

## 短繊維を混入したコンクリートの流動性および材料分離抵抗性に関する研究

(株)大林組 正会員 ○川西 貴士  
 (株)大林組 正会員 平田 隆祥  
 広島大学 フェロー会員 河合 研至

## 1. はじめに

都市部の地下に構築される道路トンネルでは、火災時の爆裂を抑制するために、直径が 0.02～0.05mm と小さく、アスペクト比が 410～570 と大きい綿状のポリプロピレン短繊維（以下 PP 繊維と呼称）が用いられる。この繊維をコンクリートに混入すると、流動性が大きく低下するため、配合を修正する必要がある<sup>1)</sup>。

短繊維を混入するコンクリートの配合設計方法として、土木学会より鋼繊維補強コンクリートの設計施工指針(案)（以下 SFRC 指針と呼称）が発刊されており、鋼繊維を混入する際の単位水量および細骨材率の補正方法が示されている<sup>2)</sup>。この SFRC 指針では、断面の 1 辺が 0.5mm でアスペクト比が 60 の鋼繊維が用いられているが、綿状の PP 繊維を混入する場合には、単位水量を 500kg/m<sup>3</sup>程度まで増加し、細骨材率は 100% を超えてしまうため、実用的ではない。

そこで、綿状の PP 繊維を混入するコンクリートについて、所要の流動性や材料分離抵抗性を確保するための配合の修正方法に関して基礎的な検討を行った。

## 2. 実験概要

実験に使用した材料を表-1 に示す。PP 繊維には、直径と長さの異なる 2 種類の PP 繊維を使用した。コンクリートの種類はスランブで管理するコンクリート（以下スランブタイプと呼称）と高流動コンクリート（以下高流動タイプと呼称）の 2 種類とし、スランブの目標値は 15cm、スランブフローの目標値は 60cm とした。PP 繊維の混入率は、0, 0.1, 0.2 および 0.3vol.% の 4 水準とし、外割で添加した。水結合材比は 35% とし、スランブタイプは細骨材率を 38～58%，高流動タイプは単位粗骨材絶対容積を 120～370L/m<sup>3</sup> の間で変化させた。PP 繊維混入前のベースコンクリートの配合を表-2 に示す。

最初に目標とするスランブおよびスランブフローが確保できるまで単位水量を増加し、PP 繊維の混入

率と単位水量の増加量の関係を確認した。次に、その確認した単位水量を一定とし、単位細骨材量と単位粗骨材量の割合を変化させて、コンクリートの材料分離の状態を確認し、最適な単位細骨材量と単位粗骨材量の割合を決定した。

試験項目はスランブ（JIS A 1101）およびスランブフロー（JIS A 1150）とし、スランブタイプについては、併せてスプレッド試験（DIN 1048）も行った。スランブタイプは、スランブ試験の結果、表面にあれば、崩れ、割れなどが認められる場合や、スランブ試験やスプレッド試験の落下回数 5 回の段階の試料の上面の円形が保たれず平らな面が認められない場合に、材料が分離しているものと判断した。高流動タイプは、所定のスランブフローが得られるまで混和剤の添加率を増加し、セメントペーストの分離が認められる範囲を特定した。

表-1 使用材料

| 種類   | 記号  | 各材料の種類および物性                                                  |
|------|-----|--------------------------------------------------------------|
| 練混ぜ水 | W   | 水道水                                                          |
| セメント | C   | 普通ポルトランドセメント, 密度3.16g/cm <sup>3</sup>                        |
| 混和材  | BS  | 高炉スラグ微粉末, 密度2.89g/cm <sup>3</sup>                            |
| 細骨材  | S   | 砂, 密度2.61～2.62g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率2.60～2.68               |
| 粗骨材  | G   | 碎石, 最大寸法20mm<br>密度2.65g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率6.58～2.61       |
| 混和剤  | SP  | 高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系化合物)                                        |
| 短繊維  | PP1 | PP繊維, 密度0.91g/cm <sup>3</sup> , アスペクト比410<br>直径0.05mm×長さ20mm |
|      | PP2 | PP繊維, 密度0.91g/cm <sup>3</sup> , アスペクト比570<br>直径0.02mm×長さ10mm |

表-2 ベースコンクリートの配合

| コンクリートの種類 | W/B (%) | s/a (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |     | SP (B×%) |
|-----------|---------|---------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|----------|
|           |         |         | W                        | C   | BS  | S   | G   |          |
| スランブタイプ   | 35.0    | 46.0    | 155                      | 221 | 221 | 784 | 935 | 1.00     |
| 高流動タイプ    | 35.0    | 48.4    | 175                      | 250 | 250 | 811 | 875 | 1.15     |

※B: 結合材 (C+BS)

キーワード ポリプロピレン短繊維, 配合設計, 流動性, 材料分離抵抗性, 単位水量, 単位粗骨材絶対容積  
 連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 生産技術研究部 TEL 042-495-1012

### 3. 実験結果および考察

スランプタイプ、高流動タイプともに、PP 繊維の混入率の増加に伴い、所定の流動性の確保に必要な単位水量が増加した。単位水量の補正量を図-1 に示す。

材料分離抵抗性は、スランプ試験、スプレッド試験およびスランプフロー試験後の試料の状態から目視で確認した。スランプおよびスランプフローの試験後の状態の例を写真-1 に示す。材料分離抵抗性を確保するには、PP 繊維の混入率の増加に伴い、スランプタイプは細骨材率を増加し、高流動タイプは単位粗骨材絶対容積を低減する必要があることが判った。

スランプタイプは、配合設計上、細骨材率を変えて実験を行ったが、高流動タイプと同様に単位粗骨材絶対容積で再整理した。最適な単位粗骨材絶対容積は、材料分離抵抗性が得られる範囲でできるだけ小さく設定した。単位粗骨材絶対容積の補正量を図-2 に示す。SFRC 指針では鋼繊維混入率の増加に伴い細骨材率の補正量が記されているが、スランプタイプ、高流動タイプともに単位粗骨材絶対容積で整理した。

スランプタイプについて、SFRC 指針を参考に鋼繊維の場合の補正量を図-1 および図-2 に併記した。単位粗骨材絶対容積に関しては、細骨材率の補正量を今回の配合に照らし合わせて単位粗骨材絶対容積に換算した。単位水量および単位粗骨材絶対容積ともに、今回の実験結果と同様な結果を示した。アスペクト比と各補正量の関係を図-3 に示す。単位水量および単位粗骨材絶対容積ともに、アスペクト比の増加に伴い補正量が増加する傾向が認められた。

### 4. まとめ

爆裂の抑制を目的として、直径が小さくアスペクト比の大きい綿状のポリプロピレン短繊維を混入する場合の配合修正方法の考え方を示した。単位水量の増加と単位粗骨材絶対容積の低減により、流動性および材料分離抵抗性を確保できることが判った。また、単位水量および単位粗骨材絶対容積の補正量は短繊維のアスペクト比が大きいほど増加することが判った。

### 参考文献

- 1) 川西貴士他：短繊維を混入したコンクリートの配合設計方法に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.39，No.1，pp.265-270，2017.6
- 2) 土木学会：鋼繊維補強コンクリート設計施工指針（案），コンクリートライブラリー第50号，1983.3

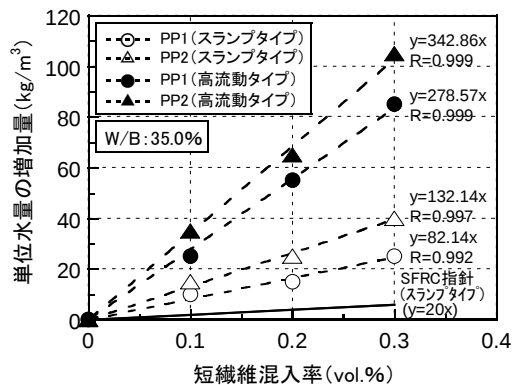


図-1 単位水量の補正量

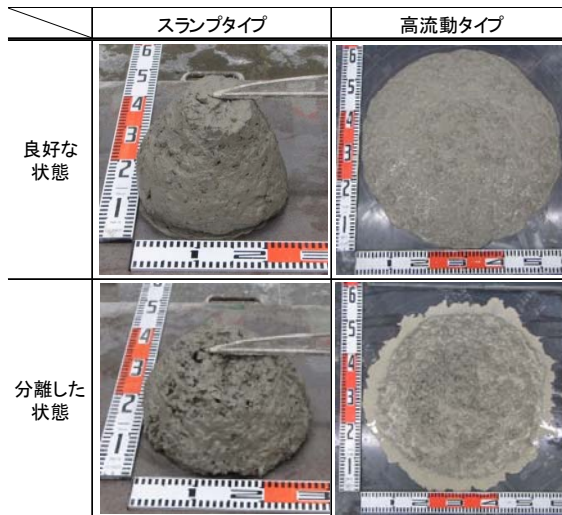


写真-1 スランプおよびスランプフローの状態の例

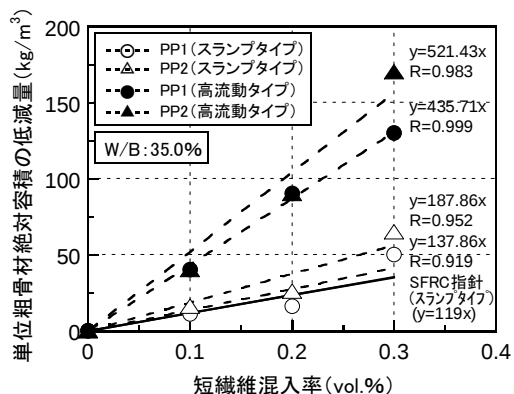


図-2 単位粗骨材絶対容積の補正量

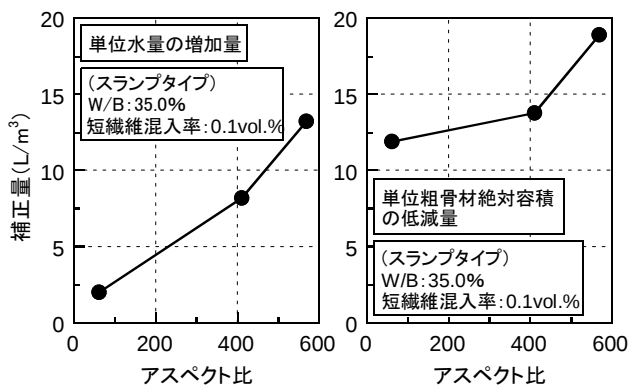


図-3 アスペクト比と各補正量の関係