

V-122

ビニロン短繊維の付着強度と曲げ補強効果に関する検討

鹿島技術研究所 正会員 寺内 敏也
 鹿島技術研究所 正会員 万木 正弘
 鹿島技術研究所 正会員 信田 佳延

1. はじめに

ビニロン短繊維(以下VFと記す)は練り混ぜ性能, 経済性等の観点からコンクリート補強材料として有用な繊維材料の一つと考えられる。これまでに, VFを混入したコンクリートの基礎物性(圧縮強度, せん断強度, 曲げ強度, 曲げタフネス等)に関する実験結果を報告したが¹⁾, それに加え今回, VFによる補強効果の検討の一環として, VFとマトリックスとの付着試験を実施した。本報文では, VFの付着強度とVF混入によるコンクリートの曲げ強度の関係について繊維による強化則の一つである混合則を用いた検討結果を報告する。

2. VFとマトリックスの付着試験

(1) 試験方法

試験はモルタルを用い, VFの繊維径(3水準)を要因として行った。モルタル配合は, 前回行ったコンクリート試験¹⁾のモルタル分を取り出したもので, S/C = 2.5 ~ 2.8 である。試験に使用した材料を表-1に示す。また, VFの特性は表-2のとおりであり, 繊維径は 350, 1500, 4000 デニールの3種類とした。付着試験方法は『J C I - S F 8 繊維の付着試験方法』に準拠した。試験材令は28日とし, 載荷は変位制御方式(0.5 mm/分)とした。

(2) 試験結果

表-3に, VFとマトリックスとの付着試験の結果を示す。また, 図-1に, VFの繊維径と付着強度の関係を示す。図-1に示すとおり, 繊維径が 350, 1500及び4000デニールの時の付着強度は, それぞれ, 16.8~19.6, 27.2~31.6, 43.8~55.8 kgf/cm²であり, VFの繊維径が大きいほうが, マトリックスと繊維の付着強度が大きい値となった。

この結果と代表的な繊維材料である鋼繊維の付着強度(20kgf/cm²程度²⁾, 0.25mm²の正方形断面)を比べると, VFの付着強度の方が大きい値となっている。また, 今回の試験では, モルタルの圧縮強度及びS/Cと付着強度との間に明確な関係は認められなかった。

3. VF混入コンクリートの曲げ強度特性

前回行ったコンクリート試験結果¹⁾を表-3に, また, VF混入率と曲げ強度の関係を図-3~5の実線で示す。VFRCの曲げ実験結果によると初期ひびわれ発生時に, 一旦荷重が減少した後, 再び荷重が増加する現象が認められた。この荷重増加は, マトリックスと繊維との付着によるものと考えられ, 図-3~5にはVFの繊維径が 350及び1500デニールの場合 1.0~1.5vol%以上, 4000デニール

表-1 使用材料

使用材料	摘要
セメント	早強ポルトランドセメント(N社製)比重;3.14
細骨材	大井川産川砂 比重;2.61 粗粒率;2.75
VF	350, 1500, 4000デニール*) (K社製)

*)1デニール=1g/9000m

表-2 ビニロン短繊維の特性

繊維径 (デニール)	断面図 (mm)	断面積 (mm ²)	アスペクト比	引張強度 (kg/mm ²)	弾性係数 (kg/mm ²)	比重	繊維長 (mm)
350		0.0314	150	93	3100	1.3	30
1500		0.136	72	90	3000		
4000		0.332	46				

表-3 試験結果一覧 (材令28日)

繊維径 (デニール)	W/C (%)	S/C	VF (vol%)	強化コンクリート試験結果 ¹⁾			VF付着試験結果	
				圧縮強度 (kg/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm)	曲げタフネス (kgf-cm)	モルタル 圧縮強度 (kg/cm ²)	付着強度 (kg/cm ²)
350	48	2.7	0	391	50.2	-	-	-
			0.5	406	48.6	95	565	19.6
			1.0	427	53.6	147	520	16.8
			1.5	388	58.3	268	565	19.6
			2.0	391	49.8	90	461	27.2
			2.5	402	47.6	146	523	31.6
1500	48	2.8	1.5	415	54.9	214	470	31.1
			2.0	410	65.1	386	470	31.1
			2.5	413	46.4	87	485	56.8
			2.7	420	45.7	162	528	49.6
			2.8	408	45.6	189	508	43.8
			2.8	400	47.7	263	508	43.8
4000	48	2.8	2.5	430	66.6	324	508	43.8

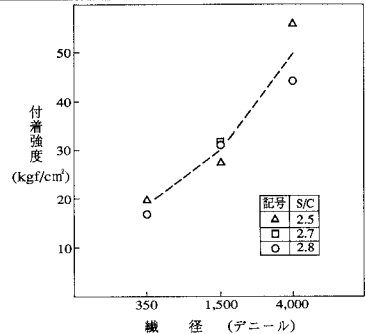


図-1 VFの繊維径と付着強度の関係

の場合 2.0~2.5vol%以上混入することによりプレーンコンクリートの曲げ強度以上の強度が得られることが示されている。

4. VFの付着強度とVFRCの曲げ強度

今回の試験条件では、繊維補強コンクリートの曲げ強度は、前述のとおり、初期ひびわれ発生後の繊維の引抜け、すなわち付着強度に支配される。ここで、繊維の付着強度・混入率を用い、混合則³⁾を適用すると、VFRCの初期ひびわれ発生後の引張強度 σ_t は、以下のように表わすことが出来る。

$$\sigma_t = \beta \cdot \tau \cdot l / d \cdot V_f \quad (1)$$

ここに、 β : 配向係数; 0.5 (三次元ランダム配向)

τ : 付着強度, l/d : 繊維長さ/繊維径

V_f : 繊維混入率

また、ひびわれ発生後のひずみと応力の分布を図-2のように仮定すると、中立軸の位置は(2)式、また、曲げ強度 σ_b は(3)式で表される。ここで、 σ_c は圧縮強度である。

$$k = \sigma_t / (0.68 \sigma_c + \sigma_t) \quad (2)$$

$$\sigma_b = 6 \sigma_t (1 - k) (0.1 k + 0.5) \quad (3)$$

付着試験結果を用いて、上式より算定されるVFRCの強度 σ_b (ひびわれ発生後の繊維の付着によって決まる強度)を図-3~5の破線で示す。算定値ではVF混入によって、曲げ強度がプレーンコンクリートの曲げ強度(50.2kgf/cm²)を上回るには、繊維径350, 1500, 4000デニールでそれぞれ混入率1.25, 1.5, 1.75vol%以上必要であることが示されている。これは先に述べた、繊維混入量と曲げ強度の増加に関する実験結果(350, 1500デニールの場合1.0~1.5vol%, 4000デニールの場合2.0~2.5vol%)と、ほぼ一致するものであり、付着強度と曲げ強度の関係が混合則によって説明できることが示された。

5. まとめ

今回の検討により、①VFとマトリックスとの付着強度は、VFの繊維径が大きいほうが大となること、②VFの付着強度は鋼繊維と同等以上であること、③VFRCの曲げ強度をプレーンコンクリートの曲げ強度以上に増加するためには、混合則を用いた計算から繊維径350, 1500, 4000デニールでそれぞれ混入率1.25, 1.5, 1.75vol%以上必要であり、これは試験結果とほぼ一致するものであったこと、などが明らかとなった。

【参考文献】

- 1) 万木ら; ビニロン短繊維補強軽量コンクリートの埋設型枠への適用に関する研究, 鹿島技術研究所年報, 第39号, 1991
- 2) 趙, 小林ら; 鋼繊維の付着特性と鋼繊維補強コンクリートの曲げ性状との関係について, 第35回年次学術講演会, 1980
- 3) 小林ら, 鋼繊維補強コンクリートのひびわれ開始応力度と強化則について, 土木学会論文集(ノト), 第282号, 1979

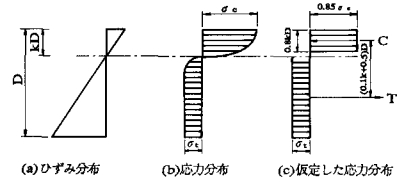


図-2 断面のひずみ分布と応力分布

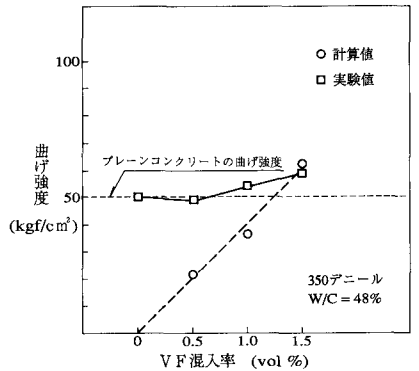


図-3 VF混入率と曲げ強度の関係

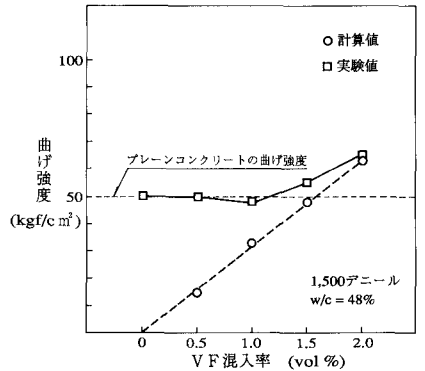


図-4 VF混入率と曲げ強度の関係

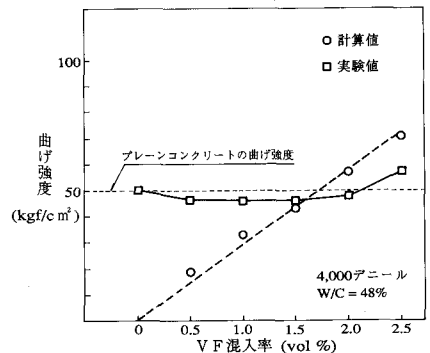


図-5 VF混入率と曲げ強度の関係