた場合に比べ曲げ強度などの力学性能がかなり劣ることが報告されている¹⁾。一方、著者らは繊維径の太いアラミド繊維を用いることで、鋼繊維を用いた UFC に近い性能が得られることを報告した²⁾。しかし、そこでは曲げ特性を 40×40×160mm の角柱供試体を用いて評価していたため、本報告では供試体寸法を大きくした場合の結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 配合

本研究で用いたモルタルマトリクスの配合を表一

表一 モルタルの配合

W/B	単位量 (kg/m ³)					
	水	セメント	シリカフューム	珪石粉末	珪砂	高性能減水剤
0.19	182	987	228	386	494	49

1 に示す。結合材として低熱ポルトランドセメント（密度:3.21g/cm³）とシリカフューム（密度:2.2g/cm³）を用い、水結合材比 ((W+Ad)/(C+SF)) を 0.19 とした（混和剤の全量を水量として加算した）。微細組織の充填材として珪石粉末（密度:2.6g/cm³、比表面積 8180cm²/g）を用い、細骨材には 6 号珪砂（密度:2.6g/cm³）を使用した。また、混和剤には、超高強度コンクリート用高性能減水剤（ポリカルボン酸エーテル系）を使用した。

2.2 使用繊維

本研究では、繊維径（集束径）200μm、繊維長 15mm の集束タイプのアラミド繊維を用いた。本研究で用いたアラミド繊維の材料特性は、密度 1.39 g/cm³、引張強度 3410 N/mm²、引張弾性率 74 kN/mm² である。なお、集束タイプのアラミド繊維は繊維径 12μm の繊維 267 本をエポキシ系樹脂により集束して呼び径 200μm（実測平均 250μm）のスティック状に加工したものである。繊維混入量は、既往の研究²⁾から、1.75%とした。また、比較として鋼繊維（繊維径 200μm、繊維長 15mm、引張強度 2000N/mm²）も用いることとし、混入量は 2%とした。

2.3 曲げ試験

曲げ試験は、切欠きはりの曲げ試験を行い、荷重－開口変位曲線を計測した。試験は「切欠きはりを用いた繊維補強コンクリートの荷重－変位曲線試験方法」³⁾（JCI-S-002-2003）に準じておこなうこととしたが、供試体数は 40×40×160mm の供試体は 3 体、100×100×400mm、150×150×600mm の供試体はそれぞれ

れ 4 体とした。なお、鋼繊維を用いたものは $40 \times 40 \times 160 \text{mm}$, $100 \times 100 \times 400 \text{mm}$ のみ検討した。

2.4 引張軟化曲線

2.3 で求められた荷重－開口変位関係から、逆解析³⁾により引張軟化曲線を推定した。ただし、逆解析には同一条件でおこなった供試体の平均の荷重－開口変位曲線を用いた。

3. 実験結果

3.1 曲げ試験結果

図－1 に切欠きはりの曲げ試験で得られた荷重－開口変位曲線(3 あるいは 4 体の平均)を示す。なお、図中の縦軸は荷重をリガメント断面の曲げ引張応力に換算し、横軸は開口変位を断面高さ(=D) で除して表示してある。また、図－2 に高さ 100mm の供試体の曲げ強度で無次元化した曲げ強度を示す。

これより、 $40 \times 40 \times 160 \text{mm}$ の供試体に対して、 $100 \times 100 \times 400 \text{mm}$, $150 \times 150 \times 600 \text{mm}$ の曲げ強度は低下しており、曲げ強度の寸法効果の存在が明らかとなった。特に $40 \times 40 \times 160 \text{mm}$ の供試体の曲げ強度はいずれの繊維の場合も $100 \times 100 \times 400 \text{mm}$ の 2 倍程度になった。

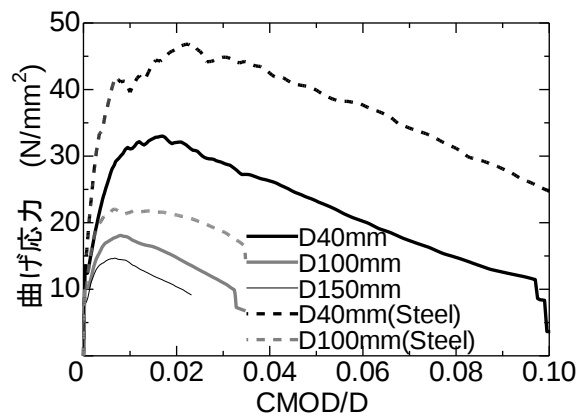
3.2 逆解析結果

図－3 に図－1 で得られた荷重－開口変位曲線を逆解析した結果を示す。マトリクスにひび割れ発生後、一度急激に応力が低下し、その後、繊維の架橋効果が効き出し、応力が上昇し最大強度に至り、軟化に至っている。高さ 40mm のものは、ひび割れ後の最大強度は他のものよりも高いことが見られ、ここにも供試体寸法の影響が見られた。

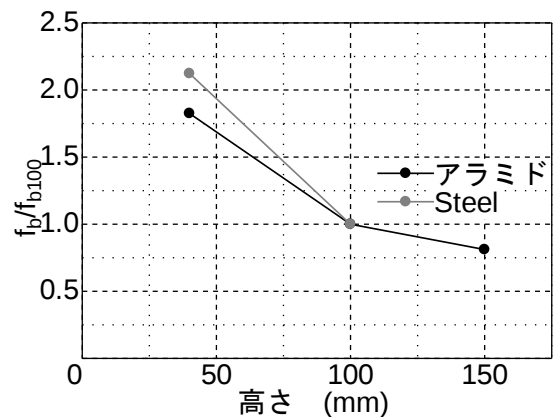
4. まとめ

本研究では、アラミド繊維を用いた UFC の切欠きはりの曲げ試験を行い、曲げ強度試験の結果から逆解析により引張軟化曲線を算出した。本研究から得られた結果を以下に要約する。

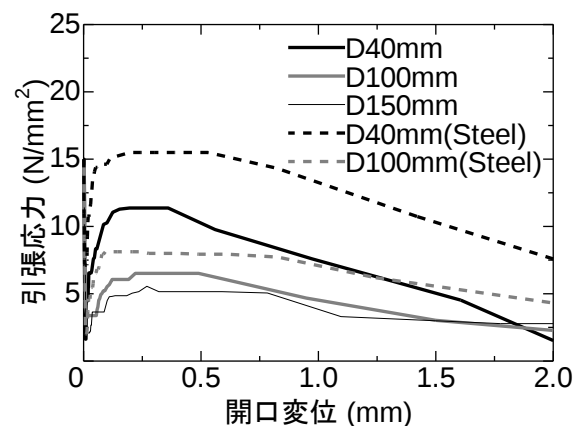
- 1) 明確な曲げ強度の寸法効果が存在し、特に $40 \times 40 \times 160 \text{mm}$ 供試体の強度は $100 \times 100 \times 400 \text{mm}$ の 2 倍程度となった。
- 2) 引張軟化曲線にも寸法効果が見られ、寸法が大きくなると応力が小さくなった。



図－1 曲げ試験結果



図－2 曲げ強度



図－3 引張軟化曲線

参考文献

- 1) 川口哲生, 片桐誠, 白井一義: 超高強度繊維補強コンクリート部材の曲げ破壊性状に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, pp.631-636, 2008
- 2) 竹山忠臣, 小川義宏, 出井文也, 内田裕市: アラミド繊維を用いた超高強度繊維補強コンクリートに関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.313-318, 2009
- 3) JCI 基準: 切欠きはりを用いた繊維補強コンクリートの荷重－変位曲線試験方法 JCI-S002-2003