

## 高密度鉄筋下に打込む繊維補強コンクリートの配合選定に関する検討

大成建設株式会社	技術センター	正会員	○松元 淳一
大成建設株式会社	技術センター	正会員	堀口 賢一
大成建設株式会社	東京支店	正会員	川北 潤
首都高速道路株式会社	神奈川建設局		吉田 祥二

## 1. はじめに

首都高横浜北西線は大部分が併設する2本のシールドトンネルで構成され、トンネル区間中の2箇所ですれ交差するUターン路が配置される。このうち、横浜港北ジャンクション側のUターン路②は横浜市から受託した首都高速道路(株)発注の工事として、鉄骨構造にコンクリートを充填する構造で構築された。Uターン路躯体のコンクリートに必要な性能としては、剥落防止、ひび割れ防止、爆裂抑止が挙げられ、有機繊維等をコンクリート材料に混入してこの3つの性能を満足することを目指した<sup>1)</sup>。一方、今回の施工範囲は密に配置された鉄骨の間にコンクリートを充填する構造であることから、有機繊維等の混入に加え、さらに充填性ランク1の高流動コンクリートによる施工が必要であると考えられた。本稿は3つの要求性能を満足させるため有機繊維等を混入した高流動コンクリートの配合選定について示すものである。

## 2. 横浜北西線工事概要

横浜北西線は、東名高速道路横浜青葉インターチェンジと第三京浜道路港北インターチェンジ、首都高速道路横浜港北ジャンクションを結ぶ延長約7.1kmの路線であり、令和2年3月22日に開通した。トンネル構造の約4.1kmのうち約3.9kmをシールドトンネルとして整備を進めた。トンネル区間の途中に出入口はなく、2箇所のUターン路が、災害発生時の緊急車両の到達時間短縮を目的として設置されている。



図-1 横浜北西線工事概要

## 3. 繊維混入高流動コンクリートの配合計画および配合選定

コンクリート品質における要求性能は、供用中にコンクリート片の剥落を防止する剥落抵抗性、火災時に内部の鋼材を保護する役割の爆裂抵抗性、および打込み直後から経年にかけてのひび割れを防止するひび割れ抵抗性が挙げられた。剥落抵抗性および爆裂抵抗性はその性能を向上させるために、コンクリート中にポリプロピレン繊維（以下、PP繊維）を混入した。PP繊維の種類としては、それぞれの要求性能に適した繊維を2種類混入する方法もあったが、投入誤り等の人為的ミスをなくすため、剥落抵抗性、爆裂抵抗性の双方の用途を兼用している、繊維径64.8μm、繊維長12mmのPP繊維（写真-1）を混入した。コンクリート1m<sup>3</sup>当たりのPP繊維混入量は、剥落抵抗性の確保に必要な量として0.05vol.%（0.455kg/m<sup>3</sup>）以上、爆裂抵抗性に必要な量としては0.165vol.%（1.5kg/m<sup>3</sup>）以上であるため、多い方の1.5kg/m<sup>3</sup>と定めた。ひび割れ抵抗性については、PP繊維混入の他に、セメントに低熱ポルトランドセメントを採用し、膨脹材を15kg/m<sup>3</sup>混入してひび割れ防止の対策とした。

施工範囲は鋼材の最小あきが100mm程度と高密度鉄筋の部分や下方から上方への圧入施工があることから、使用するコンクリートは自己充填性ランク1相当の高流動コンクリートとした。なお、PP繊維はプラントで混入はできない



写真-1 ポリプロピレン繊維

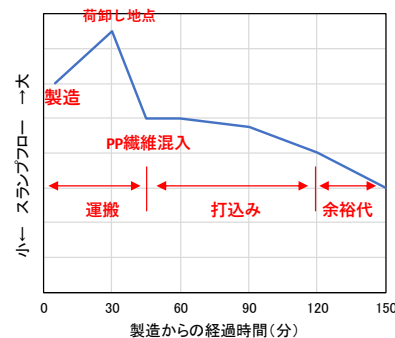


図-2 配合選定の方針

キーワード 繊維補強高流動コンクリート、ポリプロピレン繊維、爆裂抵抗性、剥落抵抗性、ひび割れ抵抗性

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL045-814-7228

制約条件であったため、荷卸し地点で混入することとした。したがって、コンクリート可使用時間は、図-2 に示すように、運搬、PP 繊維混入・攪拌、打込みにさらに余裕代を加えた 150 分として経時保持性を高めることとした。表-1、表-2 に使用材料および決定配合をそれぞれ示した。

図-3 に PP 繊維混入高流動コンクリートのスランプフローの経時変化を示す。施工管理において、練混ぜから打込み完了までの時間はコンクリート標準示方書〔施工編〕に準拠し、120 分としているが、ここでは、余裕代を含めた 150 分までのコンクリートの性状変化について確認した。試験は、4m<sup>3</sup> のコンクリートを積載したドラムを常時低速回転させたアジテーター車から所定の時間で試料を採取し、試験に供した。なお、製造から 30 分後（現場着相当）に PP 繊維を投入し、2 分間の高速攪拌を行った。ドラム内の PP 繊維の分散性については、アジテーター車前方、中央、後方のそれぞれで繊維混入率試験を行い、いずれも設計値の 100 ±20% の適正な範囲内にあり、1m<sup>3</sup> あたりに含まれる PP 繊維の各採取位置での重量差は、最大で 0.03kg と分散性は高い結果を示した。

PP 繊維を所定量混入することによるスランプフローのロス量は約 100mm と大きく、高流動コンクリートの横方向への流動を繊維が拘束していると考えられた。繊維混入によるロス量が 100mm 程度であっても、現地施工条件では、PP 繊維混入後の高流動コンクリートの充填性は、ランク 1 相当は確保し、かつ経時 150 分まで保持性を高めておく必要があった。したがって、繊維混入前、すなわち現場到着時点のスランプフローは、写真-2 に示すように、材料分離せずに 800mm 程度を確保し、そのコンクリートに対して PP 繊維を混入して 700mm 程度とする方法がよいと考えられた。スランプフロー保持については、高性能 AE 減水剤のタイプを遅延形にすることで対応できた。なお、コンクリート中の空気量は、材料混入に伴う高速攪拌の影響を受けると考えられたが、混入前後で変化は認められなかった。

#### 4. 爆裂抵抗性確認加熱試験

表-2 の配合で製作した Φ150×300 の円柱供試体に対して RABT 加熱曲線（最高温度 1200℃、燃焼時間 60 分）による加熱試験を実施した。写真-3 に加熱後の供試体状況を示す。一部で軽微な表面剥離があったが、爆裂と判断できる損傷は認められなかった。これらより、今回選定した PP 繊維混入高流動コンクリートは耐火性能を十分有していることが確認できた。

#### 5. まとめ

ポリプロピレン繊維（繊維径 64.8 μm、繊維長 12mm）を混入した高流動コンクリートの配合を選定し、打込み完了後約 1 年経過した中で、ひび割れや剥落は認められておらず、高品質のコンクリート構造物が構築できた。

**参考文献** 1) 斎藤ほか 耐火対策と剥落防止の 2 種類の有機繊維を混入した RC セグメントの耐火性能、土木学会第 70 回年次学術講演会、平成 27 年、9 月

表-1 使用材料

材料	使用材料/産地
セメント	低熱ポルトランドセメント 密度:3.22g/cm <sup>3</sup>
混和材	膨張材 密度:3.16g/cm <sup>3</sup>
細骨材	山砂 千葉県君津市産 密度:2.61g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	砕石2005 山梨県大月市産 密度:2.62g/cm <sup>3</sup>
混和剤	高性能AE減水剤 遅延形 ポリカルボン酸系
PP繊維	ポリプロピレン繊維 密度:0.91g/cm <sup>3</sup> 繊維径:64.8 μm, 繊維長:12mm

表-2 コンクリート配合

W/C (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						PP繊維 (kg/m <sup>3</sup> )
	水 W	セメント C	膨張材 Ex	細骨材 S	粗骨材 G	高性能 AE減水剤	
30.2	175	565	15	914	734	1.60%	1.5

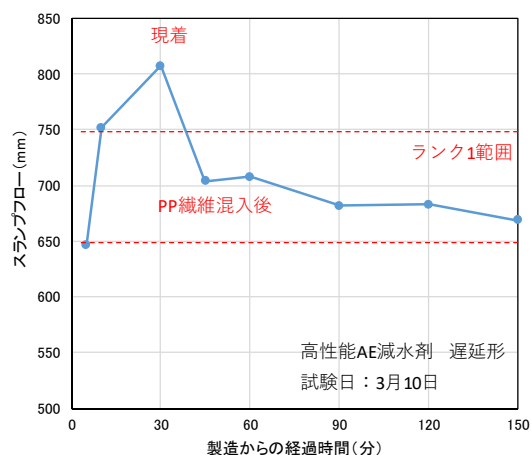


図-3 スランプフローの経時変化

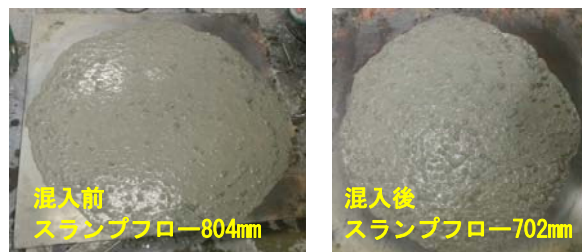


写真-2 PP 繊維混入前後の状況



写真-3 加熱後の供試体状況