

コンクリート補強用繊維の基本特性

近畿コンクリート工業㈱ 正員○岩本 勲・正員 阿河 俊夫
関西電力㈱ 正員 打田 靖夫・正員 吉川 太

1. はじめに

主にコンクリートの引張強度や曲げ強度を改善するために、従来から鋼による補強がなされてきた。ところが最近鋼材の腐食が問題視され、錆びないコンクリート補強材の開発が注目された。本研究では、このような目的に適うと考えられる炭素、アラミド、ビニロン繊維を取り上げ、補強用材料としての基本的な特性について検討を行ったものである。なお、従来各メーカーから公表されている物性値のデータは、その試験方法が必ずしも一定でないことから、今回同一条件による試験を実施した。

2. 実験概要

表-1 研究対象繊維

種類	繊維素材		繊維棒材	
	断面積 ($\times 10^{-4} \text{ d}$)	記号	フィラメント数	記号
炭素	0.377 (T300)	CT	3,000 $\times$ 16 $\times$ 8	CB, CP
	0.741 (F180)	CF	—	—
アラミド	1.157 (K49)	AK	4,000 $\times$ 4 $\times$ 8	KB
	1.199 (T241)	AT	1,000 $\times$ 16 $\times$ 8	TB
ビニロン	1.539 (#5516)	VN	1,000 $\times$ 12 $\times$ 8	VB
	299.1 (RF35002)	VR	—	—

繊維素材として炭素、アラミド、ビニロンから各2種類選んだ。選定した繊維とそれらで作った棒材の概要を表-1に示す。繊維棒材の断面積は25~27mm² (直径約6mm)で、このうちCPは、プルトルージョン法により製作したものである。これは繊維に一定の張力を与えつつ収束して、樹脂含浸を行ったもので、ねじれ等がなく、

表面は滑らかである。それ以外の棒材は、組紐機で編組し樹脂含浸させたもので、組紐独特の規則正しい凹凸が形成される。試験は引張強度、耐薬品性、付着強度、疲労強度(棒材)について実施した。それら試験体の形状を図-1に示す。このうち耐薬品性試験は、試薬量を試料の表面積1cm²当たり8

ccを目安とし、硫酸(10%)、水酸化ナトリウム(10%)、塩化ナトリウム(10%)、人工海水に30日間浸漬後、引張試験を実施した。但し棒材については、追加試験として一年間の浸漬も実施した。

3. 実験結果及び考察

<引張強度> 繊維素材及び棒材の引張強度と弾性係数の測定結果を表-2に示す。棒材のこれらの値は、樹脂を含めた全断面積で除した値である。

繊維素材で炭素繊維は、メーカーカタログ値と比し若干低い値(70~80%)が測定された。また強度の変動係数もアラミド、ビニロンに比べて炭素が最も大きく21~37%であった。この理由として、試験の際に素材に損傷を与えた結果とも考えられるので、取扱いによっては性能低下の恐れがあるため注意が必要と思われる。棒材については、繊維とマトリックス樹脂との付着特性が棒材強度に影響を与えるようで、CB、CP、KBは理論強度の85~100%以上の強度を発揮した

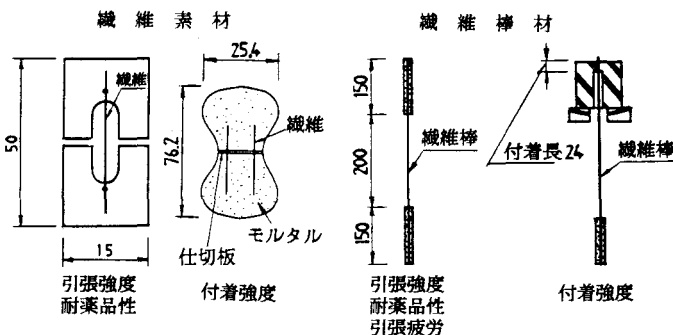


図-1 試験体の形状

表-2 引張強度と弾性係数

種類	繊維素材		種類	繊維棒材	
	引張強度	弾性係数		引張強度	弾性係数
CT	24,500	21.1	CB	16,100	11.8
			CP	14,000	12.0
CF	15,100	14.9	—	—	—
AK	28,500	10.9	KB	15,300	6.4
AT	38,100	8.6	TB	13,100	4.6
VN	15,100	3.8	VB	3,870	2.4
VR	10,500	2.5	—	—	—

引張強度: kgf/cm², 弾性係数: $\times 10^5$ kgf/cm²

Kaoru IWAMOTO, Toshio AGAWA, Yasuo UCHITA, Toru YOSHIKAWA

が、TB、VBでは40～60%の強度にとどまった。棒材製作に用いたマトリックスはいずれもエポキシ樹脂で、その引張強度は800kgf/cm²、弾性係数は 1.4×10^4 kgf/cm²である。今後これらの棒材については、マトリックス樹脂の改良が必要と思われる。またプルトルージョン法と組紐法との製法方法による引張強度特性の差は殆どなかった。

＜耐薬品性＞ 耐薬品性試験結果を図-2に示す。繊維素材では、AKが硫酸、水酸化ナトリウムで強度低下が見られた他は特に問題はなかった。棒材ではVB、CBの耐薬品性はアラミド繊維棒のそれより全般的に劣っており、特に水酸化ナトリウムで強度低下が見られた。また一年間浸漬した結果は30日間浸漬結果と大差ない結果を得ている。

＜付着強度＞ 図-3は、繊維素材の1ストランド当たりの引張強度と1ストランド1mm当たりの付着強度の関係をプロットしたものである。両者の間には、ほぼ $\tau = P/80$ の関係にあるがCTは引張強度に比して付着強度が小さく、反対にVRは付着強度が大きいことがわかる。これを臨界長さ（繊維の引き抜けと破断が同時に生じる長さ）で見ると、VRの4.8cmからCTの38.2cmとなる。

棒材については図-4に示すように、CPは丸鋼の半分程度の付着強度しか示さなかったのに対して、CB、KB、TB、VBはインデント加工されたPC鋼線と異形鉄筋との中間的な値を示した。但し異形鉄筋に比して滑り出し荷重は小さく約1/5～1/2であるが、最大荷重では同等の付着性能を示した。

＜疲労強度＞ TBについて、下限荷重を破断荷重の50%一定とし、上限荷重を破断荷重の75～85%と変化させ疲労試験を実施した。その結果、図-5に示すように疲労限界は確かめられなかったものの、普通鉄筋、PC鋼線とほぼ同等の疲労性状を示した。この事からも組紐による繊維棒材は、その強度特性が特に低下することはないと考える。

4. ま と め

コンクリートを補強する繊維にとって必要な基本特性について検討した結果、弾性係数、耐薬品性、付着強度等で繊維によってはさらに検討の要するものがある。今後これらの繊維で補強されたコンクリートの力学的特性を把握し、それぞれの繊維の特性に応じた補強方法、使用場所、製品等を考えていく必要があると思われる。

X1 Hanson, J, M et al : Investigation of Design Factors Affecting Fatigue Strength of Reinforcing Bars, A C I SP-41, 1974

X2 豊福俊泰 他 : PC鋼より線の疲労強度, コンクリート工学, July, 1987

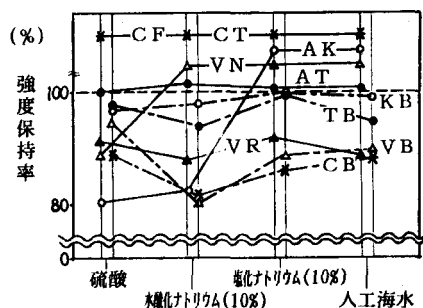


図-2 耐薬品性試験結果

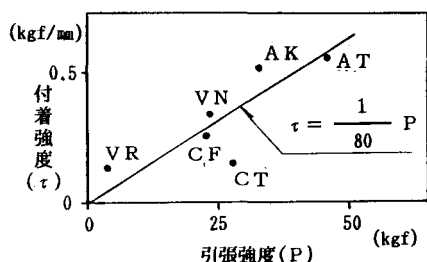


図-3 引張強度と付着強度との関係

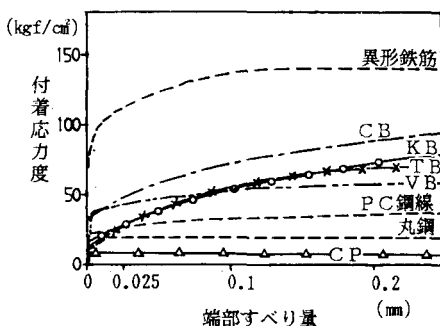


図-4 付着応力度とすべり量との関係

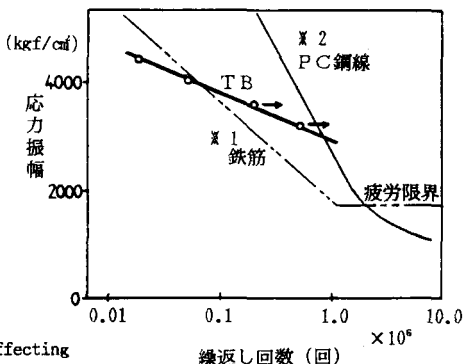


図-5 応力振幅と破壊回数との関係