

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)

(株) 大林組 正会員 吉田 公宏 正会員 田中 善広
 正会員 川西 貴士 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

これまで止水性、耐久性および構造性能に優れる鋼繊維補強高流動コンクリートセグメントに、爆裂に対して効果的であるポリプロピレン繊維 (以下、PP 繊維) を混入して加熱試験を実施し、爆裂抑制および耐火性能の向上に対して有効であることを確認している¹⁾。今回は、コンクリートの流動性、混和材、鋼繊維の有無、PP 繊維の混入量および PP 繊維の種類をパラメータとした各種コンクリートについて加熱試験を行い、鋼繊維補強高流動コンクリートの耐爆裂性について検証を行った。

2. 試験方法

2.1 試験体概要

試験体の概略図を図-1に示す。試験体の形状は、幅 0.5m×長さ 1.0m×厚さ 0.2m の平板状とした。コンクリートには、スランプタイプのコンクリート (以下、中流動)、粉体系高流動コンクリート (以下、粉体系) および増粘剤系高流動コンクリート (以下、増粘剤系) を使用した。粉体系には、石灰石微粉末とフライアッシュの 2 種類の混和材を混入したコンクリート (以下、それぞれ粉体系 (C+LP)、粉体系 (C+FA)) を使用し、合計 4 種類のコンクリートとした。鋼繊維の混入量は 0.6vol%、PP 繊維の混入量は 0.2vol% とし、さらに比較用として鋼繊維を混入しない試験体および PP 繊維の混入量を 0.4vol% とした試験体を製作した。また、PP 繊維には、アスペクト比の異なる 5 種類の繊維を使用した。アスペクト比は、PP 繊維が円形であるものと仮定して、繊維度から換算径を算出し、長さとの比率で求めた。PP 繊維の種類を表-1に、実験ケースの組合せを表-2に示す。

2.2 加熱試験方法

加熱は、大林組技術研究所火災工学実験棟内の壁炉を用いて行い、加熱曲線は、トンネル火災を想定した RABT 曲線 (1200°C-60 分) を採用した。加熱時の測定項目として、炉内温度、爆裂の発生する時間および耐火炉内に設置した小型 CCD カメラによる試験体表面の目視観察を行った。また、加熱後にノギスにより爆裂深さを測定した。

表-1 PP 繊維の種類

記号	繊維度 (dtex)	換算径 (μm)	長さ (mm)	アスペクト比
PPA	3700	700	48	69
PPB	2.2	17.5	2	114
PPC	17	48.8	20	410
PPD	2.2	17.5	10	570
PPE	2.2	17.5	15	855

表-2 実験ケース

記号	PP繊維の種類 アスペクト比	コンクリートの種類			
		中流動	粉体系 (C+LP)	粉体系 (C+FA)	増粘剤系
PPA	69	—	—	FA-A	—
PPB	114	SL-B	—	—	VM-B
PPC	410	SL-C	LP-C	FA-C	VM-C
		SL-C-SN	—	—	—
		SL-C-P4	—	—	—
PPD	570	SL-D	LP-D	FA-D	VM-D
PPE	855	—	—	FA-E	—

※試験体の記号
 SL - B - SN
 — 鋼繊維、PP繊維の有無
 (表記無し: 鋼繊維0.6vol%+PP繊維0.2vol%
 SN: 鋼繊維無し, P4: PP繊維0.4vol%)
 PP繊維の種類
 (A: PPA, B: PPB, C: PPC, D: PPD, E: PPE)
 コンクリートの種類
 (SL: 中流動, LP: 粉体系 (C+LP),
 FA: 粉体系 (C+FA), VM: 増粘剤系)

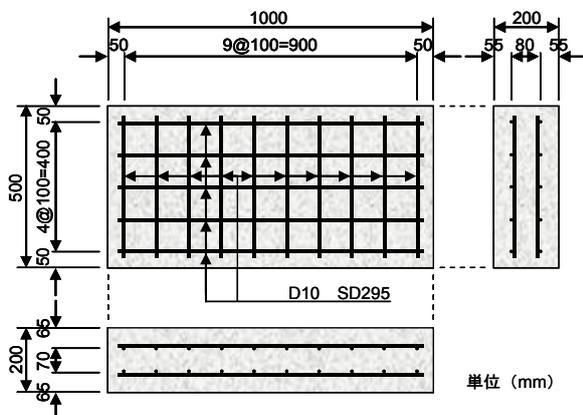


図-1 試験体概略図

キーワード 鋼繊維, ポリプロピレン繊維, アスペクト比, 高流動, 爆裂, 耐火性能

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 生産技術本部 シールド技術部 TEL03-5769-1318

3. 試験結果および考察

爆裂深さの測定結果を表-3に示す。PP繊維の混入量に着目すると、混入量が0.2vol% (SL-C)と0.4vol% (SL-C-P4)の爆裂深さはほぼ同程度であり、0.2vol%混入すれば十分に爆裂を抑制可能であると考えられる。鋼繊維については混入の有無により爆裂の程度が変わらないことから、鋼繊維は爆裂に影響を及ぼさないものと考えられる。

最大爆裂深さおよび平均爆裂深さとアスペクト比との関係を図-2に示す。PP繊維の種類に着目すると、全ての試験体の爆裂深さは、PP繊維の種類によって影響を受けていることが分かる。アスペクト比が570以下の範囲では、アスペクト比の増加に伴い爆裂深さが低下する傾向にあり、アスペクト比の大きいPPDを混入した試験体は、概ね爆裂深さが小さく抑えられた。特に、FA-Dについては、平均爆裂深さが0mm、VM-Dについては、全く爆裂が発生しなかった。逆に、アスペクト比の小さいPP繊維を混入したSL-B、FA-AおよびVM-Bについては、爆裂深さが大きい結果となった。一方、最もアスペクト比の大きいPPEを用いたFA-Eについては、FA-Dよりも爆裂深さが大きい結果となっており、アスペクト比と爆裂深さの関係には変曲点が認められた。

コンクリートの流動性に着目すると、アスペクト比の小さいPPAおよびPPBを用いたSL-B、FA-AおよびVM-Bについては、高流動と比べて中流動の方が爆裂深さが小さいが、アスペクト比の大きいPPDを用いたSL-D、LP-D、FA-DおよびVM-Dについては、高流動と中流動で爆裂深さは同程度であった。

粉体系(C+FA)のFA-Dおよび増粘剤系のVM-Dの加熱試験後の試験体表面の状況を写真-1に示す。アスペクト比の大きいPPDを用いた粉体系(C+FA)および増粘剤系については、爆裂を抑制できることが写真からも確認できる。

4. まとめ

- (1)アスペクト比69~114のPP繊維を使用した場合、中流動タイプのコンクリートに比べて高流動タイプのコンクリートの方が、爆裂による損傷の程度が大きい傾向にあるが、アスペクト比410~570のPP繊維を使用すれば、爆裂による損傷の程度は同程度に抑えることができる。
- (2)フライアッシュを用いた粉体系高流動コンクリート、あるいは増粘剤系高流動コンクリートで、アスペクト比が570のポリプロピレン繊維を0.2vol%混入することで、鋼繊維補強高流動コンクリートの爆裂を抑制することができる。

鋼繊維補強高流動コンクリートについて、最適なポリプロピレン繊維および混和材を調整選定することで、爆裂による損傷を抑制できることが確認された。今後、耐火性能を必要とするシールドセグメントの配合計画を検討する際に、活用できるものと思われる。

参考文献

- 1)北岡, 屋代, 藤井, 川西, 小林: 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加熱試験, 土木学会第62回年次学術講演会, 2007

表-3 爆裂深さ測定結果

記号	コンクリートの種類	PP繊維の種類	アスペクト比	爆裂深さ (mm)	
				最大	平均
SL-B	中流動	PPB	114	12.0	1.0
SL-C		PPC	410	3.0	0.1
SL-C-SN		PPC	410	5.0	0.1
SL-C-P4		PPC	410	4.0	0.2
SL-D	粉体系 (C+LP)	PPD	570	3.0	0.1
LP-C		PPC	410	4.0	0.1
LP-D	粉体系 (C+FA)	PPD	570	8.0	0.3
FA-A		PPA	69	32.0	8.1
FA-C		PPC	410	8.0	0.4
FA-D		PPD	570	2.0	0.0
FA-E	増粘剤系	PPE	855	14.0	0.7
VM-B		PPB	114	28.0	5.7
VM-C	増粘剤系	PPC	410	7.0	0.4
VM-D		PPD	570	0.0	0.0

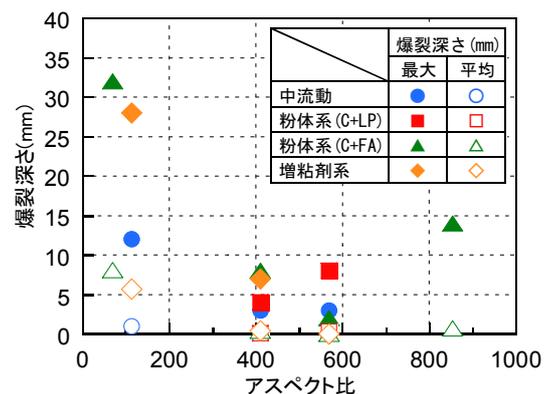


図-2 アスペクト比と爆裂深さの関係

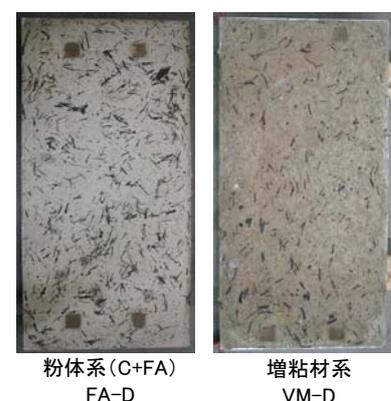


写真-1 耐火試験後状況