

V-121 鋼繊維補強コンクリートの引張特性と繊維種類

東京大学大学院 学生員 増田健一
 東京大学生産技術研究所 正会員 魚本健人
 東京大学生産技術研究所 正会員 西村次男

1. まえがき

鋼繊維補強コンクリートは、近年吹付けコンクリートや建築物の土間コンクリートなど既に多くの構造物に利用されてきているが、最近ではより重要な構造材料として鉄筋を用いないECL工法によるトンネルライニングなどへの適用方法について各種の検討がなされている。この場合特に重要なのは、鋼繊維補強コンクリートの引張特性を設計時においてどのように考慮するかである。既に各種の考え方が提案されているが、基礎となる鋼繊維補強コンクリートの引張特性に関する基礎的データが必ずしも十分ではない。そこで、本研究は、鋼繊維補強コンクリートの基礎的なデータを収集する目的で、寸法の異なる鋼繊維を用いた鋼繊維補強コンクリートの引張応力-変形曲線がどのように変化するか、また既に明らかにされているその他の鋼繊維とどのように異なるかを実験的に検討したものである。

2. 実験概要

表-1に示すように実験に用いた鋼繊維はフック付伸線ファイバー（ $\phi 0.5 \times 30\text{mm}$ 、 $\phi 0.8 \times 30\text{mm}$ 、 $\phi 0.8 \times 60\text{mm}$ ）で、セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材として大井川産川砂（比重2.62）、また粗骨材としては最大寸法20mmの青梅産碎石（比重2.64）を用いた。コンクリートの配合は水セメント比50%とし、繊維混入率を0から2%の間で変化させ、スランブは $8 \pm 1\text{cm}$ となるよう定めた。試験体は、材令4週まで噴霧養生とし、材令6週までの間に試験した。

実験は、鋼繊維補強コンクリートの引張応力を求めるための両引き試験と土木学会規準に定められた各種試験を行った。両引き試験では、小林らが提案した図-1に示すような試験体¹⁾（ $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ ）を用いた。すなわち、図に示すように鋼棒とコンクリートの付着を除く区間を中央部5cmとし、コンクリート中央部には切り欠き（10mm）を設け、鋼棒中央部の表面に貼付けたゲージ長5mmのワイヤーストレインゲージの計測値から、両引き試験における鋼繊維補強コンクリートの分担力を求めた。両引き試験は、変位制御型荷重試験機（10tonオートグラフ）を用い、荷重速度を $0.5\text{mm}/\text{min}$ とした。荷重時には鋼棒のひずみとコンクリート表面に貼付けたワイヤーストレインゲージおよび π 型変位計を連続的に測定した。

3. 実験結果と考察

両引き試験から求めた鋼繊維補強コンクリートの引張応力-変形曲線を、繊維種別（ $\phi 0.5 \times 30\text{mm}$ 、 $\phi 0.8 \times 30\text{mm}$ 、 $\phi 0.8 \times 60\text{mm}$ ）に図-2～図-4に示す。なお、試験後に破断面の鋼繊維を調べた結果、いずれの場合にも破断した鋼繊維は見あたらず、全て引き抜きが生じていた。

表-1 実験一覧表

No	SF種類	Vf (%)
1	プレーン	-
2	$\phi 0.5 \times 30$ (mm)	0.5
3		1.0
4		1.5
5		2.0
6	$\phi 0.8 \times 30$ (mm)	0.5
7		1.0
8		1.5
9	$\phi 0.8 \times 60$ (mm)	0.5
10		1.0

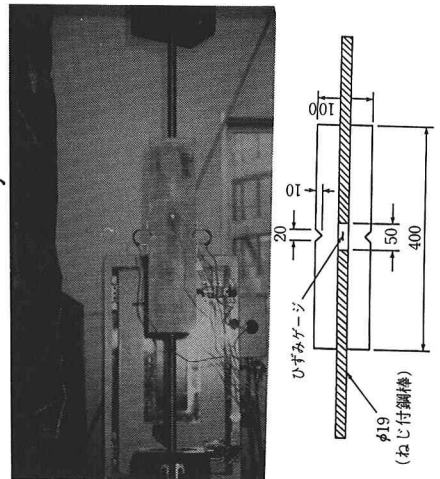


図-1 両引き試験用供試体（単位：mm）

これらの図から明らかなように、得られたデータにかなりのバラツキが存在するものの、次に示すような傾向が認められる。

(a) 繊維混入率が大きくなるとわずかではあるがひび割れ発生までの引張応力が増大する。(b) ひび割れ発生後の引張応力は 800×10^{-6} までの範囲においてほぼ一定の値となるが、その応力は繊維混入率が大きいほど大きい。(c) 同じ長さ30mmの鋼繊維でも、その直径が0.5mmより0.8mmの方が、ひび割れ発生時の応力のみならずひび割れ発生後の抵抗応力も小さくなる(図-2、3参照)。(d) 同じ直径0.8mmの鋼繊維では、長さが30mmより60mmの方が、ひび割れ発生後の抵抗応力が大きい(図-3、4参照)。以上の結果のうち(a)および(b)については従来から言われている通りであるが¹⁾、(c)の結果は、鋼繊維の直径が大きくなると同じ繊維混入率であっても繊維本数が約40%に減少するため、コンクリートの補強効果が低下するだけでなく、繊維の引抜き抵抗が減少するためであると考えられる。(d)は、繊維長さが大きいと引抜き抵抗が大きいために生じていると考えられる。

今回の実験で用いた鋼繊維と比較するため、古越ら²⁾の行ったインデント加工の施された $\phi 0.5 \times 30 \text{mm}$ の異形カットワイヤーの引張応力-変形曲線を図-5に示す。図-3と図-5を比較すると明らかなように、いずれの繊維の場合もほぼ同様な傾向を示しており大きな違いはないが、フック付き伸線ファイバーの方が繊維混入率の小さい領域でひび割れ発生後の抵抗応力が大きいという傾向を示している。これは、繊維表面の凹凸による付着よりも、フック自体の変形によるエネルギーの吸収等が大きいために生じたものと考えられる。

4. まとめ

本実験に用いたフック付き伸線ファイバーを使用した鋼繊維補強コンクリートの引張強度は、バラツキが大きく鋼繊維の寸法が異なっても大きな違いは認められなかった。しかし、3. で述べたように引張応力-変形曲線は鋼繊維の寸法が異なると、ひび割れ発生後の抵抗応力に違いが認められ、繊維直径が小さいほどまた繊維長さが長いほど大きな値となった。また、既に発表されているインデント加工を施された $\phi 0.5 \times 30 \text{mm}$ の異形カットワイヤーと比較しても、寸法が同じであれば大きくは変わらないことが明らかとなった。

本研究を実施するに当たり、鋼繊維を提供して頂いた(株)ブリジストンに感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 小林一輔：繊維補強コンクリート-特性と応用-、オーム社
- 2) 古越、魚本、西村：鋼繊維補強コンクリートを用いた梁の曲げ性状に関する基礎的研究、コンクリート工学年次講演会講演論文集、第5回、1983

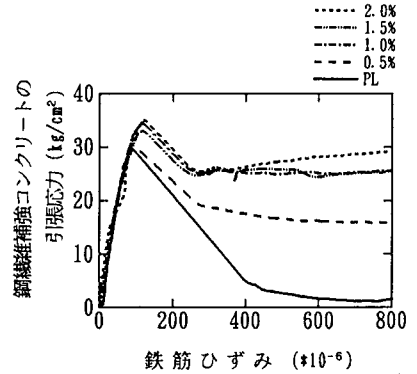


図-2 $\phi 0.5 \times 30 \text{mm}$ 鋼繊維使用

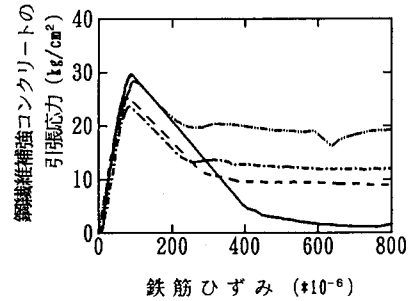


図-3 $\phi 0.8 \times 30 \text{mm}$ 鋼繊維使用

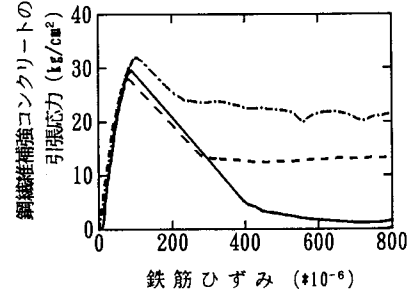


図-4 $\phi 0.8 \times 60 \text{mm}$ 鋼繊維使用

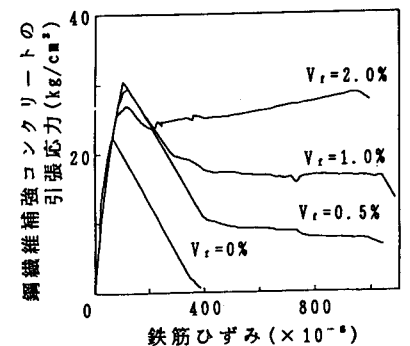


図-5 异形カットワイヤー使用²⁾