

ポリプロピレン短繊維の表面加工に関する基礎実験

戸田建設(株) 正会員 田中 徹
 戸田建設(株) 正会員 高木 努

1. 目的

筆者らは、繊維補強覆工コンクリート用の合成繊維として、ポリプロピレン製短繊維の開発を実施している。

繊維形状はセメントペーストとの付着力向上を目的に、コンクリートとの付着面積を増大させる十字型とし、繊維表面に凹凸加工を施している。この表面加工の効果確認を目的とした、繊維の引抜試験、および、乾燥収縮ひび割れ試験を実施した。

2. ポリプロピレン短繊維の概要

表1に繊維の主な物性、写真1、2に繊維の断面形状と表面加工の状況を示す。表面の凹凸は十字断面の二方向から加工している。

3. 試験概要

(1) 引抜試験

表2に引抜試験に用いた繊維の種類を示す。比較用として楕円断面と凹凸加工を施す前の十字断面の繊維を用いた。各繊維は繊維自体の引張強度と断面積を同一とした。試験体は、骨材の影響を除外することを目的にセメントペースト(セメント+水、W/C=50% 材齢7日圧縮強度26.8N/mm²)とし、各20体作成した。繊維の定着深さは、繊維長40mmの1/2である20mmとした。荷重はセメントペースト本体側を固定して、荷重速度2.0mm/分で20mm引抜いた。

(2) 乾燥収縮ひび割れ試験

乾燥収縮ひび割れ試験は「JIS A 1151 拘束されたコンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験」に準じて実施した。試験体は繊維混入前後のコンクリートと、トンネル覆工コンクリートに一般に使用される配合(18-15-20N:普通コンクリートと呼ぶ)の3種類を用いて比較した。表3と表4に繊維補強コンクリートの使用材料と示方配合(繊維は体積比0.3%とし、配合上外割り計算とした)を示す。

試験体はコンクリート打設後、24時間封緘養生(試験体をビニールで覆い水分の蒸発を防止)し、脱型した。脱型直後に試験区間中央200mmの範囲で変位計を設置し、乾燥収縮量、および、ひび割れ発生後の幅を室温20℃、湿度60%の室内で材齢91日まで計測、観察した。

表1 繊維の主な物性

項目	内容
断面形状	十字型
長手方向の加工	凹凸
比重	0.91
換算直径 (mm)	0.7
繊維長 (mm)	40
引張強度 (N/mm ²)	500

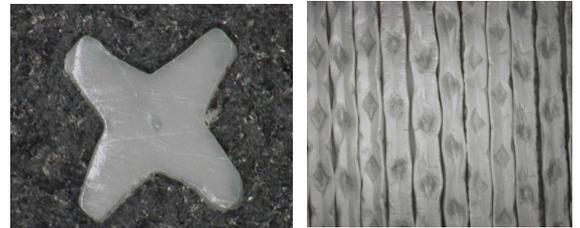


写真1 繊維断面 写真2 表面加工状況

表2 引抜試験用繊維

断面	楕円断面	十字断面 凹凸加工無	十字断面 凹凸加工有
断面写真			
断面積 (mm ²)	0.376	0.356	0.374
周長 (mm)	2.2	3.0	3.2

表3 使用材料

使用材料	種類・品名	密度
セメント	普通ポルトランドセメント	3.16
細骨材	陸砂(70%):神栖産	2.60
	砕砂(30%):佐野産	2.67
粗骨材	砕石 Gmax=20mm:石岡産	2.67
繊維	十字断面エンボス加工有	0.91
混和剤	高性能AE減水剤	1.07

表4 示方配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (Kg/m ³)					高性能AE減水剤 (CX%)
		W	C	S1	S2	G	
50.0	49.6	175	350	609	261	901	0.9

キーワード 繊維, 繊維補強コンクリート, 引抜試験, 乾燥収縮ひび割れ

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1 戸田建設(株)土木本部環境ソリューション部 TEL 03-3535-6299

4. 試験結果

(1) 引抜試験結果

写真3に試験状況、表5に引抜試験結果(供試体20体の平均)図1に引抜荷重と繊維の引抜長さの関係を示す。ここに、表5の引抜強度とは繊維の定着深さの影響を除外するため、最大引抜荷重を繊維の定着深さで除した値(最大引抜荷重 N/繊維の定着深さ mm)とした。

引抜強度は楕円断面を1.0とした場合、十字断面(凹凸加工無)で1.06倍、表面に凹凸加工を施した十字断面(凹凸加工有)では4.73倍となった。

また、十字断面(凹凸加工有)の試験体は、最大引抜荷重後も、荷重は急激に低下せず、段階的に低下した。これは、繊維を引っ張ると断面減少によってコンクリートとの付着が切れ、次の凹凸部が荷重に抵抗し、これを凹凸加工の数だけ繰返すことで、急激な荷重低下ではなく、段階的に荷重が低下したものと推察される。凹凸加工は概ね3mmに1ヶ所施されており、定着深さ約20mmの内、6箇所の凹凸部が引抜荷重に対して抵抗したと考えられる。

(2) 乾燥収縮ひび割れ試験結果

表6と図2に各試験体の材齢91日までの乾燥収縮量とひび割れ幅の計測結果を示す。

試験の結果、繊維混入前のコンクリートはひび割れ発生直前のひずみ量は 615×10^{-6} である。これに対して、繊維混入後は 775×10^{-6} となった。繊維混入前後でひび割れ発生時のひずみ量に1.26倍の差異が生じた。

また、材齢91日におけるひび割れ幅は、繊維混入後のコンクリートが最も小さく、繊維混入前の約1/3、普通コンクリートの1/4以下となった。

5. 試験結果のまとめ

以上の結果から、本試験の範囲において、繊維断面を十字にし、表面に凹凸加工を施すことで、表面加工を有さない単純な円や楕円断面と比較して、繊維の引抜強度が大きく、かつ、最大引抜荷重後も段階的に荷重が低下する。

また、繊維混入後のコンクリートは繊維混入前のコンクリートと比較して、ひび割れ発生に対する抑制効果、および、ひび割れが発生した後も、そのひび割れ幅を小さくする効果を有することを把握した。

参考文献

- ・土木学会第60回年次学術講演会(平成17年9月)
「コンクリート用の樹脂補強繊維の開発」熊谷ら
- ・繊維補強コンクリートの試験方法に関する基準
(社)日本コンクリート工学協会(昭和59年2月)



写真3 引抜試験状況

表5 引抜強度(最大引抜荷重/繊維根入れ長)

断面	楕円断面	十字断面 凹凸加工無	十字断面 凹凸加工有
引抜強度(N/mm)	1.19	1.26	5.63
標準偏差(N/mm)	0.244	0.161	0.753

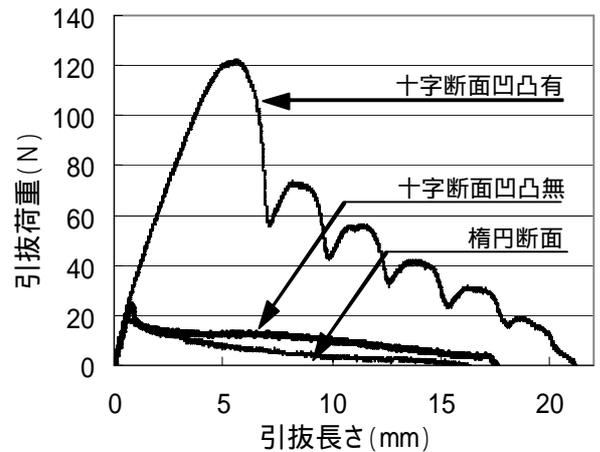


図1 引抜荷重 - 長さ

表6 乾燥収縮ひび割れ試験結果

試験体	ひび割れ発生材齢(日)	ひび割れ発生時収縮量(mm) 下段ひずみ量	材齢91日ひび割れ幅(mm)
繊維混入後	39	-0.155 (775×10^{-6})	0.066
繊維混入前	10	-0.123 (615×10^{-6})	0.185
普通コンクリート	18	-0.048 (240×10^{-6})	0.286

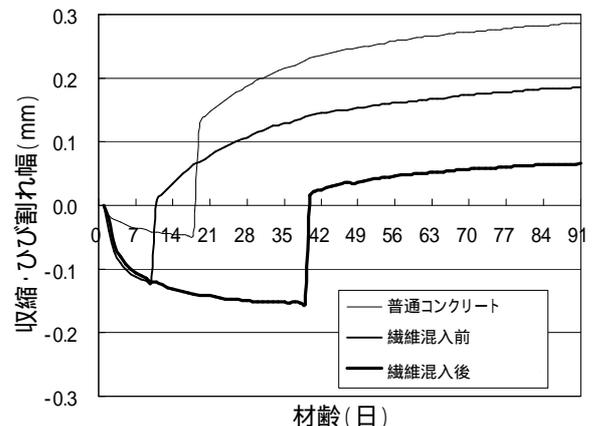


図2 収縮・ひび割れ幅 - 材齢