

## セントル2台による型枠養生が覆工コンクリートの品質に及ぼす効果

飛島建設 大阪支店 正会員 ○日下 慎也  
 飛島建設 九州支店 木下 倫孝  
 飛島建設 土木技術部 佐々木 和人  
 飛島建設 土木技術部 正会員 熊谷 幸樹

### 1. はじめに

山岳トンネルの覆工コンクリートの施工では、コンクリート打設完了後 12~20 時間でセントル型枠を早期に取り外していることが多い。この場合、コンクリートは若材齢で、圧縮強度は 2N/mm<sup>2</sup>程度と推定されることから、セントル型枠の取外し時期(以下、脱枠時期とする)は、養生条件を現場条件と合わせた供試体による強度試験から決定することとなっている。一方、筆者らは、脱枠時期での強度不足や急激な乾燥および温度変化に起因したひび割れ等の初期欠陥の発生防止を目的として、覆工コンクリートの施工に 2 台のセントルを導入し、脱枠時期を 64 時間以上確保して脱枠時の圧縮強度(以下、脱枠強度とする)の向上を図った。本報では、2 台のセントルによる覆工コンクリートの施工概要と品質に係る測定結果について報告する。

### 2. トンネル工事および覆工コンクリートの施工概要

#### (1) トンネル工事の概要

2 台のセントルを導入して覆工コンクリートを施工したトンネル工事の概要を表-1 に示す。

トンネルは 2 車線道路トンネルで、代表的な DI-b パターンの掘削および仕上り断面積は、それぞれ 64.2m<sup>2</sup>、51.8m<sup>2</sup>である。上半内空仕上り半径は 4.42m で、覆工厚さ 0.3m の上半単心円である(図-1)。覆工の施工延長は、隣接工区を含む 1,911m であった。

#### (2) 覆工コンクリートの施工概要

覆工コンクリートは、セントル長 10m の 2 台のセントルを用いて図-2 に示す手順で交互に施工し、脱枠時期を 64 時間以上確保した。セントル間の離隔距離は、約 100m を基本とした。

施工した全スパン数は 197 スパンである。コンクリート配合は、坑口部 DIIIa 区間の 5 スパンが 24-15-20BB、それ以外の配合は 21-15-40BB である。なお、全てのコンクリートに、打継ぎ部等での剥離や剥落の発生を防止するため、体積比 0.05% で非鋼繊維を添加した。

### 3. 施工状況および品質に関する測定結果

#### (1) 施工状況の測定結果

覆工の施工時期は 2016 年 5 月 30 日 ~ 2018 年 5 月 19 日にかけての約 24 ヶ月間であった。期間中の坑外の気温、打設箇所の坑内気温および現着時のコンクリート温度は表-2 に示す。

表-2 より、打設箇所の気温は坑外の

気温と同様に変動し、0℃以上 37℃以下であったことが分る。また、コンクリート温度は 8~30℃であった。

キーワード 覆工コンクリート、セントル、型枠養生、品質

連絡先 〒108-0075 東京都港区港南 1-8-15 Wビル 4F 飛島建設 TEL : 03-6455-8327

**表-1 工事概要**

工 事 名 称	原子力災害制圧道路等整備工事 (仮称) 新大島トンネル 犬見工区	
工 事 場 所	福井県おおい町犬見地先	
工 期	2014年7月8日~2019年3月25日	
発 注 者	福井県 (嶺南振興局小浜土木事務所)	
施 工 者	飛島・西村・山本・羽崎 特定建設工事共同企業体	
工 事 内 容	トンネル延長	L=1,891m (全長L=2,280m)
	掘削断面積	55m <sup>2</sup> ~75m <sup>2</sup>
	掘削工法	上半先進ベンチカット工法
	掘削方式	発破工法
運 搬 方 式	タイヤ方式 (トンネルコンテナ工法)	

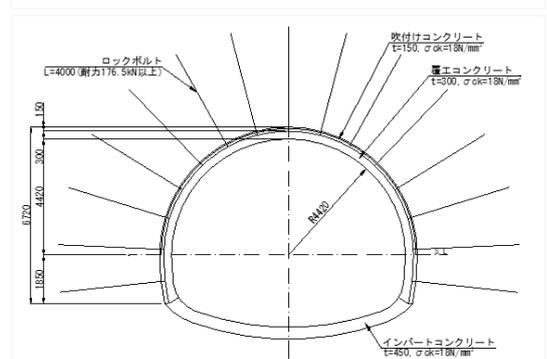


図-1 支保パターン図: DI-b

施工日	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	...
1号セントル	打設	64時間以上 セントル型枠による養生		脱枠・据付	打設	64時間以上 セントル型枠による養生		脱枠・据付	...
2号セントル		脱枠・据付	打設	64時間以上 セントル型枠による養生		脱枠・据付	打設	...	...

※脱枠時期≧8時間(打設日)+24×2時間+8時間(脱枠・据付日)=64時間

図-2 覆工コンクリートの施工手順

表-2 施工環境に係る測定結果

	坑外の気温(°C)		坑内の気温(°C)		コンクリート 温度(°C)
	最高	最低	最高	最低	
最大値	35.2	28.0	37.0	29.7	30.0
最小値	0.9	-3.4	4.2	0.1	8.0

※坑内の気温は、打設スパンの外気温を示す。  
 ※コンクリート温度は単位水量測定時のコンクリート温度を示す。

(2) 覆工コンクリートの若材齢における圧縮強度

配合：21-15-40BB の若材齢試験を実施し、材齢 64 時間で確保できる脱枠強度を確認した。図-3 に試験結果を示す。なお、試験供試体の気中養生温度は 20°C であった。

図-3 より、材齢 64 時間でのコンクリートの圧縮強度は、養生温度 20°C の場合で 7.4N/mm<sup>2</sup> となり、標準的な脱枠強度 2~3N/mm<sup>2</sup> に対して 2.4 倍以上の強度を確保できる。

(3) 覆工コンクリートの仕上り状況と材齢 28 日の圧縮強度

写真-1 に 2 台のセントルによる施工状況を、写真-2 に覆工コンクリートの仕上り状況を示す。

施工では 2 台のセントルを用いた交互打設により、全ての打設スパンで脱枠時期として 64 時間以上を確保した。脱枠・セントル移動時の目視観察により、全スパンにおいて脱枠時には剥離・剥落、ひび割れ等の初期欠陥の発生がないことを確認した。また、竣工時に実施したひび割れ調査では、全スパンでひび割れ等の変状は脱枠以降も発生していないことを確認した。

次に、配合：21-15-40BB の覆工について、シュミットハンマによる材齢 28 日の推定圧縮強度の結果を表-3 に示す。

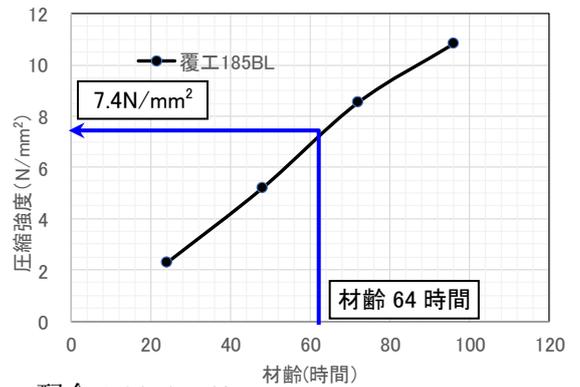
表-3 より、材齢 28 日の推定圧縮強度の平均値：25.2N/mm<sup>2</sup>、最小値：21.4N/mm<sup>2</sup>、最大値：30.8N/mm<sup>2</sup>、標準偏差 2.0N/mm<sup>2</sup> であることから、呼び強度(21N/mm<sup>2</sup>)以上を確保できていることが確認できた。なお、セントル脱枠後、気泡緩衝シートを特殊加工した養生専用シートにより材齢 28 日まで保湿養生を行ったことから、圧縮強度の向上は、型枠養生と脱枠後の保湿養生等との複合的な効果であることに留意する必要がある。

4. おわりに

通常、山岳工法の覆工コンクリートは、打設した翌日に養生時間 12~20 時間でセントル型枠を取り外すことが多い。このため、脱枠強度の不足や急激な乾燥等によりひび割れ等の初期欠陥が発生するリスクがあった。この問題に対して、施工延長の長短や工事規模の大小から導入には制約はあるものの、2 台のセントルを使って交互に覆工コンクリートを施工し、64 時間以上の十分な型枠養生を実施することが可能となった。これにより、7N/mm<sup>2</sup> 以上の脱枠強度を確保し、ひび割れ等の初期欠陥のない覆工コンクリートを構築し、ひび割れ等の発生を抑制できることが確認できた。

参考文献

1) 土木学会：2016 年制定トンネル標準示方書化[山岳工法編]・同解説、pp.188-199、2016。



・配合：21-15-40BB  
 ・材齢 28 日での圧縮強度：24.9N/mm<sup>2</sup>

図-3 若材齢での圧縮強度



写真-1 覆工コンクリート打設状況



写真-2 覆工コンクリート仕上り状況

表-3 圧縮強度測定結果

配合：21-15-40BB		
設計基準強度(N/mm <sup>2</sup> )	18	
呼び強度(N/mm <sup>2</sup> )	21	
施工スパン数	192	
推定圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	最小値	21.4
	最大値	30.8
	平均値	25.2
	標準偏差	2.0