

合成短繊維補強コンクリートの曲げタフネスとひび割れ抑制効果

横浜国立大学大学院 学生会員 ○白井明子

横浜国立大学大学院 正会員 細田 暁

横浜国立大学 秋浜圭太

1. はじめに

本研究では、種々のポリプロピレン（PP）繊維および PVA 繊維を用いて曲げタフネス試験を行い、繊維の形状・長さ・直径・アスペクト比・単位体積あたりの本数と表面積などが曲げ靱性に及ぼす影響を把握した。また、合成短繊維がコンクリートのプラスチック収縮ひび割れを抑制する効果についても実験的に検討した。

2. 実験の概要

曲げタフネス試験

表 - 1 に示す PP 繊維・PVA 繊維を使用して、JSCE-G552-1999 に準拠して行った（ただし、1 繊維につき供試体個数が 2 個を基本）。繊維混入量はコンクリートの体積に対して 0.3% とした。PP 繊維は繊維直径、長さ、形状に加えて表面処理の薬品塗布の有無も考慮し、10 種類の繊維を選定した。PVA 繊維の形状はすべて棒状で 7 種類の繊維を選定した。コンクリートの使用材料は、普通ポルトランドセメント（密度=3.16g/cm³）、細骨材（君津産中目砂、表乾密度=2.50、粗粒率=2.00）、粗骨材（津久見産 20mm 碎石、表乾密度=2.71、粗粒率=6.46）などである。示方配合を表 - 2 に示す。

プラスチック収縮ひび割れ試験

使用する繊維は曲げタフネス試験の結果に基づき、曲げ靱性係数、繊維長さ、直径等を考慮し、10 種類選定した。使用したセメント・減水剤は曲げタフネス試験に使用したものと同様で、早期にひび割れを発生させるためにセメントペースト（W/C=30%）で実験を行った。繊維の混入量はペーストの体積に対して 0.3% とした。型枠・試験方法は既往の研究¹⁾を参考にし、図 - 1 に示す型枠の底面に長さ 100mm の異形鉄筋 D10 を 60mm 間隔で溶接した。ペーストを型枠に打設した直後から温度 50 度、湿度 25% の恒温恒湿槽に 24 時間放置した。その後、ひび割れ幅と長さを計測し、総ひび割れ面積を算出した。0.04mm 以下のひび割れは計測せず、0.1mm までは 0.02mm 単位、それ以上は 0.05mm 単位で計測した。長さは直線近似し、1mm 単位で計測した。

3. 実験結果

曲げタフネス試験結果

表 - 1 に、曲げ靱性係数、練混ぜ直後のコンクリートのスランプ値等、実験結果を示す。PP 繊維については、アスペクト比・繊維長さ・繊維直径・単位体積あたり繊維本数・単位体積あたり繊維表面積によって曲げ靱性係数に違いが見られた。特にアスペクト比と曲げ靱性係数に正の相関が見られた。PP 繊維の曲げ靱性改善効果は、繊維が細長く、より多くの本数が混入されることで良い効果を生み出すと考えられる。繊維の混入量を一定にして比較したところ、繊維表面に物理的加工がされた比較的太い繊維は曲げ靱性改善効果が小さいことが分かった。

PVA 繊維については、補正たわみ 2mm までの曲げ靱性係数がどの繊維も近い値をとっており、繊維の物性による曲げ靱性係数の相違があまりみられない。しかし、繊維によって荷重変位曲線の形状（図 - 2）が大きく異なった。収縮ひび割れの抑制にはひび割れ幅が小さい領域での繊維の架橋効果の影響が大きいと考え、本研究では独自に補正たわみ 0.5mm までの曲げ靱性係数（修正曲げ靱性係数）を求めた。表 - 1 に合わせて示す。図 - 3 に示すように、アスペクト比と修正曲げ靱性係数には正の相関が見られた。

キーワード：合成短繊維 曲げタフネス試験 曲げ靱性係数 プラスチック収縮ひび割れ

連絡先：〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学 複合構造研究室 Tel(045)339-4044

プラスチック収縮ひび割れ試験

繊維無混入と(ひび割れ総面積 551.2mm^2)比較すると、どの繊維もひび割れ総面積は小さくなったがその効果の程度は様々であった。修正曲げ靱性係数、アスペクト比とひび割れ総面積の関係は図 - 4、図 - 5 のようになった。修正曲げ靱性係数・アスペクト比が大きくなるほどひび割れ総面積は小さくなる傾向が見られる。

3. 結論

PP 繊維の曲げ靱性係数はアスペクト比と正の相関があった。PVA 繊維の曲げ靱性係数は繊維の物性によらず同程度の値をとったが、本研究で独自に求めた修正曲げ靱性係数ではアスペクト比と正の相関があった。

PP 繊維・PVA 繊維ともに、修正曲げ靱性係数・アスペクト比が大きいくほどひび割れ抑制効果が大きいという傾向が得られた。

表 - 1. 使用繊維一覧および曲げタフネス試験結果

繊維	径長 (μm)	カット長 (mm)	アスペクト比	補正たわみ 2mmまでの曲げ 靱性係数 (N/mm^2)	補正たわみ 0.5mmまでの曲げ 靱性係数 (N/mm^2)	単位体積あたり 繊維数 (本/L)	単位体積中 繊維表面積 (mm^2/L)	スランプ (cm)	施工性	形状
PVA4000*30	660	30	45	0.57	1.09	292.4	18379	16.9	良	棒型
PVA1500*30	400	30	75	0.48	1.16	796.2	30200	16.9	良	棒型
PVA400*18	200	18	90	0.57	1.38	5309	60300	11.8	良	棒型
PVA400*24	200	24	120	0.49	1.21	3980	60236	12	良	棒型
PVA100*12	100	12	120	0.63	1.37	100000	378370	20.2	良	棒型
PVA15*12	40	12	300	0.55	1.58	200000	301942	4.7	悪い	棒型
PVA7*6	26	6	230	0.42	1.46	943396	463114	0.2	悪い	棒型
PP7100*48	997	48	48	-	-	80	12146	23	良	長方形表面に凹凸
PP7100*30	997	30	30	0.47	0.92	128.2	12240	19	良	長方形表面に凹凸
PP7100*18	997	18	18	0.32	0.94	213.5	12364	11	良	長方形表面に凹凸
PP350*12	221	12	54	0.35	0.96	6522	54810	18.2	良	棒状中心にでっぱり
PP350*6	221	6	27	0.28	0.98	13043	55306	19.5	良	棒型中心にでっぱり
PP30*12塗布有	65	12	185	0.84	1.31	76923	188910	12.5	良	波型
PP30*12-2塗布無	65	12	185	0.88	1.6	76923	188910	0.3	悪い	波型
PP30*6	65	6	92	0.66	1.39	150753	185612	2	悪い	波型
PP-2	240	54	225	1.27	1.75	1250	50981	7	悪い	網状
PP-3	300	19	63	0.57	0.99	2238	40371	18	良	棒型

表 - 2. 曲げタフネス試験に用いたコンクリートの示方配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント 比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m^3)				AE減 水剤 (kg)	繊維混入量 (コンクリート 体積比 %)
					水	セメント	細骨材	粗骨材		
20	20	4.5	51	48	175	340	810	943	2.13	0.3

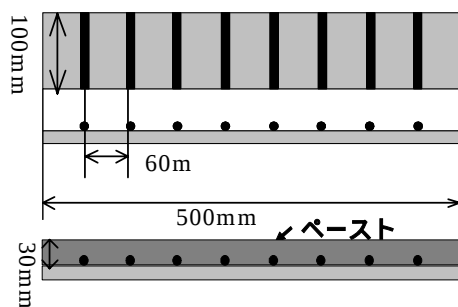


図-1. プラスチック
収縮ひび割れ試験
の供試体

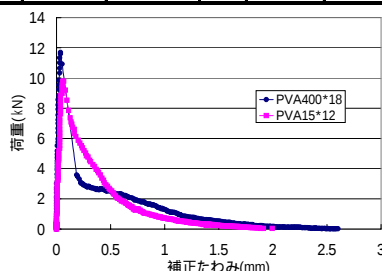


図-2. 荷重変位曲線の比較図(PVA)

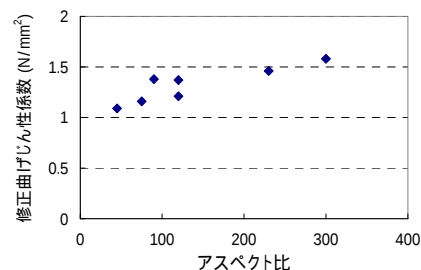


図-3. 修正曲げ靱性係数 - アスペクト比(PVA)

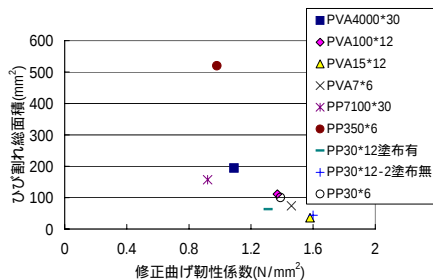


図-4. ひび割れ総面積 - 修正曲げ靱性係数

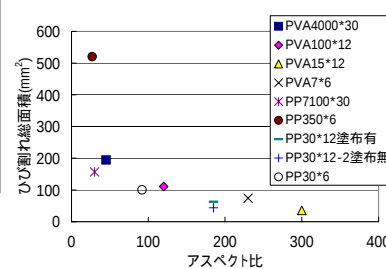


図-5. ひび割れ総面積 - アスペクト比

参考文献：1) 浜田敏裕・斉藤忠・平居孝之，ピニロン短繊維によるコンクリートのプラスチック収縮ひび割れに関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol22，No.2，pp319-324，2000。