

V-205 短繊維補強コンクリートの引張強度特性

近畿コンクリート工業会 正員 岩本 勲

関西電力会 正員 酒井 研二・正員 打田 靖夫

1. はじめに

不連続繊維をランダム配向させたコンクリートの引張挙動を推定するのに、様々な解析モデルが提案されているが、複合体の強化理論としては「混合則」と「繊維間隔説」とがある。ここでは混合則に着目して、繊維とモルタルとの付着試験から得られる、荷重-すべり曲線から、短繊維補強コンクリートの引張応力-ひずみ曲線を推定し、直接引張試験から得られた同曲線と比較、検討するものである。

2. 繊維の付着試験

本研究で取り上げた繊維の物性値を表-1に示す。表中の引張強度および弾性係数は繊維1本について、付着強度は1ストランドについての実測値である。VR(モノフィラメント)を除いて、これらの繊維はコンクリートと混練りしやすいように、1000本から2000本をエポキシ樹脂で固め、30mmにカットした。付着試験は日本コンクリート工学協会 JCI-SF8に従って、ブリケット形モルタルに4本の繊維を配して実施した。荷重は、インストロンタイプの試験機を用い、荷重はロードセルにより、変位(伸び)はクロスヘッド間の距離をX-Yレコーダに記録した。得られた曲線の一例を図-1に示す。これより、最大引き抜け荷重までの区間(I)、最大荷重以降定常状態となるまでの区間(II)、定常状態の区間(III)の3つの理想化された曲線で表す。

表-1 繊維素材の物性値

種類	断面積×本数 (×10 ⁶ cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	付着強度 (kgf/mm)	記号
炭素	CF 0.741×2,000	15,100	14.9×10 ⁵	0.05	△
アラミド	AT 1.199×1,000	38,100	8.6×10 ⁵	0.77	○
ビニロン	VN 1.539×1,000	15,100	3.8×10 ⁵	0.34	□
	VR 1280 × 1	10,500	2.5×10 ⁵	0.17	■

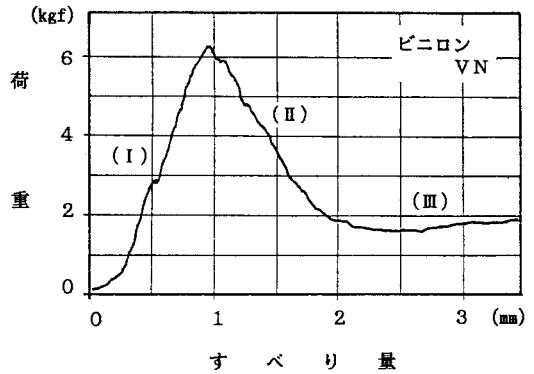


図-1 荷重-すべり曲線

3. 短繊維補強コンクリートの直接引張強度試験

供試体の寸法は、10×10×40cmで中央部に長さ7cmにわたって幅7cmのくびれ部を設けた。荷重は50tfの万能試験機を用い、弾性範囲内のひずみは2枚のひずみゲージで、ひびわれ発生後は2台の変位計で測定した。マトリックスコンクリートは、表-2に示すように、繊維混入率により水セメント比は変えないで、細骨材率を49%

表-2 コンクリートの示方配合

種類	繊維混入率 V _f (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
				水 W	セメント C	細骨材 S		粗骨材 G	混和剤 減水剤 Cx1.2%
						砕砂 S1	川砂 S2		
PL(0)	—	4.4	4.9	172	390	438	433	916	4.68
F-1	1.0	4.4	6.5	198	450	543	537	587	5.40
F-2	2.0	4.4	8.0	229	520	612	605	307	6.24
F-3	3.0	4.4	10.0	268	610	676	668	—	7.32

G_{max}=13mm

(繊維混入率0%)から100%(繊維混入率3%)へと変化させている。マトリックスの引張強度は、PL(0)で28kgf/cm²、F-3では42kgf/cm²となった。繊維混入率と引張強度並びにタフネス指数との関係を図-2に示す。ここでタフネス指数とは、繊維補強コンクリートのタフネス(応力-ひずみ曲線下の面積)のプレーンコンクリートPL(0)のタフネスに対する比である。

4. 引張応力-ひずみ曲線の推定

マトリックスコンクリートの引張応力-ひずみ曲線に、繊維の付着試験から得られた荷重-すべり曲線と、短繊維補強コンクリートの引張破断面での繊維本数を代入し、複合体の引張応力-ひずみ曲線を求める。複合体の引張強度は、式 $[\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m V_m]$ で表されるとする。ここで添字 c は複合体、 f は繊維、 m はマトリックスを表す。引張破断面における繊維本数は、理論計算により求めた。その前提条件は、①繊維は混練された際も直線状を保つ、②型枠表面からは繊維が突出しない③繊維の傾きの方向の確率はランダムである、とした。なおこの値は、破断面での繊維本数の実測値、ならびに小林一輔教授による計算式¹⁾ $[n = \beta V_f l / (\pi d^2 l / 4)]$ において $\beta = 0.5$ (β : 繊維の配向係数) とした計算値に良く一致した。

直接引張強度試験の結果、何れの繊維も破断することなく引き抜けた。また付着強度から求まる臨界長さ以下であるので、供試体にひびわれが発生した後は、繊維とコンクリートとの付着力により荷重を保持すると考える。

一例として以上の仮定により求めたアラミド繊維を混入したコンクリートの引張応力-ひずみ曲線と、実験で得られた同曲線とを比較して、図-3に示す。図よりひびわれ発生荷重、最大荷重並びに応力-ひずみ曲線の形状は、比較的良く一致している。またこれらの事より、本研究で用いた繊維では、引張強度を改善できるのは、アラミド繊維を3%混入した場合のみで、その強度増加も僅かである。他の繊維に到っては、靱性改善には寄与するが、引張強度には全く寄与しない結果となった。つまりこれら高強度の繊維を用いて、コンクリートの引張強度向上を目指すならば、繊維とコンクリートとの付着強度を増大させる必要があると思われる。

5. まとめ

短繊維を臨界長さ以下で使用する場合、その付着強度試験から得られる、荷重-すべり曲線から短繊維補強コンクリートの引張応力-ひずみ曲線を推定することが、可能であることがわかった。また本研究で用いたような、高い引張強度を持つ繊維は、当然の事ながら高い付着強度を必要とし、付着強度が小さければ、繊維を混入しても靱性改善には寄与するが、引張強度増大には寄与しないと考えられる。 謝辞 本報告をまとめるに際し、立命館大学理工学部児島孝之教授に貴重な御助言をいただきました。また繊維本数の理論計算には、アイシーエス榎岩田正子氏のご協力を得ました。ここに感謝の意を表します。

[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, 1981, 38p

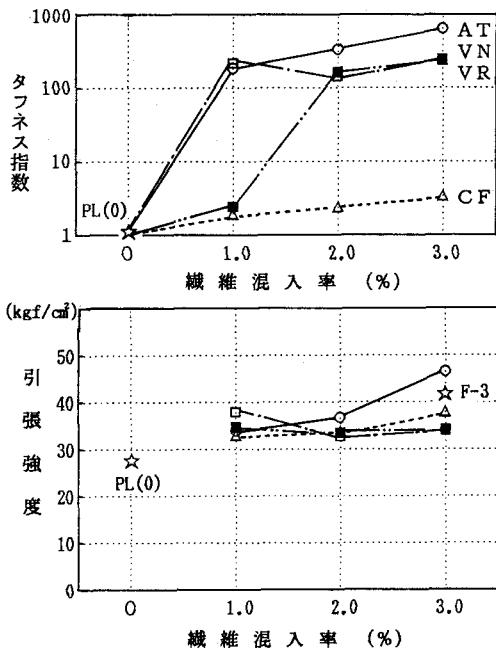


図-2 引張強度試験結果

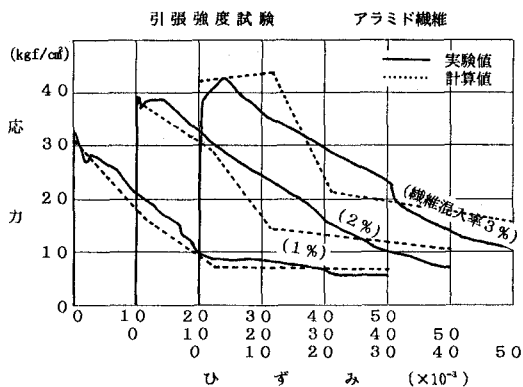


図-3 引張応力-ひずみ曲線