

## 覆工コンクリートの品質及び出来映えの向上

東京土木施工管理技士会  
奥村組土木興業株式会社

監理技術者

森田 敏之<sup>○</sup>

Toshiyuki Morita

現場代理人

服部 孝行

Takayuki Hattori

吉戸 嘉浩

Yoshihiro Yoshito

### 1. はじめに

鉄道トンネルの覆工コンクリートのはく落事故に端を発し、近年では、コンクリートの早期劣化やはく落などによって、コンクリート構造物に対する信頼性が低下してきている。このような状況から、コンクリート構造物に対する発注者からの要求は、品質・耐久性だけでなく出来映えについても求められるようになってきた。また、品質確保の観点から入札方式に総合評価方式が採用されているが、低価格受注によって所定の品質が確保できないような事例も見られるようになっている。

宮崎県では、高速道路（東九州自動車道）整備による地域活性化への期待が大きく、地元住民を含め、知事や県・市・町など公共団体からの関心が高いことから、本工事に対する注目度が高かった。このような状況から、当工事での主要工種の一つである覆工コンクリートについて施工段階での不具合を発生させない工夫が必要であった。ここでは、覆工コンクリートで実施した施工での問題点の抽出、改善事例について紹介する。

#### 工事概要

当工事は、北九州市を起点として鹿児島市に至る東九州自動車道約436kmのうち門川IC～日向IC間に位置する延長1,223mの暫定二車線トンネルを構築するものである。

工事着工前に、近隣のトンネル工事（3工事）の覆工コンクリートにジャンカや空隙が生じ、再度施工するという事案があり、覆工コンクリートの構築にあたっては、入念な事前検討を行い、検討結果に基づく丁寧な施工、セントル脱枠後の調査に基づく施工の改善が必要とされた。工事概要を以下に示す。

- (1) 工事名：東九州自動車道  
日向第一トンネル工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社  
九州支社（延岡高速道路事務所）
- (3) 工事場所：宮崎県東臼杵郡門川町大字門川尾末  
～宮崎県日向市大字日知屋
- (4) 工期：平成19年3月17日～  
平成21年9月1日（900日）



写真-1 坑口の写真

- (5) 工 種：施工総延長 1,517m  
 トンネル延長1,223m土工延長294m  
 トンネル掘削工法 NATM発破工法  
 補助ベンチ付き全断面掘削工法

## 2. 現場における課題・問題点

覆工コンクリートに発生するひび割れ・変状の発生要因は、「使用・環境条件」、「材料」、「施工」の3つに大別できる。事前検討で予測された変状を以下に示す。

### (1) ひび割れ

ひび割れはセトル脱型後、コンクリート表面の急激な温度低下や表面乾燥によって発生する。初期の段階では貫通しないが、経年により貫通する恐れがある。また、打ち込み速度が速すぎたり、締固めが不足することによって生じる沈下ひび割れも懸念された。

表-1 トンネルで生じやすいひび割れ

原因	ひび割れの状況図
乾燥収縮 支保工の沈下など	
急速な打ち込み	
部材両面の温・湿度 差セメントの水和熱	
コールドジョイント (打重ね時間間隔オーバーや締固め不足など)	

### (2) コールドジョイント

打ち重ね時間が一定時間を超えると、その箇所ではコンクリートが一体化しないため、漏水やひび割れへとつながる恐れがあった。アーチ部に生じた場合、経年によりコンクリート片がはく落する危険性が高い(図-1)。

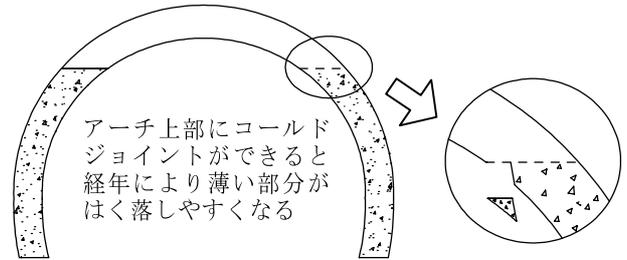


図-1 コールドジョイントに起因するはく落

### (3) 締固め不足

セトル内は、目視確認しながら締固め作業が行いにくく(写真-2)、とくに天端部は、締固め不足になりやすいため、はく離(写真-3)やマーブル模様が生じる恐れがあった。また、一部鉄筋区間ではコンクリートの流動性が低い非鋼繊維コンクリートを打設するため、ジャンカや内部空洞なども懸念された。

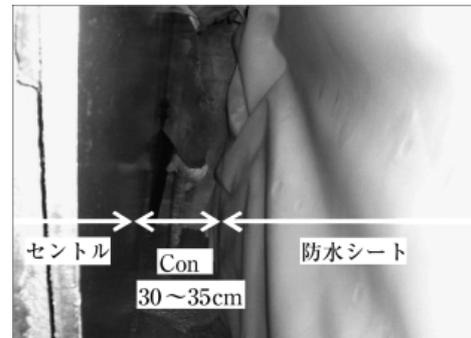


写真-2 セトル内の締固め状況

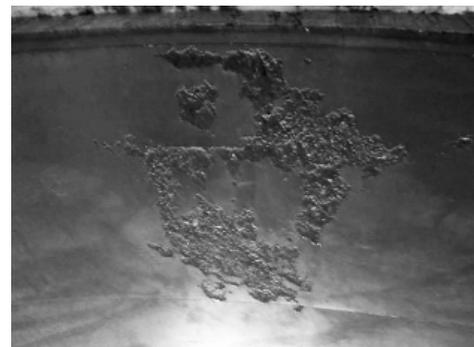


写真-3 不具合例(表面はく離)

### 3. 対応策と適用結果

「2.」で示した課題・問題点への対策を表-2に示す。予測された変状と対策から、施工においては、使用するコンクリートの配合、締固め方法、養生方法について工夫する必要があった。

表-2 予測された変状と主な対策

要因	変状	対策
使用・環境条件	部材両面の温度・湿度差によるひび割れ	セントルダウン後、表面の急激な乾燥や温度低下を抑制する。
材料	セメントの水和熱	セントルダウン後、表面の急激な温度低下を抑制する。
	沈下ひび割れ	天端付近を締め固める。 配合の改善
施工	締固め不足	パイプレータを均等に掛ける。
	沈下ひび割れ	打ち込み速度を制限する。
	コールドジョイント	配合の改善

#### (1) 配合の工夫

##### ① 繊維補強材の採用

打設するコンクリートは、単位セメント量がT1-1で275 (kg/m<sup>3</sup>)、T3-1で352 (kg/m<sup>3</sup>)、巻立て厚さも300~400mmと大きかった。このため、水和熱による体積変化だけでなく、覆工内外面の湿度差に起因するひび割れへの抵抗性も向上させる必要があった。

対策の容易さ、はく離・はく落防止効果を期待し、コンクリートの靱性が改善できる繊維補強材の添加を対策として採用した。支保パターンD区間では、設計段階で「非鋼繊維覆工コンクリート (T3-1)」が採用されているが、それ以外の区間で使用する配合T1-1にビニロン短繊維を0.1 (vol%) 混入した。以下の表-3にコンクリート (繊維) の配合を示す。

表-3 繊維補強コンクリートの配合

配合	使用箇所	繊維の種類	投入量	投入時間 (攪拌時間)
T3-1 (18-21-20BB)	D区間 鉄筋区間	クラテック RF4000	17.6kg (/4.5m <sup>3</sup> )	180秒 (60秒)
T1-1(F) (18-20.5-40BB)	C区間 鉄筋無区間	ビニロン RECS100	5.85kg (/4.5m <sup>3</sup> )	70秒 (120秒)
T1-1 (18-18-40BB)	C区間	---	---	---

写真-4が繊維の投入状況である。繊維が入った箱をセットし専用の振動機でブローアを用いてミキサー車に投入を行なった。



写真-4 繊維投入状況

##### ② 流動化剤の使用

覆工コンクリートの施工では、圧送後でも高い流動性を保持し充填性の高いコンクリートが要求された。また、坑口部の鉄筋区間だけでなく、覆工全区間について繊維補強材が添加された粘性の高いコンクリートを使用するため、ジャンカや空洞などが懸念された。このため、圧送や繊維補強材投入によるスランプの低下を考慮し、スランプを15cmから18cmへ増大させた。流動化剤の添加によって凝結が遅延でき、コールドジョイント防止にも有効であった。



写真-5 流動化剤投入状況

繊維補強材が投入されたコンクリート (ベースコンクリート) について現場試験によりスランプ値を確認し、流動化剤を添加 (写真-5) した流動化コンクリートに対しても現場試験を行ない、性状 (材料分離性) を確認し打設した。

表-4 流動化剤の配合

配合	使用箇所	繊維の種類	投入量	攪拌時間
T3-1 (18-21-20BB)	D区間 鉄筋区間	レオビルド NP80	2.4ℓ (/4.5m <sup>3</sup> )	90秒
T1-1(F) (18-20.5-40BB)	C区間 鉄筋無区間	レオビルド NP20	1.6ℓ (/4.5m <sup>3</sup> )	90秒
T1-1 (18-18-40BB)	C区間	レオビルド NP20	1.86ℓ (/4.5m <sup>3</sup> )	90秒

## (2) 締固めの工夫

### ① 天端部分の締固め

天端部の引き抜きバイブレータによる締固めは、コンクリート充填後に目視確認できないことや、費用対効果などから、採用しなかった。確実な締固めを行うため、作業員がセントル内へ入り、目視で締固め状況を確認する方法を採用した。

### ② 型枠バイブレータの使用

充填状況を確認しながら締固めを行うだけでは、検査窓の設置間隔（60cm）や棒状バイブレータの挿入状況から、十分に締め固められない恐れがあり、棒状バイブレータと型枠バイブレータ（12台）（写真-6）を併用した。加振時間を15、20、25秒に替えて仕上がり状態を比較した結果、加振20秒が最も良好であった。

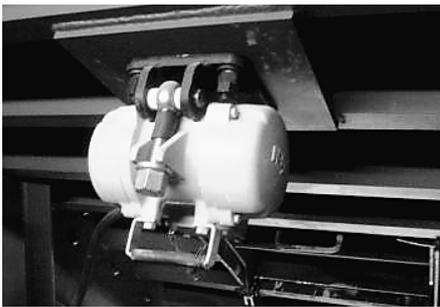


写真-6 型枠バイブレータ設置状況

## (3) 養生の工夫

### ① 被膜養生剤の散布

トンネル坑内は、坑口付近を除き湿潤状態に保たれているので付加的な養生は行わないことが多いが、乾燥によるひび割れを防ぐために、養生剤による養生を採用した。とくに切羽貫通後は湿度が大幅に低下するため、養生剤の噴霧は必要不可欠であった。噴霧状況を写真-7に示す。



写真-7 被膜養生剤の散布（噴霧台車使用）

また、切羽の貫通によって坑内の温度が急激に低下した場合、覆工コンクリートのひび割れが生じやすいため、保温養生または給熱養生を行うこととした。保温養生はセントルをシートで覆い（写真-8）、給熱養生ではジェットヒーターを使用した。養生方法の選定においては、養生開始時の坑内の温度、真夜中の最低温度を基準に選定した。



写真-8 シートによるセントルの保温養生

## 4. おわりに

工事着工前に、他の現場で生じた問題点を収集し、対策の施工計画への反映、対策実施時の工夫・改善というサイクルを回せたことが、問題解決へつながったと考える。特に、覆工コンクリートの施工においては、

事前検討による問題の抽出 → 対策の立案  
→ 対策の実施・施工の工夫 → 施工の改善

というプロセスを1スパンごとに繰り返し、現場全体で情報を共有することで、小さな問題に対しても迅速かつ的確に対応できたと考える。

発注者にも覆工コンクリートの仕上がりに対して、大変満足してもらうことができた。また、地元住民への見学会を数回開催し、普段見ることのできない施工中のトンネル内を見学していただき、土木工事に対して興味を持たれ、身近に感じていただけたと思う。この結果、地元の皆さんが協力的で、順調に工事を行える結果へと繋がったと考える。