

PET繊維混入RCセグメント実物大耐火実験報告

清水建設（株）土木技術本部	正会員	○林 裕悟
清水建設（株）土木技術本部	正会員	井上啓明
清水建設（株）土木東京支店	正会員	原 忠
（株）サンゴ		石川常夫

1. はじめに

昨今のシールドトンネルでは、建設費コスト削減の観点から、長距離施工や高速施工を要求される傾向にある。これと同様の観点でセグメントについても、幅広化や薄肉化が盛んに図られてきている。しかしこの傾向は、不確定要素の多い施工時荷重に対して不利となるのは明らかであり、各種状況に応じた検討も必要になってきている。このような背景に対応するため、セグメント自体へ再生 PET 繊維¹⁾を混入させ、そのじん性向上効果を利用して施工時の割れ欠けを抑制すべく、各種実験を行ってきた。本報告は、PET 繊維を混入したセグメント実物大試験体を使用した耐火実験により、割れ欠け抑制の他に、耐火性能向上にも寄与するとの確認を行ったものである。

2. 実験概要

耐火セグメント(ポリアセタール：PA 0.2%)の性能はすでに実験で確認済みである。従来のPAの混入を0.2% → 0.1%にして、PET繊維を混入することで、耐火性能を確認するための実物大実験を行う。実物大実験の前に、最適な混入率を見つけるための基礎実験を実施した。基礎実験は表-1の4種類で行い、加熱曲線はRABT加熱曲線60分とした。その結果、耐火性と経済性の両面よりPET繊維を0.3%、PA繊維を0.1%の複合混入が最適とした。実物大実験概要を以下に記す。

表-1 試験体種類

試験体	PET 繊維 (vol.%)	PA 繊維 (vol.%)	爆裂
C-0-0	0	0	有り
C-0-2	0	0.2	無し
C-3-1	0.3	0.1	無し
C-5-1	0.5	0.1	無し

1. PET 繊維 0.3%、PA 繊維 0.1%混入した実物大セグメントを作成 (図-1 試験体構造図、写真-2 混入繊維
表-2 コンクリート配合、表-3 フレッシュコンクリート性状、表-4 混入繊維性状)
2. セグメント供用時と同様の荷重状態を再現できる試験装置を作成(写真-1 実験装置外観)
3. 装置に試験体を設置し、セグメント設計時に使用した導入力を載荷(表-5 導入力)
4. 加熱実験は RABT 曲線 60 分で行い、変形制御は加熱前設計断面力導入時の鉛直変位を加熱中一定に保持
5. 実験翌日に、加熱後再加力を行い、セグメントの曲げ耐力を確認(図-5 加熱後再加力)

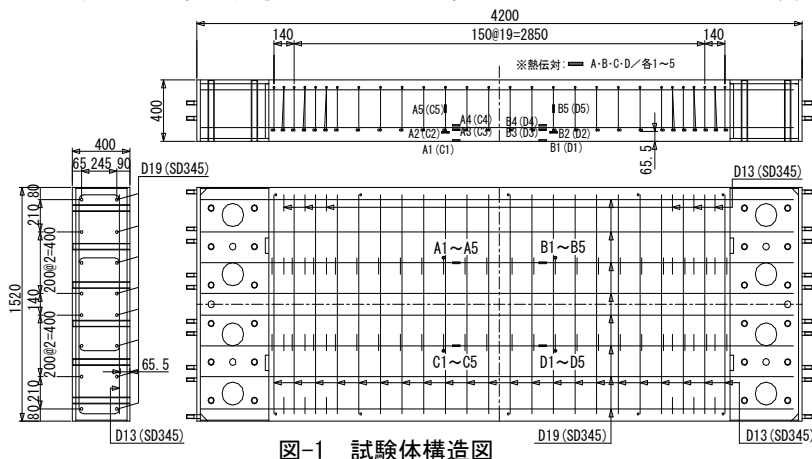


図-1 試験体構造図

長さ：4200mm×幅：1520mm×厚さ：400mm

主鉄筋芯かぶり：88mm・配力筋芯かぶり：72mm・主鉄筋比：0.486%

コンクリート設計基準強度：Fc60N/mm²・鉄筋材質 SD345

爆裂防止用纖維：PA 0.1% PET 0.3%

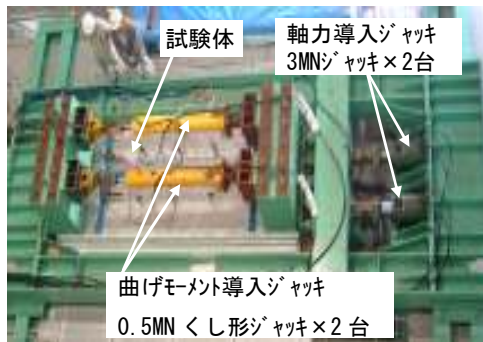


写真-1 実験装置外観



写真-2 混入纖維(PET 纖維)

(PA 纖維)

表-2 コンクリート配合

W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)							
		水 W	セメント C	高炉 スラグ [※]	細骨材 S	粗骨材 G	高性能 減水剤	PET 繊維	PA 繊維
34.9	55.0	148	297	127	1014	835	3.39	3.96	1.87

キーワード：PET 繊維、耐火実物大実験、PA 繊維、設計力導入、加熱後再加力

〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館 TEL (03)5441-0555 FAX (03)5441-0510

表-3 フレッシュコンクリート性状

スランプ	空気量	温度	塩分量
8cm	2.0%	16.5℃	0.044kg/m ³

表-5 導入力(1.52m 当り)

	設定値
軸 力	-5044 kN
負曲げモーメント	-407 kN・m

表-4 混入繊維性状

混入繊維名称	種 類	密度 (g/cm ³)
PET 繊維	PET テフタロン AC-45 (ポリエチレンテフタレート繊維)	1.32
PA 繊維	17dtex×10mm (S-AFR 繊維)	1.41

3. 実験結果

一部に剥離現象は発生したが、加熱面の爆裂は発生しなかった。剥離は、厚さ 15mm 以下と浅く覆工構造に影響は与えないと思われる。(写真-3 参照)

試験体内部温度を図-2、試験体内部鉄筋位置温度を図-3 に示す。測点は A～D までであり、全て同じ温度挙動を示したため、今回は A 測点を添付する。

また、表-6 に加熱面からの熱電対かぶりをまとめた。



写真-3 加熱面状況

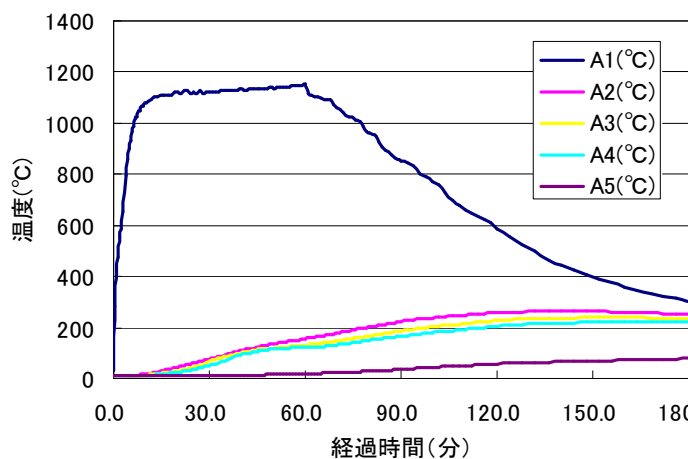


図-2 試験体内部温度

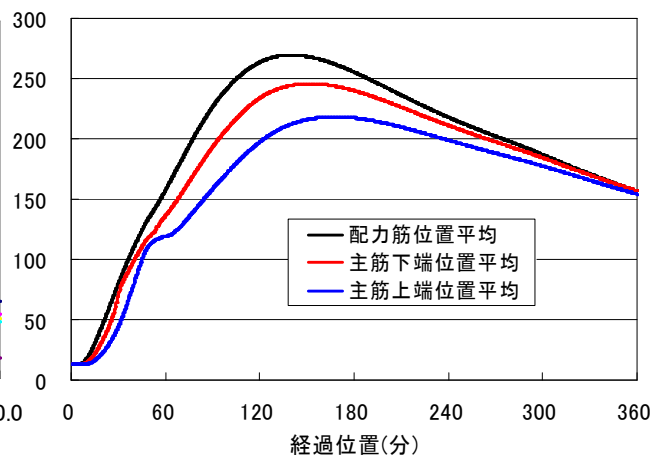


図-3 試験体内部鉄筋位置温度

表-6 加熱面からの熱伝対位置

A1	A2	A3	A4	A5
加熱側表面	配力筋下端 (かぶり 65.5mm)	主筋下端 (かぶり 78.5mm)	主筋上端 (かぶり 97.5mm)	試験体中心 (かぶり 200mm)

4. 考察

PET 繊維を混入した RC セグメントの実物大耐火実験により、以下の知見が得られた。

- ・耐爆裂性状：2 つの繊維混入によって爆裂を防止。一部に剥離がみられたが、覆工構造上に影響無し。
- ・試験体温度：加熱面から 78.5mm (純かぶり) の位置における主鉄筋の最高温度は 300℃以下。かぶり 65.5mm の配力筋位置でも 300℃以下。
- ・耐荷能力：加熱中、加熱後ともに破壊することなく荷重支持能力を維持。加熱後の曲げ耐力は設計値までであることを確認。
- ・両繊維の加熱安全性：両繊維とも加熱時に有害なガスが発生しないことを確認。

以上より、PET 繊維と PA 繊維の複合混入は、耐火性能向上に有効と考える。

参考文献

- 1) 越智恒男、大久保誠介、福井勝則：ファイバーコンクリート用再生 PET 繊維の開発と適用例、トンネルと地下、vol. 36、No. 12、pp. 43-51、2005. 12

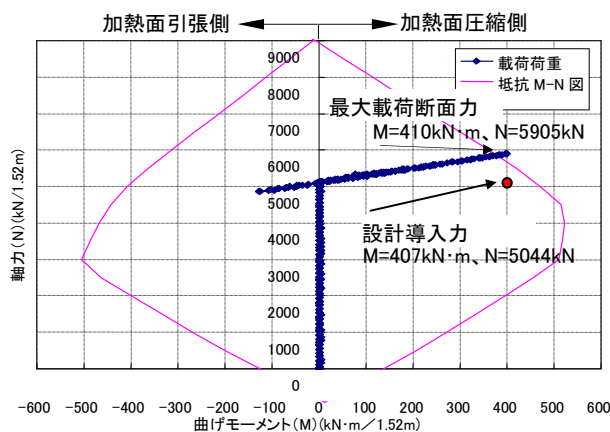


図-4 加熱後再加力