

波形ポリプロピレン繊維を用いたコンクリートの剥落防止技術の開発

萩原工業（株） 正会員 矢吹 増男
 萩原工業（株） 侯野 作男
 鹿島技術研究所 正会員 平石 剛紀
 鹿島技術研究所 正会員 坂田 昇

1. はじめに

コンクリート補強用ポリプロピレン繊維は、鋼繊維ほどの補強効果を有しないものの、繊維混入によるコンクリートの流動性の低下が少なく、かつ、アジテータ車への投入の際に分散機を必要としないため施工性に優れた材料である。剥落防止を目的とした場合、大きな補強効果を必要としないことから、ポリプロピレン繊維は剥落防止を目的とした補強材料に適していると考えられる。本研究では、繊維径の異なる波形ポリプロピレン繊維¹⁾を用いて、繊維径が補強効果に及ぼす影響について曲げタフネス試験を実施して検討した。また、鉄筋腐食に起因するコンクリートの剥落状況を模擬した実験を行い、コンクリートに剥落防止効果を付与するために必要な繊維混入率について検討を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験概要

実験に使用した材料を表-1に、使用した繊維の詳細を表-2に示す。使用した繊維は、繊維径が6400d、3000dおよび1500dの3種類の波形ポリプロピレン繊維であり、それぞれの繊維を0.2~0.5vol%の範囲でコンクリートに混入した。表-3にコンクリートの配合を示す。検討ケースは繊維を混入した7ケースと、比較用として繊維を混入しない基本配合の計8ケースであり、W/Cを一定(38.5%)として実験を行った。基本配合は、スランプの目標値を12±1.0cmとし、繊維を混入したケースは、基本配合に若干の修正を加えたが、繊維の種類・混入率のスランプへの影響を把握するため、繊維以外の配合をすべて同じとし、特にスランプの目標値は設けなかった。空気量はすべての配合で、4.5±1.0%になるよう調整した。なお、練混ぜは100%の強制二軸型ミキサを用いて行い、繊維は外割として使用した。

試験は、フレッシュ時にスランプおよび空気量試験を行い、硬化後に圧縮強度試験、曲げタフネス試験、鉄筋膨張圧模擬実験を材齢28日で実施した。鉄筋膨張圧模擬実験は表-3に示す網掛けのケースについて、

かぶりを45mmとした鉄筋を模擬したφ40mmの孔を150mm間隔であけた200×300×1000mmの梁状の試験体を用いて行った。実験では、試験体のφ40mmの孔に静的破砕材を用いてコンクリートに膨張圧(引張応力)を加えることで、実構造物での鉄筋腐食に起因するコンクリートの剥落状況を模擬した。測定項目は、ひび割れの発生状況、ひび割れ幅および剥落の有無であり、試験開始後120時間まで試験体を断続的に観察した。

キーワード：繊維補強コンクリート、剥落防止、ポリプロピレン繊維、繊維径

連絡先：〒 TEL: FAX:

表-1 使用材料

使用材料	記号	摘要
セメント	C	早強ホルランドセメント 密度:3.14g/cm ³
細骨材	S	新潟産山砂 表乾密度:2.63kg/l, 吸水率:1.51% 粗粒率:2.57
粗骨材	G	奥多摩産碎石 表乾密度:2.65kg/l, 吸水率:0.65% 粗粒率:6.64, 最大寸法:20mm
短繊維	PF	ポリプロピレン繊維 密度:0.91g/cm ³ , 繊維長:30mm
混和剤	SP	高性能AE減水剤 ポリカルボン酸系

表-2 繊維の詳細

記号	繊維径*	ヤング係数	引張強度
PF64	6400d	1.00mm	1.5×10 ⁴ N/mm ² 465N/mm ²
PF30	3000d	0.68mm	
PF15	1500d	0.48mm	

*: 1d=1g/9000m(繊維9000mの質量が1g)

表-3 コンクリート配合

ケース名	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					SP
				W	C	S	G	繊維	
基本			39.0	155	403	689	1086	-	
PF64-0.35	38.5	4.5	40.0	158	411	701	1059	3.19	C× 1.0%
PF64-0.5								4.55	
PF30-0.2								1.82	
PF30-0.35								3.19	
PF30-0.5								4.55	
PF15-0.2								1.82	
PF15-0.35								3.19	

3. 実験結果

図-1にコンクリート 1m^3 当りに混入した繊維の表面積の総和とスランプの関係を示す。図に示すように、スランプは繊維表面積と高い相関がある結果となった。また、圧縮強度は全ての配合で $70\text{N}/\text{mm}^2$ 程度であり、繊維の混入が圧縮強度に及ぼす影響は認められなかった。

図-2に曲げタフネス試験における供試体破断面に含まれる繊維の表面積の総和とたわみ 2mm における荷重の関係を示す。図に示すとおり、破断面の繊維表面積とたわみ 2mm における荷重の関係には、高い相関が認められた。これは、曲げ強度試験において、供試体のたわみが 2mm の状況では、ひび割れ面の繊維は引抜け状態にあり、供試体の耐力が繊維の引抜けに対する抵抗つまり繊維の表面積に支配されているためと考えられた。

表-4に鉄筋膨張圧模擬試験結果を、写真-1に 3000d の繊維を $0.2\text{vol}\%$ 混入したケースの試験開始後 120 時間経過時の状況を示す。なお、事前に実施した、 6400d の繊維を $0.2\text{vol}\%$ 混入した圧縮強度 $40\text{N}/\text{mm}^2$ 程度のコンクリートでは、実験開始後 33 時間でかぶり部分が剥落する結果であった。本実験では、表-4に示すとおり、基本配合は試験開始後 24 時間でかぶり部分が剥落する結果であったが、繊維を混入したケースは、全てのケースにおいて試験終了まで剥落を生じることはなかった。この理由として、曲げタフネス試験結果と同様に、 6400d に対し 3000d および 1500d と繊維径を細くすることにより、繊維混入率を同一とした場合の混入される繊維の表面積が増加したことが考えられた。また、基本配合のひび割れ幅が剥落直前の計測結果で 1mm 程度であったのに対し、繊維を混入したケースでは、最大ひび割れ幅が 30mm 程度であってもかぶり部のコンクリートが落下することはなかった。

4. おわりに

本実験の範囲において、ポリプロピレン繊維補強コンクリートの補強効果は混入される比表面積と高い相関があり、同一混入率の場合、繊維径が細い方が補強効果は大きいことが分かった。また、ポリプロピレン繊維の繊維径を 3000d (約 0.7mm) 程度以下とすることで、繊維混入率を $0.2\text{vol}\%$ とした場合でもコンクリートに剥落防止効果が付与できることを確認した。

参考文献

- 1) 平石, 坂田, 矢吹, 細田: ポリプロピレン繊維の形状がコンクリートの靱性改善効果に及ぼす影響, 土木学会年次学術講演会, V-323, 2001.9

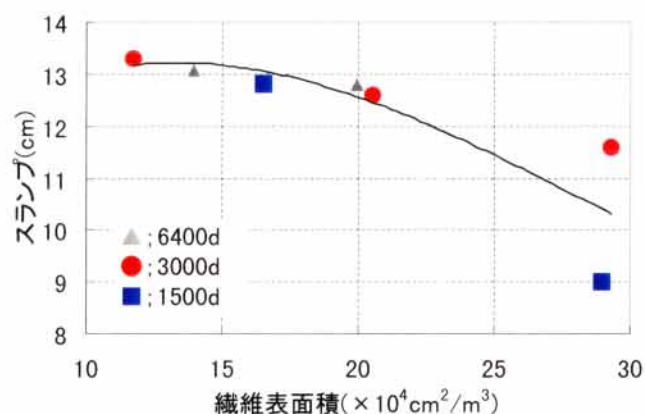


図-2 繊維混入率試験結果 (フレッシュ時)

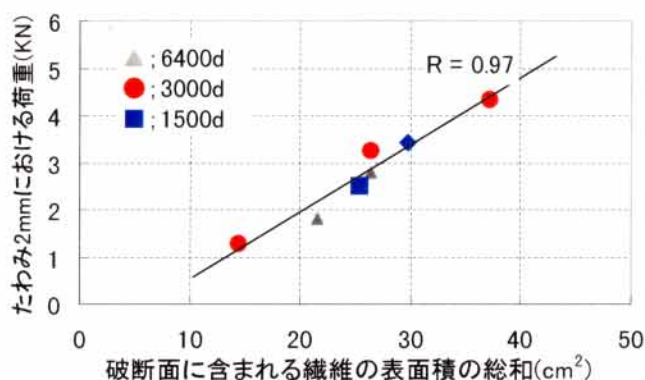


図-3 繊維混入率試験結果 (硬化後)

表-4 鉄筋膨張圧模擬実験結果

繊維種類	(基本)	PF15	PF30	
混入率(%)	—	0.2		0.35
24時間経過	剥落	2.5	2.0	2.0
48時間経過	—	17.0	18.0	11.0
120時間経過	—	28.0	32.0	26.0

表中の数字は最大ひび割れ幅(mm)を示す。

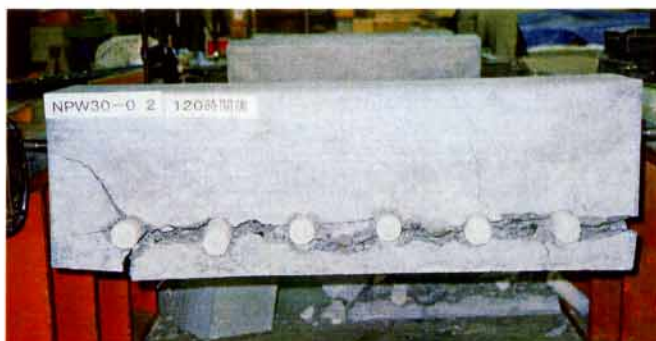


図-4 鉄筋膨張圧模擬試験結果
(PF30-0.2: 120 時間経過時)