

## 22.5%の急勾配シールドトンネル工事の設計・施工

関西電力(株) 鈴木 崇 末廣 巖太郎  
(株)熊谷組 正会員 國領 優 ○福井 一貴

## 1. はじめに

本工事は、(株)神戸製鋼所の火力発電所建設に伴い、その供給設備となる 275kV 地中送電線設備を建設するものである。そのうちルートの北端となる新神戸変電所までの約 1.5km をシールド工法による洞道新設を行うが、本シールド(セグメント内径 $\phi$ 3,000mm)は発進地点から到達地点である新神戸変電所まで約 120m の高低差を有するため急勾配区間が必要不可欠となる。

本報文では、22.5%の急勾配区間を約 350m 有するシールドトンネル工事の設計・施工の概要について記述する。

## 2. 設計

## 2-1. 地質概要

本シールドトンネル周辺の地質は、中生代の花崗岩類を基盤とし、これを覆って新生代第三紀鮮新世～第四紀更新世の大阪層群，更新世の段丘堆積物および完新世の沖積堆積物が分布する。ボーリング調査により、発進立坑から約 400m までの土砂地盤は非常に締まった玉石混じりの砂礫層で、最大 $\phi$ 300mm 程度の玉石の混入が想定された。一方、土砂地盤北端から約 1100m は六甲花崗岩を基盤とするものの、深度が浅くなるほど風化が進行しており、一軸圧縮強度は最大 1MN/m<sup>2</sup> 程度と低強度であり、ひん岩の貫入が多くみられる。地質縦断面図を図 1 に示す。

## 2-2. 線形計画

発進地点と到達地点の標高差は 117m (掘進距離: 1468m) あり、一定勾配の場合、平均勾配は約 8.0% となる。一般的にシールド工法では坑内運搬に軌道方式を採用するが、安全衛生規則により上限勾配が 5% で制約される。本シールドトンネルで、この勾配を上限とした縦

断面線形を設定すると、到達立坑が 70m 以上の大深度となるため施工は困難となる。そこで 5% 以下の緩勾配区間をできるだけ長く設定し、段取り替のための水平区間を設けた後、22.5% の急勾配で岩盤内に到達する縦断面線形を設定した(図 1 参照)。

## 3. 施工

## 3-1. 施工計画

本シールドでは、泥水式シールド工法と比較した結果、玉石の対応および岩盤区間での掘進が有利であり、またビットの摩耗も少なく、騒音・振動においても低減できるという理由から泥土圧シールド工法を採用した。また、リボン式スクリーコンベアおよびクラッシャーにより、 $\phi$ 300mm 程度のまま岩塊を排土できるようにした(図 2 参照)。

掘削土砂の運搬については泥土圧シールド工法で一般的なズリ鋼車やベルトコンベアでは急勾配区間においては安全性・工程面から困難で

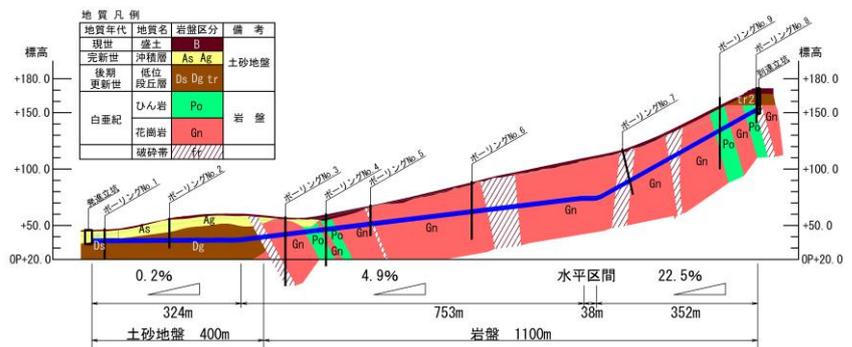


図 1 地質縦断およびシールド縦断線形図

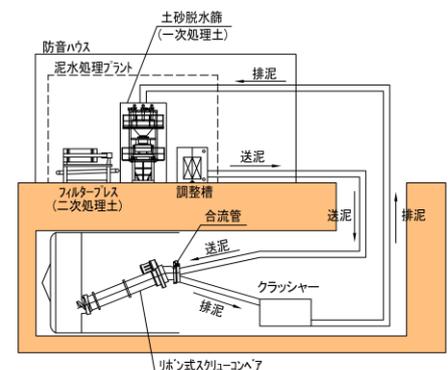


図 2 加水式土砂運搬方式 模式図

キーワード 22.5%急勾配, 泥土圧シールド, 加水式土砂運搬方式, 自動水平セグメント台車  
連絡先 〒550-0004 大阪府大阪市西区靱本町 1-11-7 5F (株)熊谷組 関西支店 TEL 06-6225-2226

表1 掘削土砂運搬方式 比較表

	圧送方式	加水式土砂運搬方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スクリーコンベア排土口に圧送ポンプを設置</li> <li>・ポンプを直列に配置して発進基地まで圧送</li> <li>・土砂の流動性を一定確保しておく必要あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スクリーコンベアで排土された土砂に泥水を加水</li> <li>・流体輸送で発進基地まで掘削土砂を運搬</li> <li>・泥水処理プラントの設備が必要</li> </ul>
急勾配	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプを水平にすれば土砂運搬可能</li> <li>・下り勾配で土砂が分離して排泥管が閉塞する可能性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・急勾配区間でも特に問題なく土砂運搬可能</li> <li>・中継地点にポンプを設置</li> </ul>
工程	<ul style="list-style-type: none"> <li>・岩盤区間での土砂の性状が不明</li> <li>⇒工程に大きく影響を及ぼすリスクあり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土砂は泥水で加水するため流体の性状は安定</li> <li>⇒圧送方式のようなリスクなし</li> </ul>
経済性 環境負荷	<ul style="list-style-type: none"> <li>・添加材が多量に必要な可能性あり</li> <li>・掘削土は全て産業廃棄物処理</li> <li>⇒経済的・環境的負荷:大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・掘削土は残土処理と産業廃棄物処理に分別</li> <li>・大部分は残土処理として排土</li> <li>⇒経済的・環境的負荷:小(プラントの設備費用含む)</li> </ul>
評価	△	○

ある。そのため、表1に示すように圧送方式と加水式土砂運搬方式を比較した結果、本シールドでは加水式土砂運搬方式による排土方法を採用した(図2参照)。

急勾配区間における安全設備として、勾配(22.5%)、内空寸法(φ3,000mm)、RCセグメント重量(約5.3t/Ring)を考慮し、5tピンラックサーボロコを採用した。さらに、水平区間に自動検知式逸走防止装置を、切羽には電動式セグメント供給装置を配置した。また、セグメント運搬時に勾配に応じて荷台が自動的にスライドすることで水平を維持し、安定した姿勢のまま運搬できる自動水平セグメント台車を使用した(図3参照)。

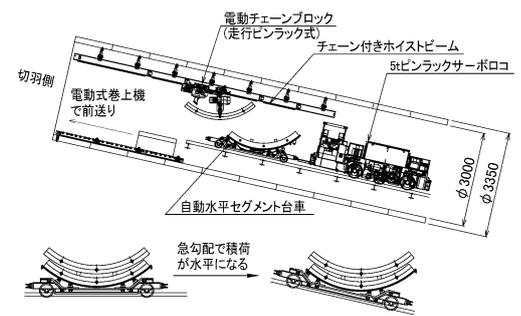


図3 急勾配区間 安全設備

3-2. 実施工

各区間における平均掘進速度は、急勾配区間とその他区間を比較しても(R=20 曲線部を除く)同程度の速度での掘進が可能であった(図4参照)。また推力およびカットトルクにおいても急勾配区間で有意な差は見られなかった。

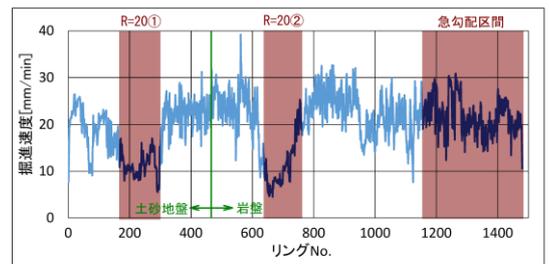


図4 掘進データ(平均掘進速度)

掘削土砂運搬を担う送泥ポンプおよび排泥ポンプについては、それぞれ図5に示すように配置した。送泥ポンプは急勾配区間においても概ね安定した能力で泥水輸送が行えた。排泥ポンプは急勾配区間において想定よりも礫が多かったため、ポンプへの負荷が増大したが、ポンプの回転数量および流量に留意しながら掘進を行った。

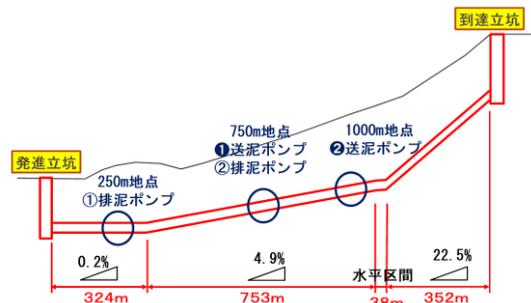


図5 各中継ポンプ位置図

急勾配区間でのセグメント運搬は、1リングの運搬に2往復する必要があったが、時間的ロスが発生しないよう日々のサイクルタイムを重点的に管理し、工程を遅延することなく(平均153m/月)急勾配区間を掘進できた(図6参照)。

4. おわりに

本工事は、22.5%の急勾配区間約350mを含む厳しい条件下におけるシールドトンネル工事であった。計画段階から最適な排土方法を検討し、シールド設計に対策を反映させたことで、施工においては大きなトラブルもなく安定して掘進できた。急勾配区間では土砂運搬が特に懸念されたが、加水式土砂運搬方式により安全面および工程面において効果を発揮した。本報文が類似するシールドトンネル工事の参考になれば幸いである。

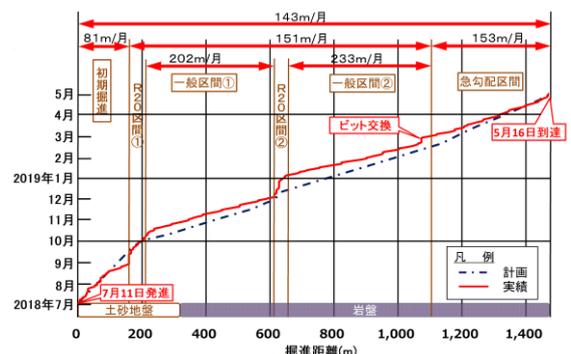


図6 工事施工実績