

狭小断面のトンネル掘削への取り組みについて

(株) 大林組 黒藤川トンネル工事事務所 正会員 久下 敦, ○伊藤 憲男

(株) 大林組 生産技術本部トンネル技術部 正会員 元村 亜紀, 西浦 秀明, 渡辺 淳

四国電力(株) 愛媛支店 技術部 非会員 荻山 和樹, 壬生 和也 田中翔太

1. はじめに

山岳トンネルの水路トンネルは、狭小な断面が一般的である。狭小であることから、レール工法が採用されることが多く、施工機械やレールの本数などは、掘削断面に依存してくる。一方で、安全性を確保するために、避難場所や、離合場所などは、掘削時の拡幅や立入禁止などにより、施工延長ごとに設定することになる。とくに、10m²以下の狭小断面では、レール設置後の安全通路などの確保ができないのが現状である。本報文は黒藤川発電所の導水路トンネルである、狭小断面でのトンネル掘削事例について、述べる。

2. 工事概要

本工事の工事概要を表-1、代表断面を図-1に示す。本トンネルは掘削断面8.3m²、全幅2.7m、拡幅断面でも掘削断面10.7m²、全幅4.0mと狭小断面となっている。

表-1 工事概要

工事名称	黒藤川発電所建設工事に係る土木建築工事
発注者	四国電力(株)
受注者	㈱大林組
工事場所	愛媛県上浮穴郡久万高原町黒藤川
工期	2021/6/1～2024/9/30
工事概要	取水堰堤:堤高6.0m、堤頂長22.3m
	水路トンネル:延長576.3m
	水槽:幅4.0m、延長19.1m
	水圧管路:内径900mm、延長1,301.9m
	発電所:延べ床面積199.5m ² 、高さ10.9m

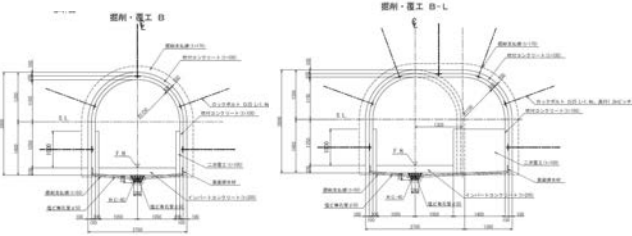


図-1 標準部・拡幅部代表断面

3. 狭小断面トンネルの課題

上記の断面に施工機械が入った状況を写真-1に



写真-1 標準部掘削状況

示す。狭小であることから、ひとたび重機が入ると、安全通路が確保できない状況になる。そこで、トンネル坑内での重機との接触が、安全上の課題となった。安全を確保するための対策を次に述べる。

4. 安全対策

本工事で行った安全対策を以下に示す。

①坑内車両の削減

施工において必要な車両機械を削減することができない中で、坑内運搬する車両編成の削減に取り組んだ。一般的な山岳トンネルでの施工では、トラックミキサーやアジテーター車で生コンクリートを運搬し、吹付機の後方に配置し、吹付けする。本工事では乾式吹付を採用している。これにより、吹付けコンクリートをプレミックスコンクリートの状態で骨材運搬車に投入し、吹付機の後方に連結し、同時に運搬をする。現地で、水や急結材と練り混ぜながら吹付を行う。また、吹付けコンクリートの運搬を同時に行うことができ運搬回数を減らすことができる。吹付け車両編成を写真-2に示す。



写真-2 吹付け車両編成

キーワード 水路トンネル, 狭小断面, レール工法, 乾式吹付, 電流値解析
連絡先 〒791-1801 愛媛県上浮穴郡久万高原町柳井川字落出 920 番地 3 TEL 0892-54-2005

乾式吹付けコンクリートの配合例を、表-2 に示す。

表-2 吹付けコンクリートの配合

配合 No.	強度 (N/mm ²)	W/C (%)	S/a (%)	単位重量(kg/m ³)					
				水 W	セメント C	細骨材 S1	混和材 S2	粗骨材 G1	低減剤 Ad
C360-(1)	σ28≧18	55.6	60.0	200	360	970	50	686	0.36

②電流値解析による切羽作業の見える化

本トンネルの施工はレール工法であるため、トンネル切羽で使用する重機は切羽直近の分電盤につながっている。元村ら¹⁾は、使用機械により電流値の出力波形が異なることに着目し、電源ケーブルの電流値から AI 解析によって掘削作業を検知するシステムを開発している。この分電盤につながったケーブルに流れる電流値より重機を判別し、1 分毎に「ジャンボ穿孔」「ずり出し」「吹付」「その他」に分類する。作業毎の電流値の例を図-2 に示す。

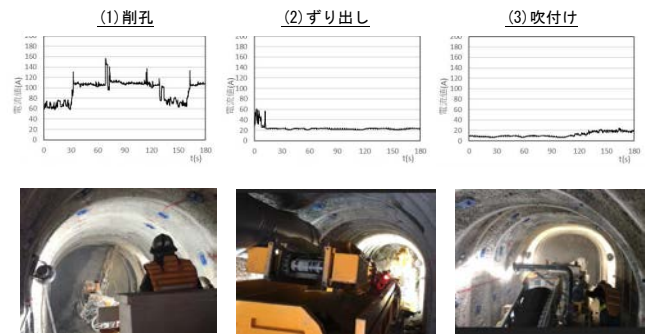


図-2 作業毎の電流値の例

a. WEB 観覧システム

電流値 AI 解析によって検知された切羽作業状況を WEB で閲覧できるシステムである。図-3 に示すように WEB 画面には、電流値 AI 解析によ



図-3 web 観覧システムと direct 通知例

て検知された最新の作業が「現在の作業」として表示されるほか、過去 24 時間のログが「過去の作業」としてタイムラインに表示される。同時に新しい作業を検知した時や、標準作業時間を経過した際に、ビジネスチャットシステム「direct」やメールにより通知されるため、WEB 画面を開かなくても、作業状況を把握することができる。

b. トンネル坑口への切羽作業状況の明示

電流値解析の結果を坑口に表示することにより、
・トンネル坑内作業従事者は切羽作業状況の把握による坑内の車両運行状況の把握
・発注者等の来客が立ち入りできるかどうか
などが、判断できる。本トンネルでは、狭小断面で、トンネル延長が 600m 程度であることから、坑内で重機の離合をせずに坑外で重機の入れ替えをしている。このため、各作業の開始時間を把握することで、坑内で車両の移動がない時間帯が判断できる。一方で、「その他」となっている場合は、電流値解析をしていない。つまりは分電盤に重機がつながっていない状態となり、重機は切羽もしくは坑外へ移動していることになる。坑口部での明示状況を写真-3 に示す。



写真-3 坑口部モニター

6. まとめ

本技術は、狭小断面での安全を確保した施工事例である。本報文が、同様なトンネルの施工の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 元村ほか；電流値AI解析を用いたトンネル掘削状況可視化システムの現場適用，土木学会全国大会第77回年次学術講演会，V-475