

JCMA 報告

# 神流川発電所新設工事(1期)のうち 土木工事(水圧管路工区) 見学会報告

建設業部会

## 1. はじめに

建設業部会では、平成18年7月27日(木)に、南相木ダム(上部ダム:長野県南相木村)と上野ダム(下部ダム:群馬県上野村)を跨ぐ大規模揚水式水力発電所の斜坑を、掘削外径6.6mのTBMで全断面掘削を実施している建設現場の見学会を開催した。

揚水式発電とは、夜間電力の余裕分を有効利用するもので、発電所を挟む上下2つの調整池を利用し、昼間の電気需要の多いときは上部調整池から下部調整池に水を落として発電し、電気需要の少ない夜間に発電車を逆回転させ下部調整池から水を汲上げ、再び昼間の発電に使用するというように一定量の水を繰返して使用する発電方式である(図-1)。いわば、夜間の余剰電気エネルギーを位置エネルギーに変換することで、電気を貯蓄している。

## 2. 神流川発電所新設工事(1期)のうち土木工事(水圧管路工区)の工事概要

神流川発電所土木工事の平面図、縦断面図、地質図を図-2、図-3、図-4に、概要を表-1に示す。

## 3. 工事の特徴

最大の特徴は、下方から1工程で機械掘削する「全断面斜坑TBM工法」を採用していることである。これにより、従来のパイロット坑、拡幅といった2工程方式と比較して

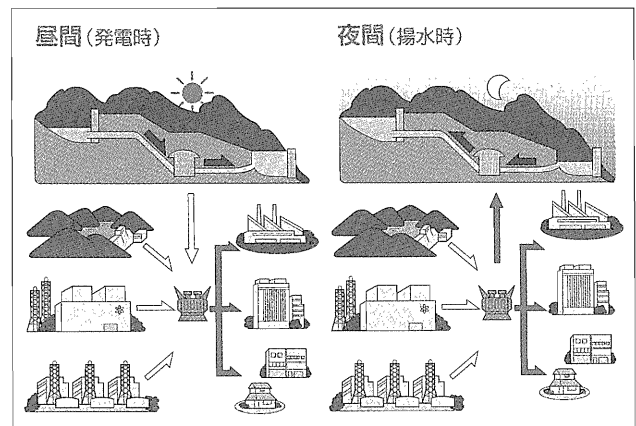


図-1 揚水発電の仕組み(出典:東京電力(株)神奈川発電所パンフレット)

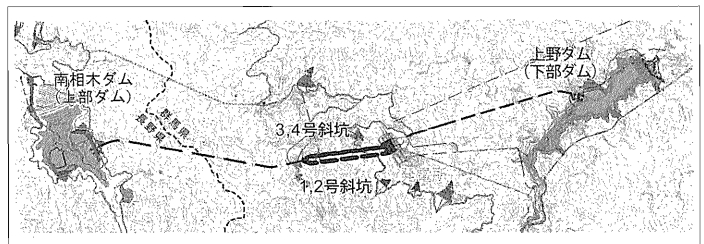


図-2 神流川発電所平面図(赤線部を施工)

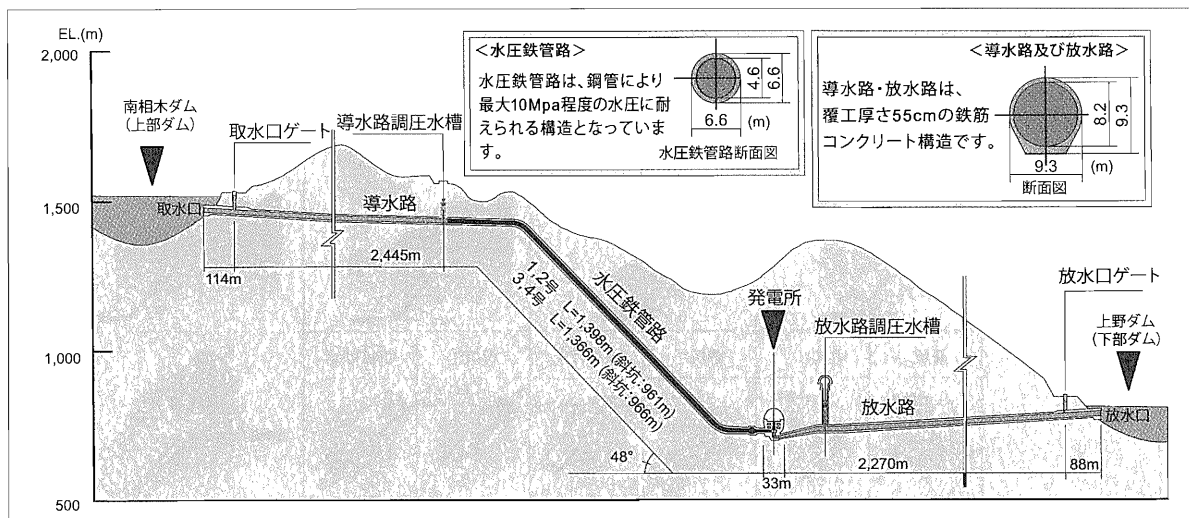


図-3 神流川発電所縦断面図(赤線部を施工)

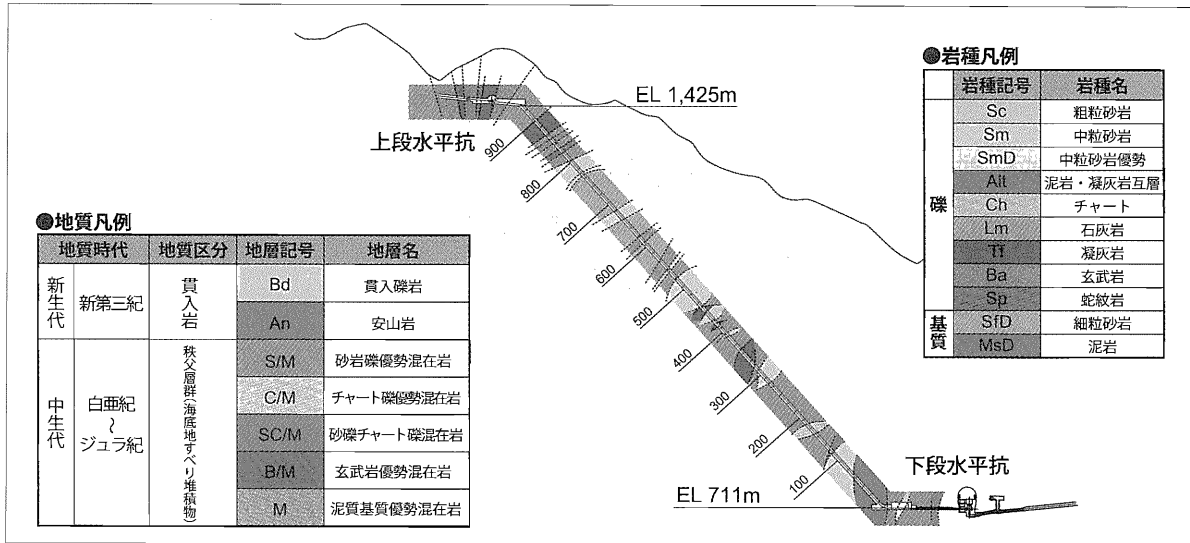


図-4 水圧鉄管路地質図(1, 2号斜坑)

表-1 工事概要

工 事 件 名	神流川発電所新設工事 (I期) のうち土木工事 (水圧管路工区)
工 期	平成9年3月18日~平成17年12月20日
主 要 工 事 トンネル工事	1, 2号斜坑 TBM 掘削 (掘削径 6.6 m, 勾配 48°, 延長 934.7 m) 他
明 かり 工 事 仮 設 備	上段鉄管路搬入坑口明かり工事 一式
工 事 件 名	神流川発電所新設工事 (I期) のうち土木工事 (水圧管路工区その2)
工 期	平成17年6月1日~平成20年4月30日
主 要 工 事 トンネル工事	3, 4号斜坑 TBM 掘削 (掘削径 6.6 m, 勾配 48° 延長 939.7 m) 他
明 かり 工 事 仮 設 備	土捨場残土処理工事 一式

約1.5倍の急速施工とコストダウンが可能となったとしている。また、爆薬を使用しない、鏡付近での危険作業が少ないなど、安全についても配慮された工法といえる。

斜坑掘削工法の変遷を図-5に説明する。

#### 4. 工法の概要

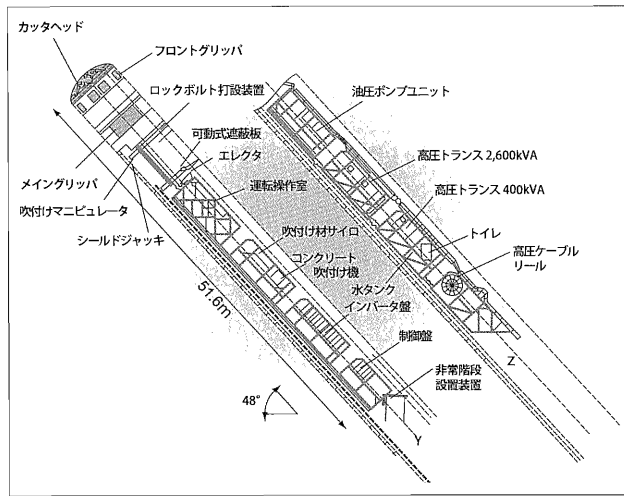
斜坑 TBM の掘進方法は、山岳 TBM の掘進原理と同じと考えて良い。表-2, 図-6, 図-7 に作業所で使用されている斜坑 TBM の諸元を記す。この他に特筆すべき性能は、斜坑を掘進すべく製造された TBM であることから、この掘削径にしては、機械能力を高く設定されていること

項目 / 地点	今市	塩原	葛野川	神流川			
地 質	砂岩・粘板岩・石英閃緑岩、他	流紋岩、流紋岩質凝灰岩 角礫岩、他	砂岩、泥岩互層	泥岩基質混在岩(砂岩・チャート・ 玄武岩・石灰岩 / 泥岩)			
掘削 工法	導坑	クライマー工法 [発破]	TBM工法 (φ2.3m) 切上がり	TBM工法 (φ2.7m) 切上がり			
	切掘げ	NATM [発破]	NATM [発破]	TBM工法 (φ7.0m) 切下がり			
掘削 速度	導坑	73m/月 (最大 91m/月)	68m/月 (最 104m/月)	115m/月 (最大 166m/月)			
	切掘げ	30m/月 (全断面平均)	25m/月 (全断面平均) 38m/月 (最大 71m/月)	52m/月 (全断面平均) 94m/月 (最大 173m/月)			
施 工 方 法							
	導坑①	切掘げ②	導坑①	切掘げ②	導坑①	切掘げ②	全断面 TBM
	作業員 レック ドリル クライマー	作業員 レック ドリル	パイロット TBM ドリフト ガントリー ジャンボ	パイロット TBM ドリフト	パイロット TBM リーミング TBM		

図-5 斜坑掘削工法の変遷

表—2 コマツ製全断面斜坑 TBM 諸元

項目	形状・寸法
型式	全断面斜坑 TBM (フルシールド)
機体長	10.3 m (後続台車を含む全長 51.6 m)
本体重量	450 ton (後続台車を含む全重量 600 ton)
モータ出力	160 kW×10 台
カッタヘッドトルク	721 ton・m (常用: 361 ton・m)
カッタヘッド回転数	0.4, 2.1, 4.3, 5.2 min <sup>-1</sup> (4 段切換え)
カッタ径・個数	17 インチ×44 個
フロントグリッパ押付け力	2,500 ton
メイングリッパ押付け力	5,400 ton
スラストジャッキ推力	2,180 ton (ラチスタイプ: 全 16 本)
シールドジャッキ推力	3,280 ton



図—6 斜坑 TBM と後続台車

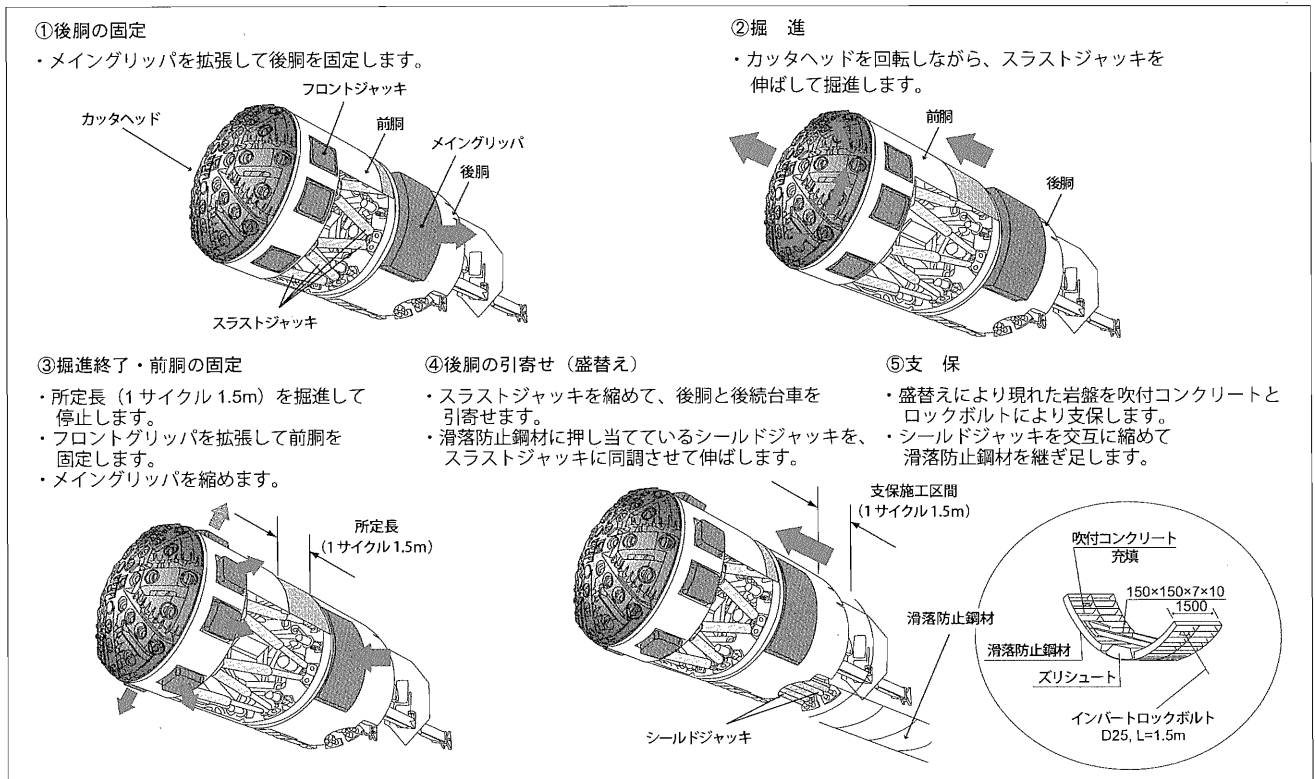
だ。理論的に、切羽で  $\phi 6.6 \times L 2.5 \text{ m}$  の崩壊した地山荷重がカッタヘッドの軸方向に作用しても、掘進可能とのことである。

平成 13 年 4 月に、1 号斜坑が貫通し、そのときの誤差は、水平 33 mm、鉛直 22 mm であり、高精度な掘進を成し遂げた。

吹付け厚さは、支保パターンによって変わり、 $t = 60 \sim 200 \text{ mm}$  となっている。斜坑 TBM の滑落防止のため、インバート部には毎ストローク (1 ストローク = 1,500 mm) に 2 分割の鋼製ライナとずりシュートを、シールド工法同様にシールドジャッキを交互に縮めてインバート部に組立て、 $t = 200 \text{ mm}$  の吹付けおよび  $D 25 \times 1.5 \text{ m} \times 4$  本のロックドリルを、打設している (図—8)。また、安全と、施工信頼性を向上させるために岩判定は、1 ランク低く判定して施工している (例: CM 級の岩に対して、D パターンで支保している) (写真—1、写真—2)。

初期掘進は、シールド工法のように、後続台車と TBM 本体を分離し、その間は、油圧ホースとケーブルで介して TBM 本体のみを掘進させることにより、約 5 カ月で 65.0 m 掘進した。1 号斜坑の本掘進の平均月進は、71.4 m/月、最大月進は、115.5 m/月だった。

人員と材料は、インクライン人荷車で切羽まで搬送していた。人荷車は、蓄電池の消耗が早いため、斜坑坑口付近と後続台車間は、蓄電池で稼働するが、それ以外はトロリから受電稼働している。



図—7 斜坑 TBM 掘進フロー

	Aパターン (CHa級)	Bパターン (CHb級)	Cパターン (CM級)	Dパターン (CL級)	Gパターン (D級)
支保パターン					
支保状況	吹付け：6cm RB：D25 2.0m×6本	吹付け：8cm RB：D25 2.0m×8本	吹付け：14cm+ラス網 RB：D25 3.0m×10本	吹付け：20cm+ラス網 RB：D25 4.0m×12本 (+簡易ライナ)	吹付け：20cm 鋼製ライナ (桁高=20cm)
1, 2号斜坑 支保実績	支保実績：13%	支保実績：44%	支保実績：40%	支保実績：3%	支保実績：0%
軸方向ピッチ	1.5m				0.5m
TBM滑落防止対策	滑落防止鋼材：桁高20cm、吹付け：20cm、インパートRB：D25 1.5m×4本				

図-8 岩級別支保パターン

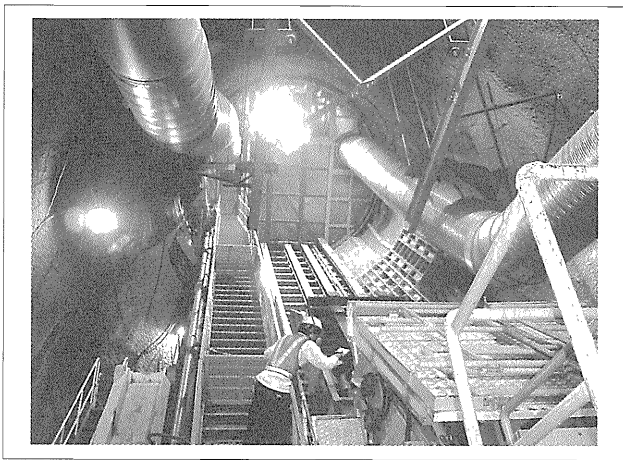


写真-1 斜坑坑口

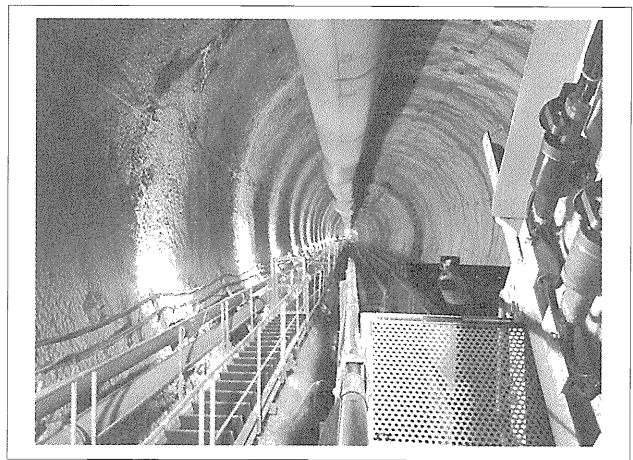


写真-2 全断面斜坑 TBM によって施工された斜坑  
(斜坑下部より切羽側を望む)

### 5. 見学を終えて

従来、レッグドリルとアリマックライマやインクラインなどを使用して、建設されてきた斜坑を、このように全断面斜坑 TBM を使用しての施工は、まさに建設業についてまわる苦渋作業と「3K」から脱却する一つの方法かと思ひながら現場見学をさせていただいた(写真-3)。

また、整理整頓の行届いた現場、粉塵対策をはじめとする、細かい安全対策の採られた現場を見学させていただき、非常に良い勉強となった。

さらに、今回斜坑だけでなく、上下ダムと地下発電所を同時に見学させていただいたことで、水資源を利用した環境を配慮したエネルギー政策を垣間見ることができ、スケールの大きさに感動した。

最後に親切丁寧な工事説明や現場案内をしていただいた東京電力株式会社および奥村組・フジタ・銭高組共同企業



写真-3 現場見学会の様子

体所長の寺田様をはじめ関係各位に深く感謝いたします。