

作業員の熟練度に依存しないトンネル施工方法の確立

国土交通省中部地方整備局 正会員 加藤 隆雄
(株)大林組 正会員 ○渡辺 匠
(株)大林組 正会員 黒川 尚義

1. まえがき

トンネル工事における安全、品質、工程、利益を確保するための現場運営は、作業員の能力および熟練度に大きく依存している現状がある。今後、建設作業従事者は減少を続け、経験豊富な熟練作業員の確保は非常に困難となることが予想される。作業員の熟練度に依存する部分を技術で補い少なくすることができれば、作業員の能力・熟練度に依存しない、つまり誰がやっても出来上がる“もの”の品質を確保できる施工方法の確立が可能と考えた。そこで作業員の熟練度に依存しないトンネル施工方法の確立を目指し、以下の3項目について取り組んだ。

- (1) 覆工施工に高流動コンクリートの採用
- (2) 切羽作業における5人同時通話無線機の採用
- (3) 鋼製支保工を有する支保パターンでのコンピュータジャンボ（自動削孔誘導システム）の採用

2. 覆工

2-2 覆工作業の現状

覆工の施工は、セントルといわれる移動式の鋼製型枠を使用し、ワーカビリティを確保した最も経済的なコンクリート（スランプ15cm程度）を狭小箇所にも人力で締固めを行いながら充填するのが一般的である。その際、トンネルの断面の形状上SL下部はエアが抜けにくく表面気泡が発生しやすい。また天端部分の仕上げにおいては、締固めの技術が美観および充填性に大きな影響を与えてしまう。覆工の締固め作業は、過酷な作業環境の中、天候や運搬時間等様々な要因で変動するコンクリートの性状に対して、臨機に対応して適切に行わなければならないため、高い熟練度が必要となる。

2-2 覆工コンクリートの高流動化

覆工に締固め作業が不要な低セメント型の高流動コンクリート（ニューロクリートNeo）を開発し採用した。従来の高流動コンクリートは、材料分離抵抗性を確保するため、単位セメント量を大幅に増加させる必要があった。この場合、材料コストの増大や温度ひび割れの発生リスクが増加するため、トンネル全線での使用は現実的でなかった。ニューロクリートNeoは、特殊増粘剤と市販の高性能AE減水剤を用いて普通コンクリートと同等のセメント量のまま高い流動性と自己充填性が確保できる。



写真-1 覆工仕上がり状況

本工事では、ニューロクリートNeoをトンネル全線に使用する計画である。

実施工においては、十分な流動性により型枠の隅々までコンクリートの充填ができており、バイブレータによる締固めが不要であることが確認できた。SL下部に生じやすい気泡や天端部分の縞模様は非常に少なく美観に関しても向上がみられた。

ニューロクリートNeoを使用することで、作業員の熟練度に依存せずに良好で安定した仕上がりを実現することができた。さらにバイブレータによる締固め作業が不要となったことから、トンネル特殊工を6人から4人に減らしての施工を可能とした。

キーワード：トンネル、高流動コンクリート、コンピュータジャンボ、生産性向上

連絡先 〒431-3906 静岡県浜松市天竜区佐久間町浦川 2906 三遠東栄トンネル工事事務所 TEL053-966-6011

3. 切羽作業におけるコミュニケーション

3-1 従来のコミュニケーション手法

トンネル掘削時の切羽近傍では、常に防塵マスクを着用し、重機の騒音の中作業しているため、作業員同士が的確な連絡・合図、会話を行うことが非常に困難な環境である。

掘削作業中に何かを伝える場合は、大声で叫ぶか身振り手振りのジェスチャーしかない。それで伝えきれない場合は、作業を中断するか、相手のすぐ傍まで行って耳元で会話を行うことになるため、作業の効率は低下する。

切羽作業は、長年経験を積んできたメンバーのあうんの呼吸で成り立っている作業が多く、効率よく作業を進めるためには熟練度が必要になる。

3-2 5人同時通話無線機の採用

作業員全員が同時に会話によるコミュニケーションをとることを可能とするために、5人同時通話無線機の使用を試みた。マイクは喉の振動を音声に転換する咽喉マイクを採用し、防塵マスクを着用したまま周囲の騒音を拾わずに拡声可能なものとした。イヤホンは骨伝導イヤホンを採用した。これは、聴神経に振動を伝える方式であり、周囲の騒音に邪魔されにくいという特長がある。

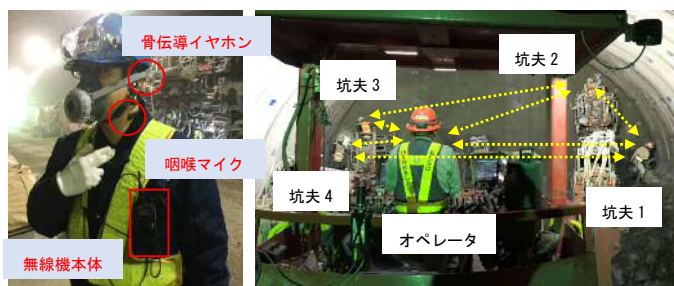


図-1 無線機使用状況

図-1に無線機の適用例として鋼製支保工の建込み作業の状況を示す。開発した無線機を使用すれば、オペレータに動かして欲しい方向、微妙な調整を音声で伝えることができるため、高い精度での指示・誘導が可能となり、作業効率および安全性が向上する。

4. 鋼製支保工を有する支保パターンでのコンピュータジャンボの採用

4-1 コンピュータジャンボの概要

コンピュータジャンボは、削孔パターンの情報に基づいて削孔の自動誘導を行うことが可能な機械である。削孔パターンは任意に作成が可能であり、地山の状態や断面の大きさ等で使い分けることができる。

トンネル掘削において余掘りを低減することは、経済的にトンネルを施工する上で非常に重要である。余掘りの程度を決定する削孔作業は、作業員の技術と経験、作業の正確性が求められる。

コンピュータジャンボは、本来覆工コンクリートロス率低減のため、鋼製支保工のないCⅠパターンでの使用が一般的であるが、当工事では吹付コンクリートの低減に着目してCⅡパターンにおいて採用した。

4-1 コンピュータジャンボの使用と効果

図-2は通常の発破掘削とコンピュータジャンボを使用した場合の発破掘削の断面形状の比較を示している。コンピュータジャンボを使用することで余掘り量が約40%低減していることから、コンピュータジャンボを使用することで余掘り低減のための熟練度の差を無くすることが可能である。

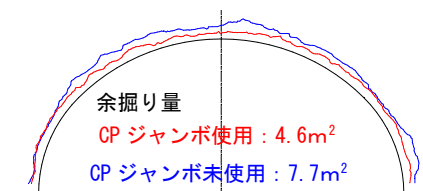


図-2 発破後の掘削断面形状

5. まとめ

経験豊富な熟練作業員の減少、新たな担い手不足が予想される背景の中、作業員の熟練度・技術に依存せず最終的に出来上がるものの品質を確保する施工方法の確立を目指した取り組みは、同時に作業効率の向上が見込めることから、「生産性の向上」や「働き方改革」にも直結する技術である。高流動コンクリート、同時通話無線機は、あらゆる土木分野に適用が可能であり、本工事の取り組みが普及の手助けになれば幸いである。