

# 平谷TBM，硬・軟複合地盤に挑む

中部電力（株）飯田支店平谷水力建設所 正員 水上雅弘 名和芳久  
前田建設工業株式会社 正員〇酒井照夫 渡辺一弘

## 1. はじめに

平谷水力発電所新設工事は、長野県南部と岐阜県境に位置する矢作川上流の上村川と合川の2河川から最大合計8.5 m<sup>3</sup>/sを取水し、3本の導水路トンネル（総延長約4.3km）により有効落差113.5m、最大出力8,100kWを確保する流れ込み式発電所新設工事である（図-1参照）。当工事は中部電力（株）の計画による、導水路トンネル工事主体の第一工区と発電所工事主体の第二工区より成る。このうち導水路トンネルの掘削工法は工期短縮と経済性、安全性向上の目的からTBM工法が主工法として計画されている。

導水路トンネルの地質は天竜花崗岩と呼ばれる硬岩の花崗岩類が主体（約9割）であるが、数カ所の断層破砕帯、亀裂破砕帯等の弱層部が予想されている。このため当工区のTBMは硬岩での工程確保と同時に弱層部でのトラブル防止対策が必要である。したがってTBMの基本仕様はオープン型とシールド型の長所を合わせ持った機構とする等、種々の工夫を施したものとした。また線形的に下り勾配（-1/1000）が1800m程度続くことから湧水対策にも十分配慮した仕様とした。

現在、TBMは数カ所の弱層部に遭遇しているがおおきな遅滞もなく掘進中である。ここでは、地質状況を踏まえたTBMの基本仕様の概要を述べるものである。

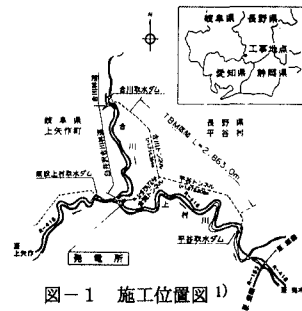


図-1 施工位置図 1)

## 2. 地質概要と危険予知区間の設定

文献調査、現場踏査、地質調査資料により当工区トンネル位置での岩盤強度の推定、切羽の自立性、湧水の可能性と湧水量の評価分類をおこなった結果は図-2地質縦断面図に示すとおりである。また地質調査結果を踏まえ、TBMの地質に関するトラブルが予想される区間を危険予知区間として設定し同図に示した。

岩強度はコア試料の一軸圧縮強度 $qu=2300\text{kgf/cm}^2$ があるものの、以下に示す程度と想定される。

$$qu \leq 200\text{kgf/cm}^2 \dots\dots\dots 75\text{m} \text{ (約3\%)}$$

$$500\text{kgf/cm}^2 \leq qu \leq 1500\text{kgf/cm}^2 \dots\dots\dots 1348\text{m} \text{ (約47\%)}$$

$$qu \geq 1500\text{kgf/cm}^2 \dots\dots\dots 1440\text{m} \text{ (約50\%)}$$

突発湧水の可能性は十分考えられる。

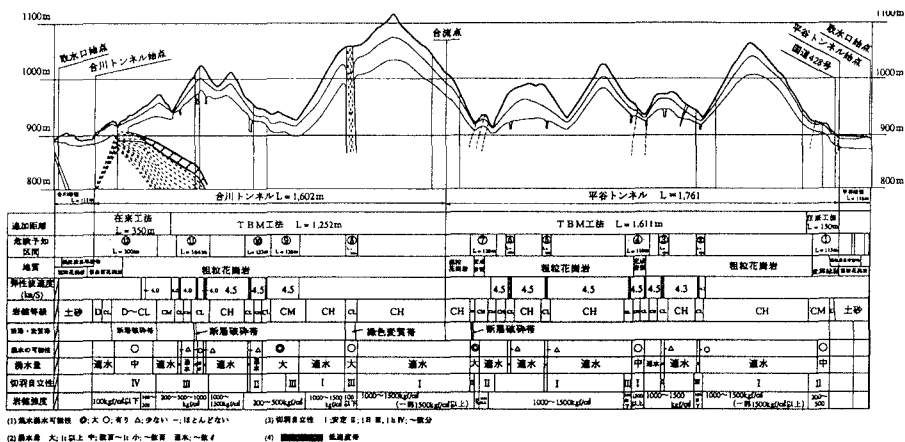


図-2 地質縦断面図および危険予知区間

### 3. TBM基本仕様の検討

本トンネルの主な要求機能は、当社実績、文献、メーカーヒヤリング等から収集したトラブル事例を基にFMEAとFTAによる分析により絞り込まれた重要トラブル（表－1参照）から、以下のとおりであるとした。

- ①硬岩で高速掘進が可能なこと
- ②A、B型崩壊に対応が可能なこと
- ③軟弱地山での掘進が可能なこと
- ④確実な方向制御が可能なこと
- ⑤突発湧水に対処が可能なこと

以上の要求機能から基本仕様を検討した。

今回工夫した主な改良点は以下のとおりである。

#### （1）硬岩対策

- ①カッタ荷重を大きくするため、大容量ディスクカッタを設置する（外取り付け）。
- ②カッタヘッドを高速回転にする。
- ③高スラスト力を確保する。
- ④高性能集じん機を設置する。

#### （2）崩壊対策

- ①前方ボーリング機能を持つ。
- ②面板の開口面積を小さくする。
- ③フルシールドタイプとする。

#### （3）軟弱地盤対策

- ①グリップ反力を低減する。
- ②補助推進機構をもつ（シールドジャッキを装備）。
- ③カッタヘッド低回転数により高トルクを確保する。

#### （4）方向制御対策

- ①前胴の方向を確実にとらえるものにする。
- ②マシンの確実な盛り換え機構を確保する。

#### （5）突発湧水対策

突発湧水対策については、特に慎重に検討をすすめ、湧水量6 t/minに対しても対応可能なものとした。すなわち、切羽直後方に6インチサンドポンプを2台設置することで、切羽から4 t/min程度の湧水を後続台車後方まで排出することを可能にした。流入口を設けたスクリーンと回転式ゲート板により非常時のみカッターヘッドを回転することで流入口を開閉させる構造とした。またスクリーンの流入口には、目詰まり防止のために、高圧洗浄水の噴射装置を設けた（図－3参照）。

さらにベルトコンベアを速度を上げ、折れ角を6°×2段にする等工夫した。

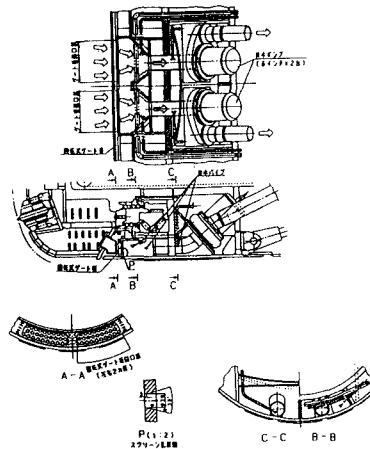
以上、硬岩対策を主体としながらも断層破砕帯部（軟弱地盤対策）での適用も可能にするという相反した機能を合わせ持った仕様とした。特にカッターヘッド回転数可変機能、面板の開口面積を押さえた大容量カッターの装着、シールド推進ジャッキの装備が目されるものと思われる。

#### 【参考文献】

- 1）水上雅裕・名和芳久：平谷水力発電所の工事計画概要，電力土木No252，p71～75，1994. 7

表－1 重要トラブル抽出表

| FMEA分析による<br>トラブル事例                       | FTA分析による<br>トラブル事例 | 重要トラブル         |
|-------------------------------------------|--------------------|----------------|
| 切羽直後<br>の崩壊<br>切羽直後<br>の崩壊<br>切羽直後<br>の崩壊 | 崩壊（A型、B型崩壊）<br>崩壊  | A型<br>崩壊<br>C型 |
| グリップ反力がとれず<br>掘進不能                        |                    | 軟弱地山           |
| 方向制御、航行                                   | 方向制御不能             | 方向制御不能、航行      |
| 多量の湧水                                     | 土砂溜溜不能             | 湧水             |
| ベルトコンの故障、換気装置                             | 取り込み不能             |                |
| パネルヘッド内での崩壊                               |                    |                |
| カッタ製品固有の破損                                | 掘削不能               | 破損による掘削不能      |



図－3 突発湧水対策機構概略図