

繊維の小さいポリプロピレン短繊維を少量添加した耐火コンクリートのはく落抵抗性

(株) 大林組 生産技術本部 正会員 ○富井 孝喜
 (株) 大林組 技術研究所 正会員 川西 貴士
 (株) 大林組 技術研究所 正会員 三浦 律彦
 (株) 大林組 生産技術本部 正会員 屋代 勉

1. はじめに

近年、トンネルの覆工コンクリートには、コンクリート片の落下事故が発生して以来、はく落に対する抵抗性が求められている。はく落を防止するには、比較的繊維度が高い PP 繊維が用いられている。

一方で、都市部のシールドトンネルには、火災時の安全性を確保するために、爆裂に対する抵抗性が求められている。爆裂の防止には、繊維度の小さいポリプロピレン短繊維（以下、PP 繊維）が効果的である。

繊維度の小さい PP 繊維を用いることで、はく落抵抗性と爆裂抵抗性の両者の性能を満足できれば、効率的にコンクリートの機能を向上させることができる。

そこで、繊維度の小さい PP 繊維を少量添加した場合はく落抵抗性について、実験的に検証した。

2. 実験概要

実験ケースを表-1 に示す。実験には、繊維度と長さの異なる 3 種類の PP 繊維を使用した。PP 繊維の混入率は、容積比で 0.05% および 0.10% の 2 水準とした。PP 繊維の外観を写真-1 に示す。

コンクリートの配合を表-2 に示す。コンクリートは、高流動コンクリート（配合①）およびスランプタイプ（配合②）の 2 種類とした。セメントは、低熱ポルトランドセメント（配合①）および中庸熱ポルトランドセメント（配合②）の 2 種類とし、混和材に高炉スラグ微粉末を使用した。

はく落抵抗性は、日本鉄道施設協会仕様書に記載されているはく落防止効果の確認方法（打撃試験）¹⁾ にて評価した。試験の概要を図-1 に示す。PP 繊維無しのプレーンに対する打撃回数比により評価した。

配合①および配合②については、トンネル火災を想定した RABT 加熱による耐火実験を行い、爆裂抵抗性を検証した。耐火実験の概要を図-2 に示す。耐火実験後に、コンクリート表面の爆裂の状況を確認した。

表-1 実験ケース

記号	PP 繊維の種類				PP 繊維の混入率 (%) (容積比)	
	繊維度※1 (dtex)	換算径 (×10 ⁻⁶ m)	長さ (mm)	アスペクト比※2	0.05	0.10
PP①	2.2	17.5	10	570	—	○
PP②	17	48.8	20	410	○	○
PP③			30	615	○	—

※1 繊維の太さを表す単位 (1dtex: 長さ10000mの繊維の重さ(g))

※2 長さとの比率 (長さ/換算径)

表-2 コンクリートの配合

配合ケース	PP 繊維の種類	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
				単位量 (kg/m ³)				
				水	セメント	高炉スラグ微粉末	細骨材	粗骨材
配合①	PP①	31.8	49.2	175	388	162	796	825
配合②	PP②	48.3	40.0	145	150	150	744	1144
	PP③							



写真-1 PP 繊維の外観

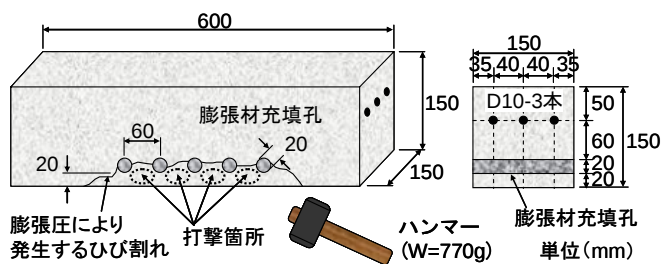


図-1 打撃試験の概要¹⁾

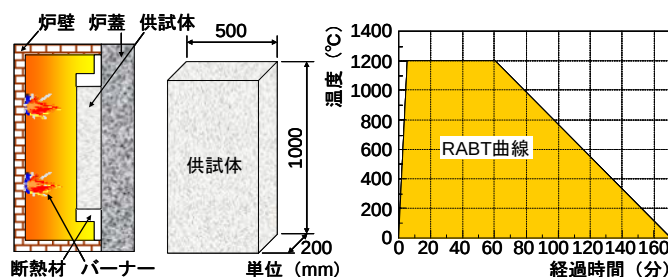


図-2 耐火実験の概要

キーワード ポリプロピレン短繊維、繊維度、はく落、打撃試験、耐火、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 基盤技術部 TEL 03-5769-1322

3. 実験結果

打撃試験結果の一覧を表-3に示す。各PP繊維における打撃回数比の比較を図-3に示す。また、打撃試験後のはく落状況の一例を写真-2に示す。

いずれも打撃回数比が、はく落防止効果の目安となる8倍を超える結果となった。繊維度2.2dtex以上、長さ10mm以上の範囲では、PP繊維を容積比で0.10%混入することで、はく落に対する改善効果が期待できる。

既往の知見によると、外径 $300 \times 10^{-6} \text{m}$ ×長さ12mmのPP短繊維を容積比で0.10%混入することではく落抵抗性が大きく向上するとの報告²⁾がある。また、コンクリート標準示方書によると、はく落を防止するための合成繊維の混入率の目安として、容積比で0.04～0.10%の範囲が示されている。今回の実験結果は、既往の知見と同様な傾向を示した。

繊維度17dtexで長さ20mm以上のPP繊維（PP②およびPP③）を用いた場合は、容積比で0.05%混入することで、はく落抵抗性を付与できた。特に、長さ30mmのPP③は、基準値の3倍以上の打撃回数比となった。

耐火実験後の表面の状況を写真-3に示す。両ケースとも軽微なはく離に抑えられており、十分な爆裂抵抗性を有することが確認された。

4. まとめ

繊維度の小さいPP繊維を用いたコンクリートのはく落抵抗性について打撃試験により検証した結果、以下の知見が得られた。

(1) 繊維度2.2dtex以上かつ長さ10mm以上のPP繊維を容積比で0.10%混入することで、はく落抵抗性を付与できる。

(2) 繊維度17dtexかつ長さ20mm以上のPP繊維を容積比で0.05%混入することで、はく落抵抗性を付与できる。

(3) はく落抵抗性を向上するには、PP繊維の長さを増大することが有効な手段となる。

参考文献

- (1) (社)日本鉄道施設協会：土木工事標準仕様書，東日本旅客鉄道株式会社編，付属書8-10，合成短繊維の添加による剥落防止効果（打撃試験）および分散性確認方法，2010.11
- (2) 細田暁他：合成短繊維添加によるコンクリート片の剥落対策，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.275-280，2003.6

表-3 打撃試験結果

PP繊維の種類	PP繊維の混入率(%) (容積比)									
	0.05					0.10				
	はく落に至る打撃回数 (回)				打撃 回数比	はく落に至る打撃回数 (回)				打撃 回数比
	短繊維無し		短繊維有り			短繊維無し		短繊維有り		
	個別	平均	個別	平均		個別	平均	個別	平均	
PP①	—		—		—	11		118	115.5	8.3
	—	—	—	—		15	14.0	113		
	—		—			16		-		
PP②	34		388		9.9	34		288	294.0	8.6
	29	34.3	430	341.3		29	34.3	216		
	40		206			40		378		
PP③	6		69		27.9	—		—	—	—
	5	5.3	185	148.7		—	—	—		
	5		192			—		—		

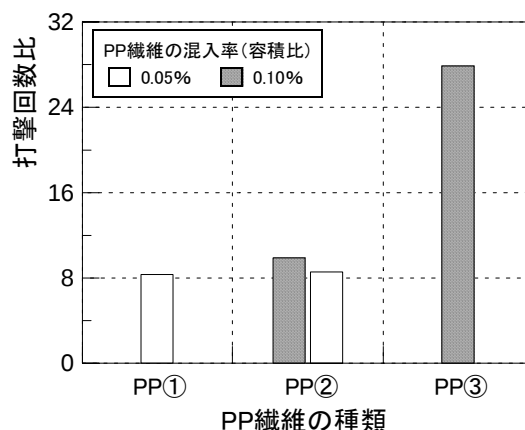


図-3 打撃回数比の比較



写真-2 打撃試験後のはく落状況の例



PP① (容積比で0.10%)



PP② (容積比で0.05%)

写真-3 耐火実験後の表面状況の例