

有機短繊維を混入した耐火型 RC セグメントの適用

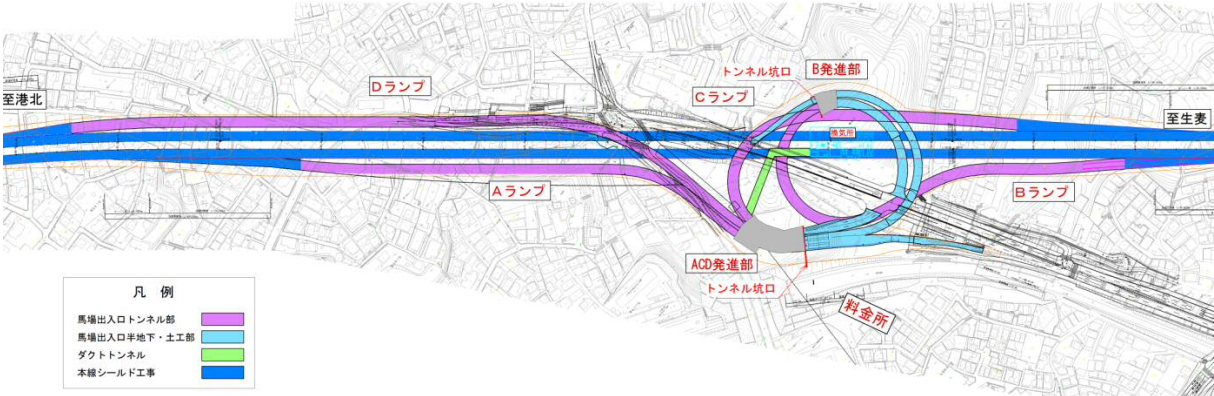
首都高速道路（株）神奈川建設局設計課 正会員 ○西嶋宏介
首都高速道路（株）神奈川建設局設計課 正会員 落合栄司
清水建設（株）正会員 関伸司 谷口禎弘 磯部哲

1. はじめに

首都高速横浜環状北線馬場出入口では、4ランプ（A～D）が構築され、急曲線部ではコンクリート中詰め鋼製セグメント、そのほかの区間では耐火型 RC セグメントを使用する予定である（図－1）。

近年、道路トンネルでは、耐火性を有するセグメントの施工実績が増化しており、セグメントに混入する有機短繊維は、PP（ポロプロピレン）繊維を混入する場合が多く、横浜環状北線本線シールドトンネルでも、PP 繊維を混入した SFRC セグメントにより耐火性能を確保している。

本稿では、馬場出入口で使用予定である、PET 繊維（ポリエチレンテレフタラート）と PA 繊維（ポリアセタール）の双方を混入した耐火型 RC セグメントの採用は初めてであり、その耐火性能を確認した結果について述べる。



図－1 馬場出入口平面図

2. 有機短繊維の特徴

PET 繊維には、爆裂抑制機能の他、RC セグメントの組立時等の施工時荷重によるひび割れや欠け等の損傷抑制効果があることが確認されている¹⁾。PA 繊維は、PP 繊維よりも消失温度が約 50℃低いことや超高強度耐火コンクリート(AFR : Advanced Fire Resistant)の実績等により、爆裂抑制効果が確認されている²⁾。

また、PA および PET 繊維の密度（比重）は 1.32～1.41 であり、水より軽い PP 繊維（密度 0.91）よりも、コンクリート中の繊維の分散性に優れている。各種有機短繊維の物性を表－1 に示す。

表-1 有機短繊維の物性

有機短繊維名	密度 (g/cm ³)	融点 (℃)	消失温度 (℃)	繊維径 (μm)	長さ (mm)	混入量 (vol%)	備 考
PA(Poly acetal)	1.41	165	300～350	41	10	0.1	横浜環状北線 馬場出入口で採用予定
PET(Poly ethylene terephthalate)	1.32	250～260	400(発火点)	700	45	0.3	
参考：PP(Poly propylene)	0.91	170	350～400	17.5	10	0.2	横浜環状北線本線で採用

3. 耐火性能確認試験の概要

耐火工は、セグメント自体に耐火機能を持たせる方法とし、その要求性能は、「常時」と「火災時および火災後」に分類して示しており、検証実験により照査することとした。実験装置の概要図を図－2 に示す。

供試体の寸法は、セグメント本体を模擬して幅 1,520mm×長さ 4,200mm×厚さ 400mm とし、導入断面力は、馬場出入口で実際に発生する負曲げによる圧縮応力度を考慮し、軸力 5,044kN、負曲げモーメント 407kN・m を作用させて実験した。供試体の水セメント比（W/C）は 34.9%，設計基準強度は安全側に 60N/mm² とし、混入した

キーワード シールドトンネル，耐火型 RC セグメント，有機短繊維，PET 繊維，耐火試験

連絡先 〒221-0013 神奈川県横浜市神奈川区新子安 1-2-4 首都高速道路(株)神奈川建設局 TEL 045-439-0734
連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設(株)土木技術本部 TEL 03-3561-3892

有機繊維量は、PET 繊維を 0.3vol%(3.96kg/m³)、PA 繊維を 0.1vol%(1.41kg/m³)とした³⁾。

(1) 爆裂の状況

加熱後の供試体の一部に剥離(深さ 15mm)が生じたが、剥離率(剥離面積と加熱面積の比)は 2.7%程度と軽微であった。

(2) 構造部材の受熱温度

加熱時の供試体内部の温度測定位置図を図-3 に示す。測定は A から D まの 4 断面で行い、図-4 に主筋と配力筋の温度測定結果を示す。この図より、主筋の最高温度は 260℃、配力筋の最高温度は 275℃となり、許容値の 300℃以下であることを確認した。

継手金物および継手アンカーは、実際のセグメントでは、加熱内面から 140mm、170mm の位置に配置予定であるため、図-5 に示す通り直線補間より温度を算定し、継手金物では 170℃(許容値 350℃)、継手アンカーでは 134℃(許容値 300℃)となり、許容値以下であることを確認した。

地山側のシール材については、既往の実験結果より、図-6 に示す測定結果が得られている⁴⁾。このときの測定結果は、セグメント継手部の隙間を 4mm とした時に、坑内側から 120mm で 100℃、内面から 330mm で 60℃となった。馬場出入口で用いる RC セグメントの地山側シール材の位置は、図-7 に示すように坑内側から 287mm の位置に計画しており、直線補間して求めると、68.2℃と算定され、判定基準の 100℃以下であることを確認した。

4. まとめ

本稿では、馬場出入口シールドトンネル部で使用する PET 繊維および PA 繊維を混入させた RC セグメントの耐火試験を行い、十分な耐火性を有することが確認できた。なお、加熱後の供試体については、加熱前の許容応力度に基づく抵抗 M-N 曲線を上回っており、加熱後の供試体は加熱前の供試体と同等の残存耐力を有していることを確認した。

今後は、構造的な性能試験を実施して要求性能を満足することを確認する予定である。

参考文献

- 1)越智, 大久保, 福井: ファイバーコンクリート用の再生 PET 繊維の開発と適用例, トンネルと地下 vol36, No.12, 2005.12
- 2) 森田他: AFR コンクリート工法, GBRC 第 101 号 pp.45~54, (財)日本建築総合試験所, 2001
- 3)林, 井上, 原, 石川: PET 繊維混入 RC セグメント実物大耐火実験報告, 土木学会第 63 回年次学術講演会, VI-pp23, 2008
- 4)森田他: 火災時における RC セグメント継手部のシール温度に関する実験検討, 土木学会第 61 回年次学術講演会, V-pp400, 2006

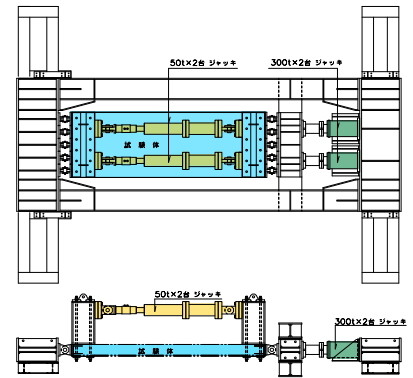


図-2 実験装置概要図

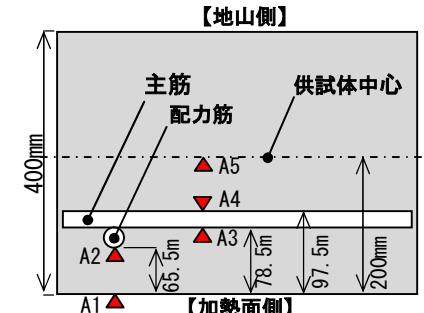


図-3 温度測定位置図

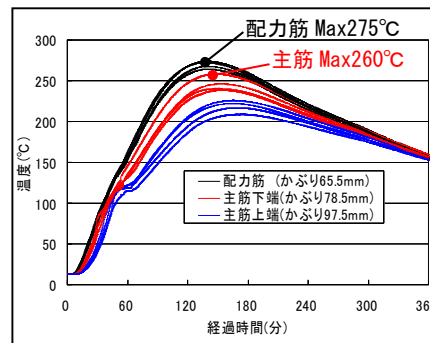


図-4 鉄筋温度計測結果

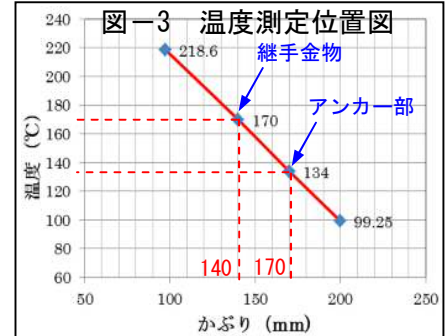


図-5 継手・アンカー部温度

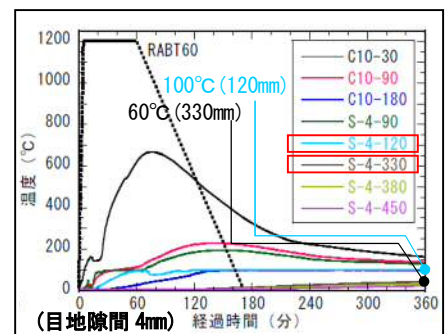


図-6 シール材温度測定結果

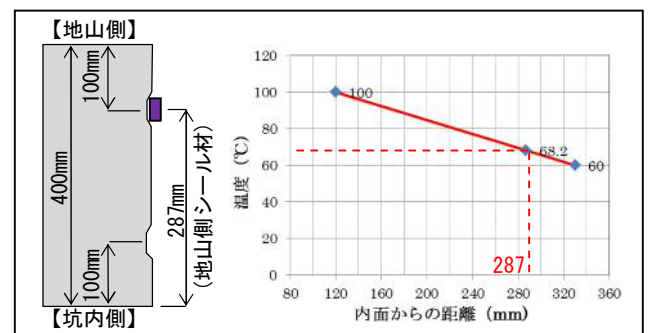


図-7 地山側シール材温度