

ポリプロピレン短繊維を現場添加したコンクリートの耐火性

(株) 大林組 生産技術本部 正会員 ○屋代 勉
 (株) 大林組 生産技術本部 正会員 田坂 幹雄
 (株) 大林組 生産技術本部 正会員 香川 敦
 (株) 大林組 技術研究所 正会員 川西 貴士

1. はじめに

一般に、道路用シールドトンネルには耐火性が求められる。一方で、近年ではトンネルの分岐合流部など、場所打ちコンクリートが適用される区間においても耐火性が求められている。これまでに耐火性を付与したセグメントの開発を行い、爆裂の防止にはアスペクト比の大きなポリプロピレン短繊維（PP繊維）の混入が有効であることが確認されている¹⁾。今回は、トンネル内での場所打ち施工を想定して、PP 繊維をトラックアジテータに後添加したコンクリートの耐火性について、実験的に検証した。

2. 試験概要

耐火試験は、2つのシリーズに大別して実施した。シリーズⅠでは、幅 500mm×長さ 1,000mm×厚さ 200mm の試験体を用いて、コンクリートの流動性やセメントの違いが爆裂抵抗性に及ぼす影響について検証した。シリーズⅡでは、幅 1,700mm×長さ 1,900mm×厚さ 500mm の試験体に圧縮応力を作用させた状態で耐火試験を行い、軸力導入下での爆裂抵抗性と加熱によるコンクリート内部の温度履歴を確認した。

コンクリートの圧縮強度は、設計基準強度 40N/mm²相当とし、スランプタイプのコンクリートおよび高流動コンクリート（高流動）の 2 種類とした。セメントは、低熱ポルトランドセメントおよび低発熱型の高炉セメント B 種の 2 種類、PP 繊維は、繊維度 2.2dtex×長さ 10mm (PP①) および繊維度 17dtex×長さ 20mm (PP②) の 2 種類とし、PP 繊維の混入率は容積比で 0.10% および 0.08% の 2 ケースとした。また、膨張材が爆裂抵抗性に及ぼす影響についても検討した。実験ケースを表-1 に示す。

コンクリートは、実機ミキサにて製造した後、トラックアジテータに投入した。現場までの運搬を想

表-1 実験ケース

実験シリーズ	PP繊維混入率(容積比)	PP繊維種類	低熱ポルトランドセメント			高炉セメントB種	
			スランプタイプ	高流動	高流動(膨張材有)	スランプタイプ	高流動
Ⅰ	0.10%	PP①	I-低熱①	I-低熱②	-	-	I-高炉①
		PP②	I-低熱③	-	-	-	-
	0.08%	PP①	I-低熱④	I-低熱⑤	I-低熱⑥	I-高炉②	I-高炉③
Ⅱ	0.10%	PP①	Ⅱ-低熱①	Ⅱ-低熱②	-	-	Ⅱ-高炉①
		PP②	Ⅱ-低熱③	-	-	-	-

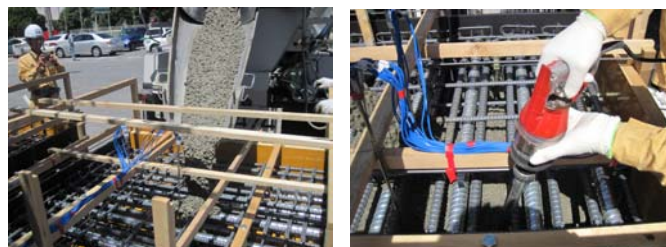


写真-1 試験体の作製状況

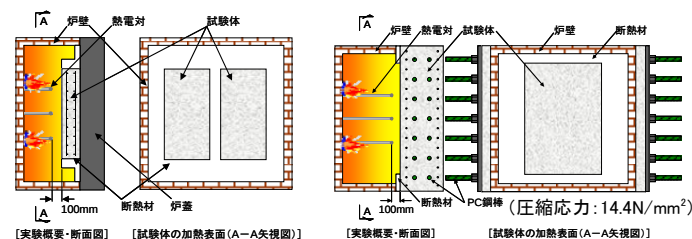


図-1 試験概要(シリーズⅠ)

図-2 試験概要(シリーズⅡ)

定し、30 分後に PP 繊維を投入し、120 秒間高速で攪拌した。スランプタイプは内部振動機を使用して締固めを行い、高流動は自己充てんにより試験体を作製した。試験体の作製状況を写真-1 に示す。

耐火試験の時間温度曲線は、トンネル火災を想定した RABT 曲線（5 分で 1200℃まで昇温、その後 60 分後まで 1200℃を継続し、170 分後に常温に戻る曲線）とした。加熱時には小型 CCD カメラにより試験体表面の目視観察を行い、シリーズⅡではコンクリートの内部および鉄筋の温度履歴を計測した。また、加熱後にノギスを用いて 50mm 間隔で爆裂深さを測定した。耐火試験の概要図を図-1 および図-2 に示す。

キーワード ポリプロピレン短繊維，トラックアジテータ，後添加，場所打ち，耐火性，爆裂

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

表-2 爆裂深さ測定結果

実験種類	実験ケース	最大爆裂深さ (mm)	平均爆裂深さ (mm)	爆裂面積率 (%)
シリーズ I 小型	I-低熱①	5.0	0.1	2.6
	I-低熱②	7.0	0.1	2.6
	I-低熱③	6.0	0.1	3.0
	I-低熱④	0.0	0.0	0.0
	I-低熱⑤	4.0	0.0	0.9
	I-低熱⑥	3.3	0.0	1.3
	I-高炉①	6.0	0.1	1.7
	I-高炉②	3.0	0.0	0.9
シリーズ II 軸力導入	II-低熱①	4.0	0.1	5.7
	II-低熱②	5.0	0.1	5.3
	II-低熱③	4.0	0.2	10.3
	II-高炉①	3.0	0.0	0.8

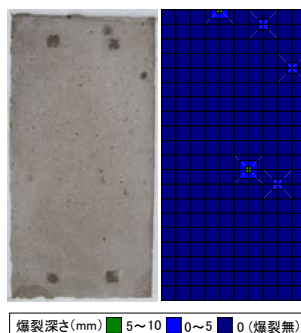


図-3 耐火試験後状況

(I-低熱①)

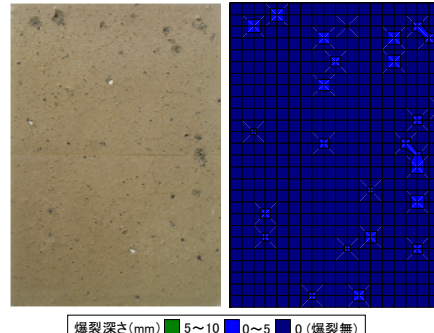


図-4 耐火試験後状況

(II-低熱①)

3. 試験結果

3.1 小型試験体による耐火試験結果 (シリーズ I)

爆裂深さの測定結果を表-2に、加熱試験後の試験体の表面状況の一例を図-3に示す。全てのケースにおいて、コンクリート表面の損傷は軽微な表面はく離程度に抑えることができた。コンクリートの流動性、セメントの種類、PP 繊維の種類および膨張材の有無にかかわらず、PP 繊維を 0.08%~0.10% (容積比) 混入することで、爆裂を抑制できた。

3.2 軸力導入耐火試験結果 (シリーズ II)

加熱試験後の試験体の表面状況の一例を図-4に示す。シリーズ II においても、局所的に軽微な表面はく離が認められたが、全てのケースにおいて、爆裂を抑制できた。

コンクリートおよび鉄筋の温度履歴の一例を図-5に示す。各ケースで、コンクリート内部の温度履歴に顕著な差はなかった。また、いずれの配合においても温度履歴に特異点は認められなかった。

加熱面からの深さと最高温度の関係を図-6に示す。最高温度の分布においても、各ケースでほとんど差異はなく、セメントおよび PP 繊維の種類が熱伝導性に及ぼす影響は小さいことが確認された。また、鉄筋の最高温度は加熱面から同じ距離にあるコンクリート温度と同程度であることが確認された。

4. まとめ

場所打ち施工を想定し、トラックアジテータに PP 繊維を後添加したコンクリートの耐火性について検証した結果、以下の知見が得られた。

- (1) アスペクト比の大きな PP 繊維を容積比で 0.08%~0.10% 混入することで、軸力導入下においても爆裂を抑制できる。

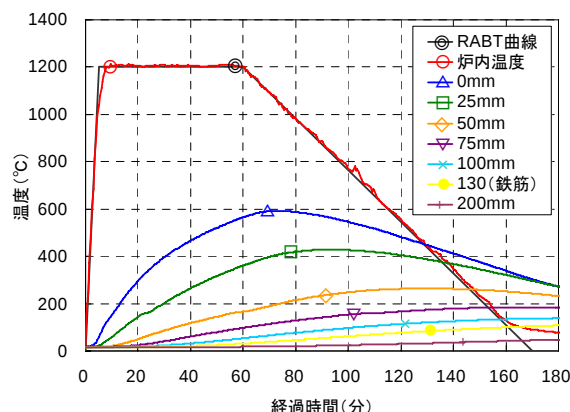
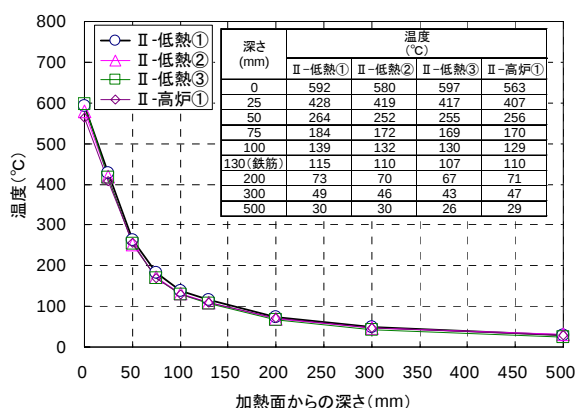
図-5 コンクリート・鉄筋の温度履歴
(II-低熱①)

図-6 加熱面からの深さと最高温度の関係

- (2) セメントおよび PP 繊維の種類が熱伝導性に及ぼす影響は小さい。
- (3) PP 繊維をトラックアジテータに後添加したコンクリートにおいても、セグメントと同様の耐火性が得られる。

参考文献

- 1) 屋代, 木村, 川西, 小林: 高炉スラグ微粉末を用いた鋼繊維補強高流動コンクリートセグメントの耐火性, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 2009