

37. 小断面トンネルTBM工法におけるずり搬出システム

佐藤工業(株)：*北村 昭久，佐々木俊明
名村 均

1. はじめに

中小規模の水力発電所を短期間にかつ経済的に開発するためには、中小水力発電所総工事費の大きなウエートを占めている導水路トンネル工事のコストダウンを図ることが重要な課題である。

中小水力の導水路トンネルに関しては在来工法に比べ安全で急速施工が可能なトンネルボーリングマシンを用いた工法（以下、TBM工法と記す）による施工事例が最近増加している。

しかし、 $\phi 3\text{m}$ 未満の小断面トンネルでは作業空間と汎用機械寸法の制約上、単線軌道方式が採用されており、ずり搬出と資材搬入の同時作業ができないほか、搬送距離が長くなるほど作業効率が悪くなる。さらに掘削距離が長くなると離合場所を一定間隔で設置しなければならない等の急速施工を阻害する問題点がある。

本稿では、このような問題点を解決するため、複線方式を採用した新しいずり搬出システムを開発したので、「小断面トンネルTBM工法におけるずり搬出システム」と、実施工に適用した事例を報告する。

2. 工事概要

本工事は、既設大長谷第一発電所の老朽化に伴う再開発計画であり、河川の有効利用の観点から計画された。発電計画は、富山県婦負郡八尾町地内において、神通川水系井田川(大長谷川)に新設の取水設備を設置し、既設大長谷第五発電所の放水とを合わせて最大 $6.00\text{m}^3/\text{s}$ を取水し、延長約 5.3km の導水路にて有効落差 15.2m を得て、最大出力 $7,500\text{kw}$ の発電を行うものであり、発電後は既設仁歩発電所の中山調整池上流に放流する。本工事は、このうちの導水路をトンネルにより築造するものである。

工事名称 新大長谷第一発電所建設第一工区(導水路トンネル)工事

工事箇所 富山県婦負郡八尾町庵谷～薄尾

発注者 富山県企業局

主要工種 本坑トンネル掘削工(TBM工法 $\phi 2.8\text{m}$, 6.2m^2) L=4928m



図-1 トンネルルート図

3. 急速施工の課題

小断面トンネルにおいて急速施工を行うためには、掘削ずりの搬出と資材の搬入を効率よく行う必要がある。特に、小断面TBM工法においては作業空間と汎用機械寸法の制約があり、一般的に単線軌道方式が採用されている。

単線軌道方式では、次のような問題点があった。

- ① 単線軌道方式のため、掘削ずりの搬出作業と資材の搬入作業が相互干渉するほか、搬送距離が長くなるほど作業効率が悪くなり、掘削進行が低下する。
- ② このような場合、人力掘削などによる拡幅掘削で離合場所を一定間隔で設置することも行われているが、この拡幅作業に時間を要する。

以上のことから、離合場所を設置せず、ずり搬出車両の入れ替えができ、資材の搬入も同時にできる方法として、複線方式のずり出しシステムを検討することとした。

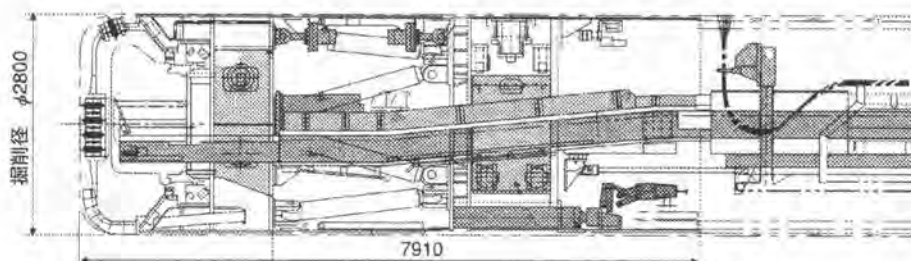


図-2 φ2.8mTBM

4. 複線方式のずり出しシステムの検討

単線軌道方式を採用してきた理由は、シャトルカーを使用することで、TBM-ストロークのずり出しを一回ででき、また、積み込みのベルトコンベアは短く、張り出し部のサポートが不要であるからである。しかし、汎用機械のシャトルカーでは小断面トンネルにおける複線軌道方式は困難なため、複線方式のずり出しシステムは、複数のずり鋼車を連結して使用することを基本とした。

複線でずり鋼車により、TBM-ストローク分のずり出しを一回の積み出しだけで行おうとする場合、複数のずり鋼車を連結することにより、積み込みのベルトコンベアは長くなり、支持しなければならなくなる。カーブ施工に対応すると同時に支持点も少なくするため、ずり鋼車の幅はできる限り広くし、連結長を短くする必要がある。

積み込みのベルトコンベアの支持方法は、通常、門型台車に搭載する方法、または、ローラーハンガーで吊下げる方法があるが、門型台車に搭載する方法は、資材台車侵入を考慮すると、門型の柱部分を断面上確保しなければならないため、ずり鋼車の幅を広くすることはできない。一方、ローラーハンガーで吊下げる方法は、ローラーハンガーの盛替え作業が頻繁に発生し、作業効率が悪くなる。また、支保パターンの変化により、内空断面は不連続に変化するため、ベルトコンベアの線形調整が必要になる。さらに、地山の強度により、十分なアンカー力が確保されない危険性もある。

以上のことから、ずり鋼車がベルトコンベア下部に侵入していない場合は、下からベルトコンベアを支持し、侵入している場合は、鋼車で支持する方法を開発することが課題となった。

5. ずり搬出システムの概要

5-1 ずり搬出システムの概要

新しいずり搬出システムは、積み込みベルトコンベアの支持方法を開発したことにより、複線軌道方式とずり鋼車方式で構成される。積み込みベルトコンベアの支持方法は、小断面用の特殊ずり鋼車とコンベア受け台車で、トンネル半断面片側に配置したベルトコンベアを受け替えながら支持する方法である。

- ① ベルトコンベアの下部両側に支持用部材としてトンネル方向に溝型レールを設置する。
- ② コンベア受け台車は、上部に支持ローラを装備させ、前記溝型レール内にかみ合わせるようにし、複数の受け台車を伸縮式台車連結部材（パンタグラフ）によって相互に連結する。
これにより、コンベア受け台車は進行方向の区間長さが可変自在となる。
- ③ 特殊ずり鋼車は、上部に支持ローラを装備させ、前記溝型レールの下部を受け、ベルトコンベアの支持が可能な構造とする。
- ④ コンベア受け台車の最後部と特殊ずり鋼車の最前部を連結する構造とする。
これにより、ずり鋼車をコンベア受け台車の最後部に連結させることにより、ずり鋼車の進入に合わせてコンベア受け台車間隔は伸縮する。

以上のように、ベルトコンベアは、コンベア受け台車と特殊ずり鋼車の分担により、支持されることから、ずり鋼車の幅は広くでき、また、ローラーハンガーで吊下げる方法のように、盛替えが不要になり、効率的かつ安全にずり積みおよび搬出作業が行うことができるようになる。

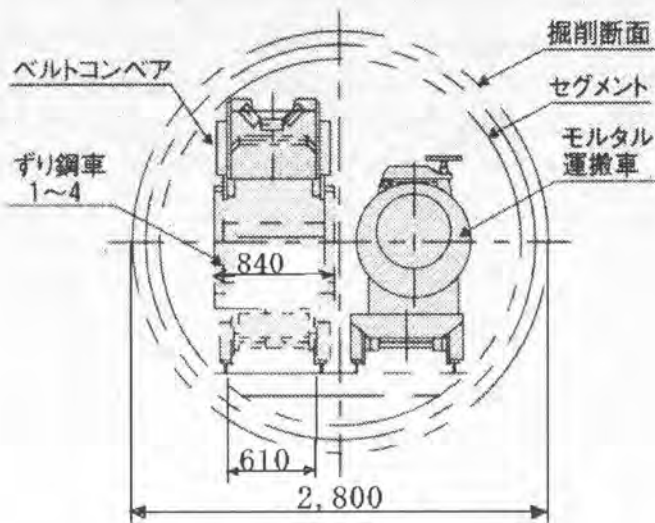


図-3 トンネル断面図

5-2 施工順序

施工順序を下記に、図-4に施工順序図を示す。

①ずり積込開始

坑外から搬入したずり鋼車を“③ずり積込終了”の状態のベルコン受け台車に連結し、ベルトコンベアの支持をずり鋼車で分担しながらTBM側方向へ移動する。

②ずり積込中

掘削と同時にずり鋼車を坑口側へ移動させ、掘削ずりを鋼車に均等に積み込む。

③ずり積込終了

ずり鋼車とベルコン受け台車を切り離し、ずり鋼車を坑外へ搬出し、掘削ずりを排出する。

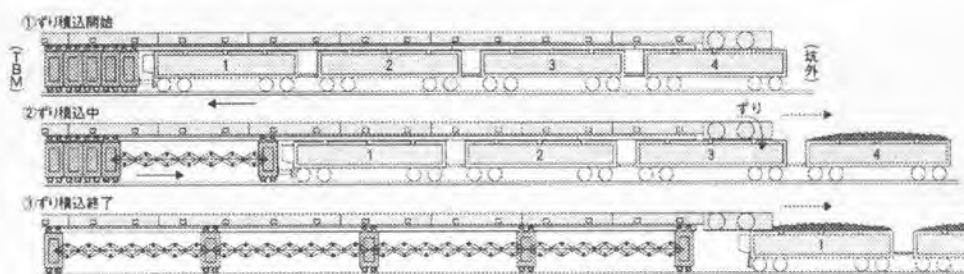


図-4 施工順序図

6. 導入効果

「小断面トンネルTBM工法におけるずり搬出システム」を導入した結果、計画通り、掘削ずり搬出と資材搬入が効率よく行えた。さらに、先進ポーリングやTSPなどの切り羽前方探査が比較的容易にできた。その結果、平均月進381m、最大月進701m、最大任意月進785mを達成し、いずれもトンネル進行の日本新記録を更新することができた。

7. おわりに

「小断面トンネルTBM工法におけるずり搬出システム」は、小断面トンネルにおける複線軌道方式を可能にし、上記の導入効果を得た。今後は、CCDカメラによる監視システムで連続監視しは行っていたが、ずり鋼車停止位置検出、積み込み量の検出等無人化施工に向けて開発を進めていく考えである。