

ポリプロピレン繊維の特性とペースト中での分散に関する基礎的検討

首都大学東京 学生会員 ○阿部 幹
首都大学東京 学生会員 上野 敦
首都大学東京 正会員 宇治 公隆
首都大学東京 正会員 大野 健太郎

1. はじめに

近年、コンクリート中に爆裂防止などを目的として、有機短繊維を混入させる場合がある。このような有機短繊維は、小径で絡まり、ファイバーボールを形成し、コンクリート中で偏在する傾向がある。必要最小量の有機短繊維を均等分散させることは、コンクリートに所要の性能を付与する面で重要である。筆者らは、分散性に影響するポリプロピレン繊維（PP 繊維）の特性の明確化を目的に、セメントペーストの塑性粘度に着目した検討を行ってきた¹⁾。この結果、長さが同一の場合、繊維径が大きくなると、分散に必要な塑性粘度が大きくなること、繊維の質量に対して表面積が卓越すると、分散のために必要な塑性粘度が小さくなることがわかった。本研究では、繊維径以外の繊維特性の影響を検討する目的で、繊維長さを変数として検討を行った。

2. 実験概要

2.1. 使用材料およびセメントペーストの配合

表－1～表－3 に、使用材料および PP 繊維の物性、セメントペーストの配合を示す。本研究では、繊維表面に作用する粘性抵抗力に着目し、長さ、形状が同一で平均径の異なる 4 種類と平均径、形状が同一で長さの異なる 2 種類の PP 繊維を用いた。PP 繊維の使用量は 3.0vol.% とし、W/C を 45, 50, 60% とした。増粘剤の添加量は $W \times 0 \sim 0.40\%$ の 5 水準とした。

2.2. 試料採取方法

PP 繊維が混入したセメントペーストを、半径 50mm×長さ 1000mm の半円筒型の容器の端部から 275mm 地点の仕切り板まで流し込み、仕切り板を外して、仕切り板から 500mm 地点に到達するまで、高さ 30mm でタッピングして流動させた。その後、仕切り板を始点として、0~80, 210~290, 420~500mm の 3 領域からそれぞれ 50cc ずつ試料を採取し、硬化させた。

2.3. セメントペーストの粘度測定と分散性評価方法

媒体相となる PP 繊維未混入のセメントペーストの塑性粘度を B 型回転粘度計を用いて測定した。PP 繊維の分散性を評価するため、マッフル炉を用いて、あらかじめ絶乾状態にした硬化セメントペーストを 380℃で 90 分間加熱し、セメントペースト中の PP 繊維を気化させ、熱分解前後の質量を測定した。熱分解前の絶乾状態の試料の質量を基準とし、熱分解前後の質量変化から、質量減少率を求めた。0~80, 210~290, 420~500mm の 3 点の質量減少率から近似直線を求め、その傾きの絶対値 ($|\alpha|$) を分散性の指標とした。試料の採取領域に関わらず、質量減少率が同程度となる場合、 $|\alpha|$ は 0 に近くなることとなる。

3. 結果および考察

図－1 に 50-V-SP の流動距離と質量減少率の関係を示す。また、写真－1 に塑性粘度が 127, 1392mPa・s の試料をタッピングした後の様子を示す。塑性粘度が低い場合、ペースト部が分離して流動しており、試料の採取領域が始点から遠いほど繊維混入量が少なく、質量減少率が小さくなっている。一方、塑性粘度が高い場合は、ペーストの分離は観察されず、試料の採取領域に関わらず質量減少率は同程度となっている。すなわち、媒体相の塑性粘度の増加に伴い、質量減少率に対する流動距離の影響が小さくなることがわかる。

表－1 使用材料

種類	詳細	密度(g/cm ³)	記号
水	水道水	1.00	W
セメント	普通ポルトランドセメント	3.16	C
増粘剤	ヒドロキシプロピルメチルセルロース	1.39	V
高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エーテル系化合物	1.00	SP
有機短繊維	ポリプロピレン繊維	0.91	PP

表－2 ポリプロピレン繊維の物性

平均径(μm)	長さ(mm)	断面形状	密度(g/cm ³)	含水比(%)
17.5	10	四葉	0.91	51.8
29.0	10	四葉	0.91	53.8
48.7	10	四葉	0.91	43.2
27.5	10	四葉	0.91	3.5
27.5	15	四葉	0.91	45

表－3 セメントペーストの配合

項目	配合 No.	W/C (%)		単位量(kg/m ³)	高性能AE減水剤(C×%)	増粘剤(W×%)	繊維混入率(vol.%)	※ 配合 No.	増粘剤 (W×%)
		W	C						
60-V-SP	1~5	60	635	1058	1.0	※	3.0	1	-
50-V-SP		50	594	1188				2	0.10
45-V-SP		45	570	1266				3	0.20
								4	0.30
								5	0.40

キーワード ポリプロピレン繊維, 分散性, 塑性粘度, 熱分解, 質量減少率

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 都市環境科学研究科 TEL 042-677-1111

図-2 に媒体相の塑性粘度と図-1 の近似直線の傾き $|\alpha|$ の関係を平均径 $48.7\mu\text{m}$ の場合を例に示す。媒体相の塑性粘度が大きくなると、傾き $|\alpha|$ は小さくなるとわかる。すなわち、媒体相の塑性粘度の増加に伴い、繊維の分散性は良好となる。図-2 で示した傾き $|\alpha|$ を指標として、繊維の分散性を評価するためには、 $|\alpha|$ の上限値を設ける必要がある。本研究では、既往の繊維混入率試験²⁾を参考に、設計繊維混入率の $100\pm 20\%$ を許容範囲とし、 $|\alpha|$ の上限値を求めた。この結果、図-2 に示す上限値 0.0007 が得られる。そして、塑性粘度と $|\alpha|$ の関係を対数近似し、 $|\alpha|$ の上限値と交わるときの塑性粘度を PP 繊維の分散に必要な媒体相の塑性粘度の下限値とした。

図-3 に PP 繊維の平均径と PP 繊維の分散に必要な媒体相の塑性粘度の下限値の関係を示す。繊維径の増加に伴って分散に必要な塑性粘度の下限値が大きくなるとわかる。すなわち、表面に作用する粘性抵抗により生じる力だけが繊維の均等分散の要因となるのではなく、繊維の質量など他の繊維特性の影響も考慮する必要があるとわかる。

図-4 に PP 繊維 1 本あたりの表面積質量比と PP 繊維の分散に必要な媒体相の塑性粘度の下限値の関係を示す。繊維長さによる影響は顕著とはならず、質量に対して表面積が卓越すると、塑性粘度の下限値が小さくなるとわかる。

4. まとめ

- (1) 長さが同一の場合、PP 繊維の径（表面積）が大きくなると、分散に必要な塑性粘度の下限値が大きくなる。
- (2) 繊維長の影響は顕著にならず、繊維の質量に対して表面積が卓越すると、塑性粘度の下限値が小さくなる。

謝辞：本研究の遂行にあたり、ダイワボウポリテック株式会社に PP 繊維の試作をいただいた。

参考文献

- 1) 阿部幹，他：有機短繊維の特性とペースト中での分散に関する基礎的検討，土木学会第 74 回年次学術講演会講演概要集，V-124，2019
- 2) 東日本高速道路（株），中日本高速道路（株），西日本高速道路（株）：トンネル施工管理要領（繊維補強覆工コンクリート編），2006 年 10 月

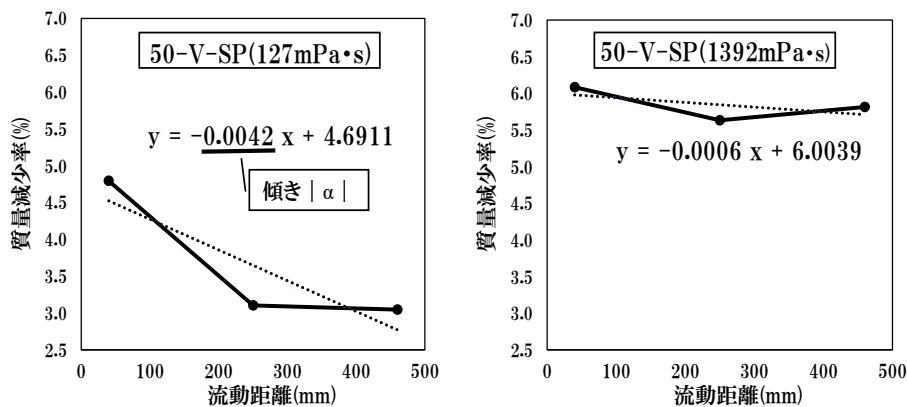


図-1 流動距離と質量減少率（平均径 $48.7\mu\text{m}$ ）

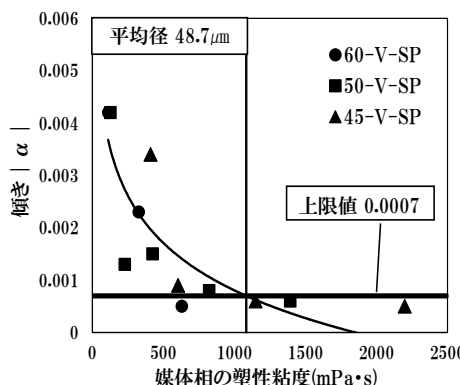


図-2 媒体相の塑性粘度と傾き $|\alpha|$

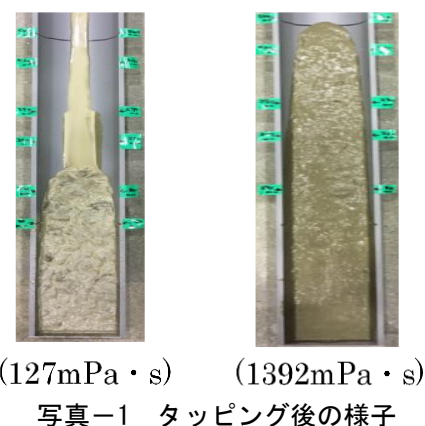


写真-1 タッピング後の様子

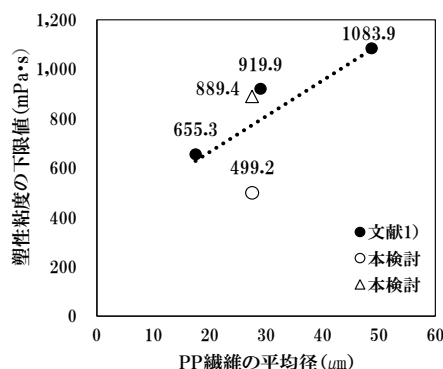


図-3 繊維の平均径と塑性粘度の下限値

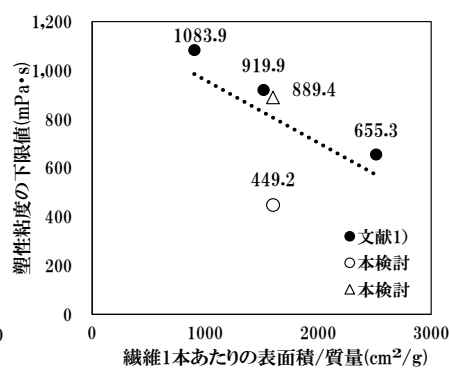


図-4 繊維の表面積質量比と塑性粘度の下限値