

## 低セメント量の高流動コンクリートを採用した覆工の施工事例

(株)大林組 九州支店 下屋形トンネルJV工事事務所 正会員 ○原口 雄人  
 (株)大林組 九州支店 下屋形トンネルJV工事事務所 正会員 永松 雄一  
 新成建設(株) 下屋形トンネルJV工事事務所 非会員 佐藤 陽亮  
 国土交通省 九州地方整備局 大分河川国道事務所 建設監督官 古原 正人

### 1. 工事概要

大分 212 号下屋形トンネル新設工事は、地域高規格道路である中津日田道路の一部を構成する三光本耶馬溪道路 (L=12.8km) の一区間に計画された完成 2 車線道路トンネルを新設する工事である。掘削箇所の地質は、大分県北部地方に広く分布する凝灰角礫岩を主体とした比較的安定した地質が想定された。工事概要を表-1 に示す。

表-1 工事概要

項目	内容
工事名称	大分 212 号下屋形トンネル新設工事
発注者	国土交通省九州地方整備局大分河川国道事務所
施工場所	大分県中津市本耶馬溪町跡田
工期	平成 29 年 1 月 13 日～平成 32 年 3 月 31 日
施工者	大林・新成特定建設工事共同企業体
工事内容	トンネル工 (NATM) [発破掘削方式] ・トンネル掘削 L=1,322.0m ・覆工 L=1,333.5m・インバート工 L=723.8m (内空断面積 93m <sup>2</sup> ～134m <sup>2</sup> )

### 2. 覆工コンクリートの特徴・技術的課題

トンネル覆工においてコンクリートの締固め作業は、検査窓から身を乗り出してバイブレーターを操作する等、振動・騒音を伴う苦渋作業である。さらに天端部の締固め、検査窓閉鎖後は不可能となり、十分な締固めは困難な状況にある。また、覆工コンクリートの仕上がりは、作業員の技量による部分が大きく、今後熟練作業員の確保が困難となる状況が想定される中、安定した品質の構造物を継続的に構築していくことが課題となっている。この課題を解決するため、締固め作業を必要とせず自己充填性および材料分離抵抗性に優れた低セメント量の高流動コンクリートの採用を計画、実施した。

### 3. 解決策とその技術的根拠

#### (1) 高流動コンクリートの概要と選定

高流動コンクリートは、高い自己充填性、材料分離抵抗性を有することで、作業員の技量によらず型枠内に確実に充填できるため、充填不良といった不具合を未然に防止できる。さらに、締固め作業が不要なため、覆工の打設作業に従事する作業員低減による生産性向上、作業に伴う振動・騒音を排除し作業環境を改善することができる。今回適用した高流動コンクリート(ニューロクリート Neo®)は、特殊増粘剤を添加することで、セメント量を増やすことなく高流動コンクリートを製造できるものである。表-2 に今回適用した高流動コンクリートの配合条件、目標品質を示す。コンクリート標準示方書施工編、土木学会高流動コンクリートの配合設計・施工指針

表-2 高流動コンクリートの配合条件および目標品質

項目	支保パターン		準拠した基準	
	Cパターン	Dパターン		
配合条件	設計基準強度	18N/mm <sup>2</sup> 以上	30N/mm <sup>2</sup> 以上	仕様書
	粗骨材の最大寸法	40mm以下	25mm以下	同上
	単位セメント量	270kg/m <sup>3</sup> 以上	340kg/m <sup>3</sup> 以上	同上
	水セメント比	60%以下	60%以下	同上
	繊維混入率	-	0.3Vol%	同上
目標品質	スラブルフロー	60±10cm		仕様書高流動指針
	500mmフロー到達時間	3～15秒		同上
	充填高さ	30cm以上(ランク3)		同上
	空気量	4.5±1.5%		仕様書
	圧縮強度	設計基準強度以上		同上
曲げ靱性	-	・荷重-たわみ曲線が設計基準線4.1kNを下回らない ・曲げ靱性係数が1.4N/mm <sup>2</sup> 以上		同上

および特記仕様書に準じて設定した。本工事では、支保パターンにより覆工コンクリートの配合条件が異なるため、C、Dパターンの2種類の配合を選定した。選定した配合を表-3 に示す。事前の試験練りにおいて、表-2 に示すフレッシュコンクリート品質および圧縮強度が確保できることを確認した配合である。

キーワード 山岳トンネル、高流動コンクリート、生産性向上

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ (株)大林組 TEL 03-5769-1319

表-3 適用する高流動コンクリートの配合

適用工種	配合種類	自己充填性ランク	セメント種類	粗骨材の最大寸法(mm)	スラブフロー(cm)	空気量(%)	W/C(%)	s/a(%)	単用量(kg/m <sup>3</sup> )				補強繊維(Vol%)	減水剤	特殊増粘剤(g/m <sup>3</sup> )
									W	C	S	G			
C II	高流動コンクリート 18-60-40BB	ランク3	BB	40	60±10	4.5	54.9	51.0	161	293	932	923	-	SP	60
D I、D III	高流動コンクリート 30-60-20BB	ランク3	BB	20	60±10	4.5	50.9	55.2	173	340	970	810	0.3	SP	60

※SP:高性能AE減水剤

## (2) 流動実験の実施

本工事では、D 区間において非鋼繊維を混入した高流動コンクリートを適用する。鉄筋の配置された覆工を、非鋼繊維の混入した高流動コンクリートで施工した事例や検証実験のデータは少なく支障物がある断面において十分な充填、材料分離抵抗性を有しているかを確認する必要があった。そこで、実物大の壁部材に高流動コンクリートを打込む流動実験を実施し検証した。壁部材は本工事の配筋条件が最も厳しいパターン(DIIIw-3、断面厚さ 600mm、主筋:D19@200mm、配力筋:D16@300mm、複鉄筋構造)を想定した鉄筋の寸法・配置とし、流動距離は実施工と同じ延長となるよう 6.2m とした。実施状況を写真-1 に示す。型枠端部からコンクリートを流し型枠内に充填した。打設完了後、側壁部に空気泡は確認されず、流動勾配は約 1/31 であった。流動先端の試料による洗い試験の結果、配合と同等の粗骨材の含有が確認でき、高い材料分離抵抗性を有することが検証できた。



写真-1 流動実験実施状況

## (3) 現場での適用結果

高流動コンクリートの適用により覆工コンクリート打設の際の人員を 2 名程度削減でき、人員削減につながった。さらに、バイブレーターの振動・騒音がないため作業環境も改善された。セントルに作用する圧力として当社の実験結果を参考に 0.08Mpa を想定し製作を行った。

仕上がりについて、高流動コンクリートは基本的に締固めを実施しないため、天端部分の流動縞が出るのが想定された。このため、美観性向上を目的として型枠パイプを 16 台配置し、天端部の打設開始から終了までの間に 3、4 回稼働させた。覆工コンクリート脱枠後の状況を写真-2 に示す。外観については、充填不良やひび割れ等は見られない。また、天端部についてコンクリート流動による縞模様もみられず一様な品質のコンクリートを施工できた。



写真-2 覆工コンクリート全景

## 4. まとめ

覆工の施工に高流動コンクリートを採用することで、打設時の人員削減による生産性向上、作業環境の大幅な改善を検証することができた。しかしながら、圧力については、今後多くのデータを収集しセントルの設計に反映させることが課題と考える。本報文が同様な工事の参考となれば幸いである。