

トンネルの分岐合流部に使用する現場打ち耐火コンクリートの耐火試験

首都高速道路㈱ 正会員 ○西嶋 宏介
 大林・奥村・西武 JV 正会員 藤井 剛
 (株)大林組 生産技術本部 正会員 屋代 勉
 (株)大林組 技術研究所 正会員 川西 貴士

1. はじめに

首都高速横浜環状北線は、第三京浜道路「港北インターチェンジ」と首都高速道路横浜羽田空港線「生麦ジャンクション」とをつなぐ延長約 8.2km の自動車専用道路である(図-1)。このうち、延長約 5.5km については、掘削機外径 $\phi 12.49\text{m}$ の大断面泥土圧シールドで構築し、シールド区間のほぼ中央に位置する馬場出入口(仮称)部では、地中で本線と出入口を接続するシールド地中拡幅を行う。地中拡幅部の躯体は、図-2 に示す楕円形の構造とし、床版上の道路空間は、スランブコンクリート、高流動コンクリートの 2 種類の耐火コンクリートを用いる予定である。

近年、耐火性を有するセグメントの施工実績は増えているが、現場打ちで施工する耐火コンクリートは実績が無い。そこで、現場受入、立坑内へのコンクリート運搬、坑内運搬、ポリプロピレン短繊維(以下、PP 繊維)投入、打込みの流れを考慮した配合設計を行い、それに基づいて試験体を作製し、耐火性の確認を行った。

2. 耐火コンクリート

分岐合流部に用いるコンクリートの設計基準強度は 40N/mm^2 であり、温度ひび割れの発生を抑制するため、低発熱・収縮抑制型の高炉セメント B 種を使用した。耐火試験は、緻密性が高く、耐火に対する条件の厳しい高流動コンクリート(水セメント比 35%)を対象として実施した。PP 繊維の形状は繊維度 17dtex×長さ 20mm とし、混入率は容積比で 0.1%とした。さらに、現場管理上 20%の変動を想定し、その下限値となる混入率 0.08%のケースも実施した。

試験体は、図-3 に示すとおり現場施工を想定して製作した。スランブフローの経時変化を図-4 に示す。PP 繊維は打込み直前にトラックアジテータに直接投入し、高速攪拌した。なお、実機ミキサーで製造したコンクリート内の PP 繊維の分散性については既に確認済みである¹⁾。

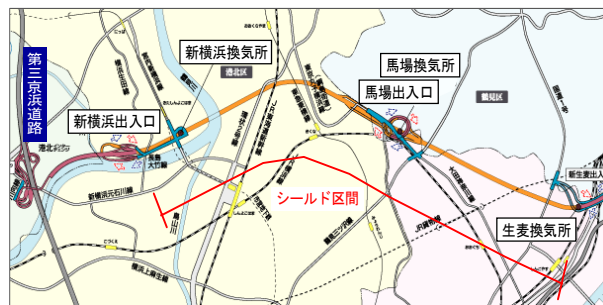


図-1 現場概要説明図 耐火コンクリート施工位置他

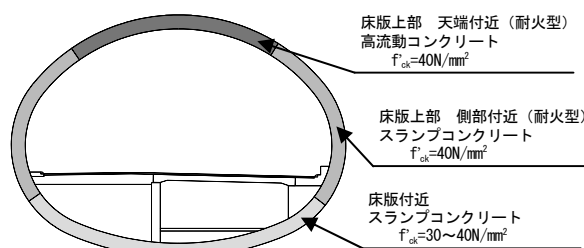


図-2 分岐合流部躯体 概要図

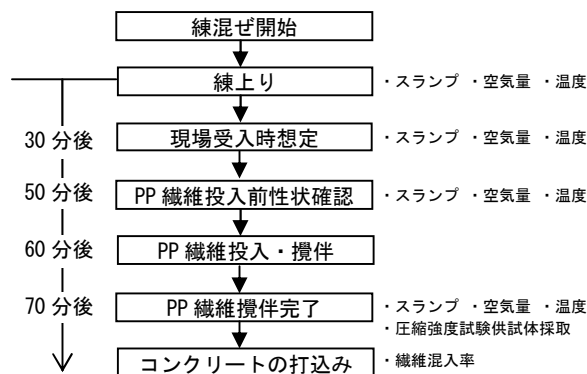


図-3 試験体製作フロー

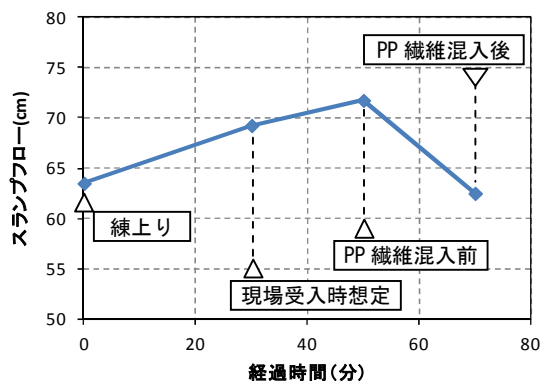


図-4 スランブフローの経時変化

キーワード 現場打ち、耐火性、爆裂、ポリプロピレン短繊維、高炉セメント B 種

連絡先 〒221-0013 横浜市神奈川区新子安 1-2-4 オルトヨコハマビジネスセンター3F TEL 045-439-0734

表-1 耐火試験の概要

加熱条件	概要図	確認項目
1400 1200 1000 800 600 400 200 0 0 20 40 60 80 100 120 140 160 経過時間(分) RABT曲線		①加熱によるコンクリート表面の損傷の程度 ・爆裂の有無(加熱時 CCD カメラによる観察) ・爆裂の深さ ②コンクリートの断面内の温度分布 ③鉄筋の温度(許容温度 300℃以下) ④受熱後の構造物の耐力照査

3. 耐火試験

分岐合流部においてもシールドセグメントと同等の耐火性が求められる。トンネル内で 1200℃にも達する自動車火災が発生しても、トンネルの崩壊を防止し、トンネル利用者が安全に避難でき、また消火活動が行える環境を確保する必要がある。火災時のトンネルの安全性に対してはコンクリートの爆裂による断面欠損が及ぼす影響が最も大きいと考えられる。既往の研究からもコンクリートの圧縮応力度が大きい程爆裂しやすいことが分かっている。そこで、許容曲げ圧縮応力度の 14N/mm²を全断面に作用させた状態で耐火試験を行った。

試験体の寸法は、幅 1,700mm×長さ 1,900mm×厚さ 500mm とした。主鉄筋は内面側を D25, 外面側を D29 とし、芯かぶりを 130mm とした。また、試験体に圧縮応力を作用させるため、PC 鋼棒を 14 本(7 本×2 段)配置した。表-1 に試験概要を示す。

4. 試験結果

耐火試験後の試験体の表面状況を図-5 に示す。PP 繊維の混入率が容積比で 0.1%および 0.08%のどちらのケースにおいても、爆裂は発生しなかった。局所的に表層部のはく離が確認されたが、はく離箇所は加熱面の 1.5%以下であり、平均はく離深さは 1.0mm 以下と極微小の範囲であった。また、加熱時および加熱後に、試験体に崩壊もしくは過大な変形が生じることはなかった。

加熱面からの深さと最高温度の関係を図-6 に示す。両ケースとも温度履歴はほぼ一致しており、鉄筋の温度は許容温度(300℃)以下に十分収まることを確認できた。また、断面内の温度分布から、受熱後のコンクリートと鉄筋の残存強度を算出し、設計断面力に対して応力度照査を行った。その結果、両ケースともコンクリートのほとんどの領域で応力度が設計強度以下であり、鉄筋の応力度が降伏強度以下である

PP 繊維 0.1vol%

PP 繊維 0.08vol%

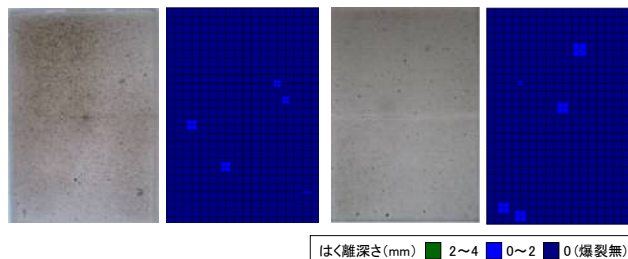


図-5 耐火試験後のコンクリート表面の状況

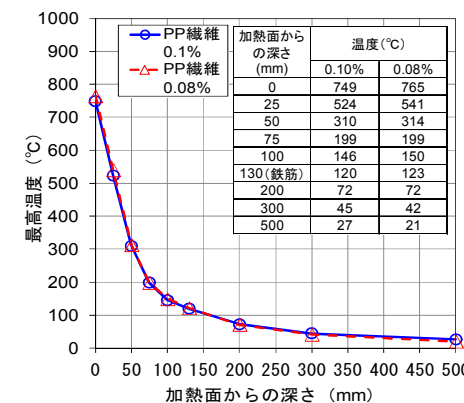


図-6 加熱面からの深さと最高温度の関係

ことが確認できた。

本試験より、今回検証を進めた耐火コンクリートは、分岐合流部の現場打ち部へ適用するにあたり、十分な耐火性を有することが確認できた。

5. おわりに

本稿では、PP 繊維を混入した現場打ちコンクリートについて、最も条件が厳しいと考えられる道路トンネルを対象に耐火性の確認を行った。PP 繊維混入率 0.1%、0.08% (容積比) のいずれのケースにおいても十分な耐火性を確認できたことから、本工事に用いる耐火コンクリートの繊維混入率は容積比で 0.1%とし、下限値を 0.08%として、管理を実施する計画である。

本稿が他の同様な工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 川西, 近松, 屋代, 田坂: 短繊維の後添加および振動締固めがコンクリート中の繊維の分散性に及ぼす影響, 土木学会第 66 回年次学術講演会, 2011