

ポリプロピレン短繊維の形状と混入率を変化させた鋼繊維補強高流動コンクリートの耐火性

(株)大林組 正会員 ○川西 貴士
 (株)大林組 正会員 近松 竜一
 (株)大林組 正会員 屋代 勉
 石川島建材工業(株) 正会員 小林 一博

1. はじめに

セグメントの力学特性や耐久性の向上, および作業環境の改善を目的に, シールドセグメント用コンクリートとして, 鋼繊維補強高流動コンクリート(以下, 高流動SFRCと呼称)が適用されている。

一方, 都市部の大深度地下に施工されるシールドトンネルでは, 高強度のコンクリートが用いられ, 近年では大規模火災の発生により 1000℃以上の高温に晒された場合の安全性を確保する観点から, 爆裂の防止や鉄筋の保護などの耐火性が求められている。

著者らは, これまでにセグメントの爆裂抵抗性を向上させる目的でポリプロピレン短繊維(以下, PP繊維と呼称)を混入した高流動SFRCに関する研究を行い, RABT加熱条件下でも爆裂を抑制できることを確認している¹⁾。本稿では, PP繊維の形状と混入率の組合せが耐火性に与える影響を確認するために, これらを変化させた試験体を用いて耐火試験を行い, 爆裂深さと断面内の温度分布を測定した結果について報告する。

2. 実験概要

実験には, PP繊維の形状と混入率を変化させた2種類の試験体を用いた。繊維度 17dtex×長さ 20mm(アスペクト比 410)のPP繊維を 2kg/m³混入した試験体をPP-410, 繊維度 2.2dtex×長さ 10mm(アスペクト比 570)のPP繊維を 1.5kg/m³混入した試験体をPP-570とした。

PP繊維の形状および配合条件を表-1に示す。両者の試験体とも, 高炉セメントB種を使用した粉体系の高流動SFRCであり, 水セメント比は 28.8%, 鋼繊維の混入率は 47kg/m³である。

試験体の概略を図-1に示す。試験体の寸法は, 幅 1,700mm×長さ 1,900mm×厚さ 500mmで, 実際のセグメント相当の大きさの試験体とした。主鉄筋は2段配置とし, D19を 115mm間隔で配置した。試験体には, 実際のセグメントに作用する圧縮応力を考慮し, PC

表-1 PP繊維の形状および配合条件

試験体の記号	PP繊維の形状			配合条件		
	繊維度 (dtex)	長さ (mm)	アスペクト比	水セメント比 (%)	鋼繊維混入率 (kg/m ³)	PP繊維混入率 (kg/m ³)
PP-410	17	20	410	28.8	47	2
PP-570	2.2	10	570	28.8	47	1.5

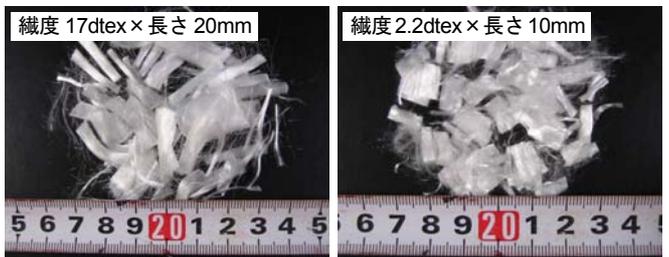


写真-1 PP繊維の外観

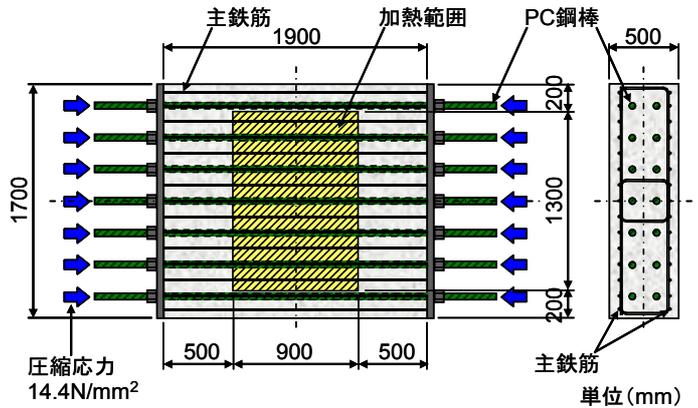


図-1 試験体概略図

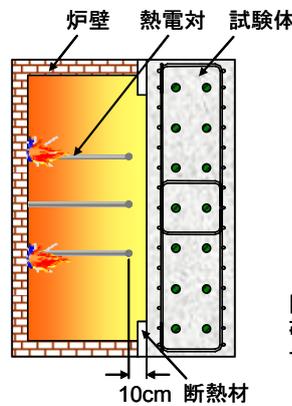


図-2 耐火試験概略図

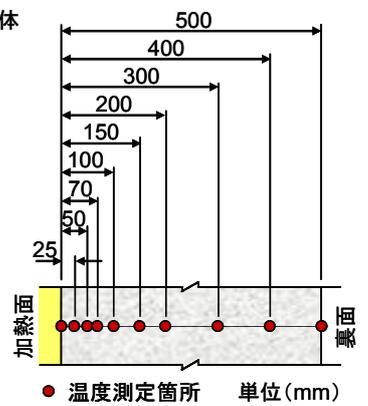


図-3 熱電対設置位置

キーワード ポリプロピレン短繊維, 鋼繊維, 高流動, 耐火, 爆裂, 高炉セメントB種

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 TEL042-495-1012

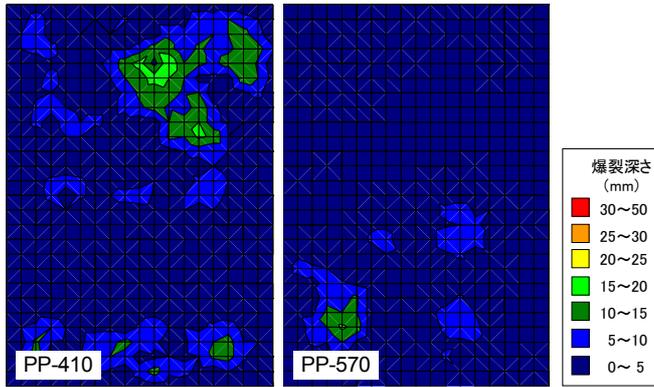


図-4 爆裂深さの分布図

鋼棒を使用しポストテンション方式により 14.4N/mm² の圧縮応力を作用させた状態で耐火試験を実施した。

加熱条件は、トンネル火災を想定し、加熱開始から 5 分で 1200℃まで昇温させ、そのまま 60 分まで高温を保持する RABT 曲線を用いた。耐火試験の概略を図-2 に示す。加熱範囲は、縦 1,300mm×横 900mm とし、周辺部や PC 鋼材の定着部の近傍には熱が伝わらないよう断熱材で被覆した。

耐火試験時には、表面の爆裂状況、炉内温度および断面内の温度履歴を測定した。また、加熱後は表面の爆裂深さを 5cm 間隔で測定した。断面内の温度履歴測定用の熱電対設置位置を図-3 に示す。

3. 実験結果および考察

爆裂の発生は、両試験体とも加熱開始から 2 分 30 秒程度が経過した時点（炉内温度で 600℃程度）からコンクリート表面の一部がはく離し、局所的に爆裂が生じたものの、概ね 5~6 分程度で収束し、その後、はく落は認められなかった。

爆裂深さの分布図を図-4 に示す。局所的にコンクリート表面がはく離しているが、極く表層に限定され、軽微な損傷に抑えられた。平均的な爆裂深さは、PP-410 で 3mm、PP-570 で 1mm とアスペクト比の大きい繊維を用いた方が、損傷の程度は若干小さかった。PP 繊維のアスペクト比と混入率を調整することで、平均的な爆裂深さを数 mm 程度の軽微な損傷に抑制できた。

断面内の深さごとの温度履歴の一例（PP-410）を図-5 に示す。また、深さ方向におけるコンクリートの最高温度分布の比較を図-6 に示す。コンクリートの圧縮強度が急激に低下する温度を 350℃とした場合、その温度に達する深さは、PP-410 で 45.0mm、PP-570 で 47.2mm となり、50mm 以深のコンクリートの強度低下はほとんどないものと考えられる。また、鉄筋の

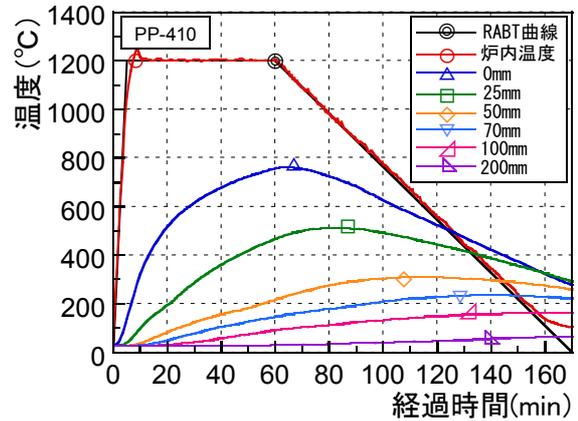


図-5 温度履歴の一例 (PP-410)

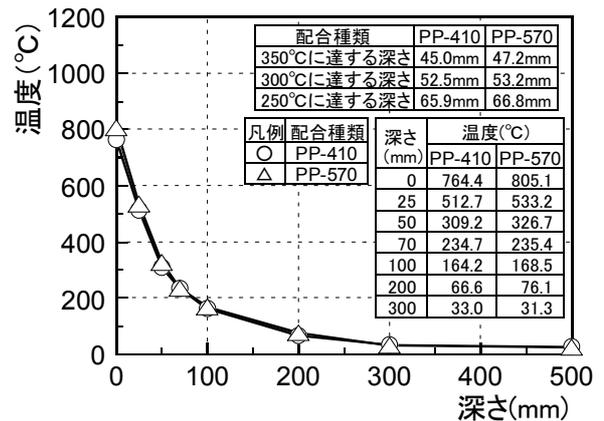


図-6 深さ方向の最大温度分布

降伏強度が急激に低下するとされる 300℃以上に達する深さは、PP-410 で 52.5mm、PP-570 で 53.2mm であった。この結果より、かぶり厚さを 55~60mm 程度確保することで、鉄筋の強度低下を防止できるものと考えられる。また、PP 繊維の形状や混入率が、断面内の温度分布に与える影響はほとんどないと考えられる。

4. まとめ

高炉セメント B 種を使用した粉体系の高流動 SFRC について、PP 繊維の形状と添加量を変えた試験体を用い耐火試験を実施した結果、以下の知見が得られた。

- (1) PP 繊維の形状と混入率を調整することで、平均的な爆裂深さを数 mm 程度の軽微な損傷に抑制できる。
- (2) PP 繊維の形状と混入率が、断面内の温度分布に与える影響はほとんどない。
- (3) かぶり厚さを 55mm 以上確保すれば、高温履歴による鉄筋の強度低下を防止できる。

参考文献

・吉田公宏ほか：ポリプロピレン繊維混入鋼繊維補強高流動コンクリートセグメントの耐火性(その2), 土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集, 5-278, pp.555-556, 2008.9