

日韓トンネル通信

編集/発行
 特定非営利活動法人
 日韓トンネル研究会

事務局：東京都千代田区飯田橋4-1-11
 〒102-0072 信濃ビル6階
 TEL 03-3265-8813 FAX 03-3237-1012
 E-mail office@jk-tunnel.or.jp

九州事務所：佐賀県唐津市和多田2344-6
 〒847-0000
 TEL 0955-75-2930
 ☎0120-09-2188

(報告)小石原川ダム導水路トンネル建設工事を視察しました。

2017年11月10日(金)、野澤会長ら当会関係者一行5名は、福岡県の小石原川ダム導水路トンネル建設現場を視察した(写真-1)。

1. 視察の経緯

当会の研究課題のひとつに、高水圧下でのシールドマシンの止水技術がある。今回の視察は、当会の大島洋志副会長が、高水圧下での掘削が進行している本現場の視察を施工者である大成建設に依頼し実現した。

一行は、小石原川ダム導水施設建設工事事務局で大成建設の稲積教彦作業所長から工事の説明を受け、大成建設の職員3名と共に計8名で放流工側坑口から人車で入坑、約2km先の切羽付近まで行き、岩盤泥水シールドマシンによる掘削現場を視察した。

2. 小石原川ダム導水トンネル

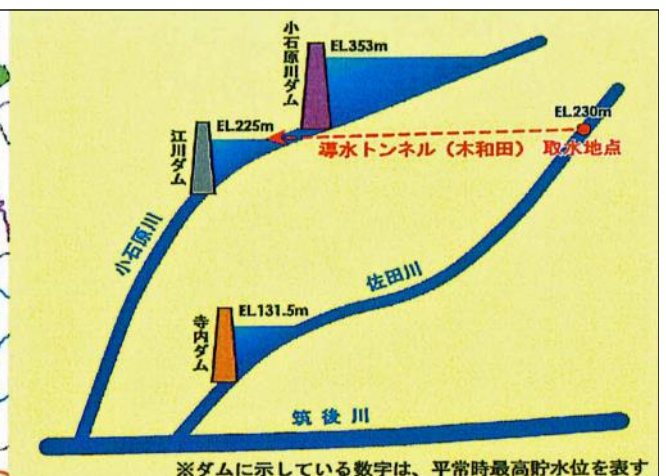
このトンネルは、福岡県朝倉市を流れる佐



写真-1 放流工側坑口から入坑

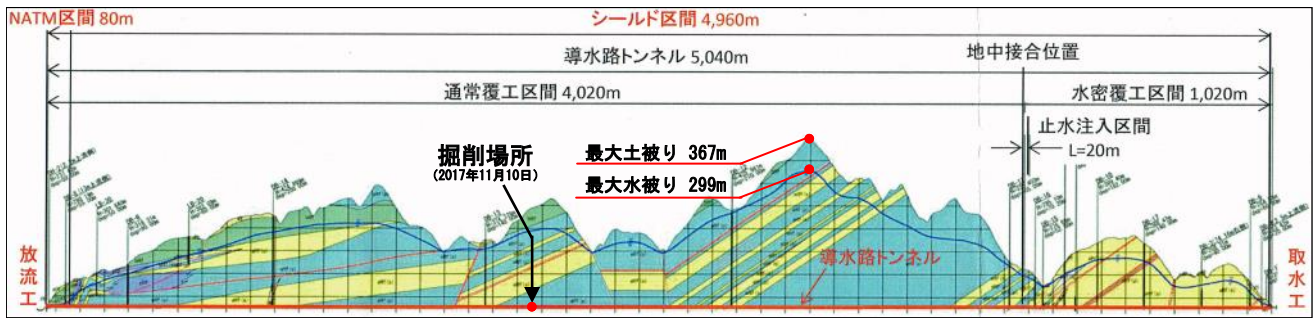
田川の水を小石原川の江川ダムに導水するため、独立行政法人水資源機構が発注し、大成建設が平成27年7月から施工している。トンネルは外径2.8m(内径2.4m)、全長5,040m、地山は砂岩や泥岩がホルンフェルス化した硬い岩盤である。水被り(トンネル上の水層の厚さ)が最大299mに達するため、掘削するシールドマシンには高水圧に対処する様々な工夫がなされていた。

以下に現地事務所およびトンネルの放流工側現場でヒアリングした概要を列記する。



出典：独立行政法人 水資源機構 朝倉総合事業所 小石原川ダム建設HPより転載・加筆

図-1 小石原川ダム導水路トンネルの位置と役割



出典：独立行政法人 水資源機構 朝倉総合事業所 小石原川ダム建設HPより転載・加筆
 図-2 導水路トンネルの縦断面

3. トンネルの掘削状況

掘削は放流工側と取水工側の2か所で始まったが、取水工側は2017年7月の九州北部豪雨の復旧作業中であるため、今回は放流工側を視察した。放流工側は坑口から80mまでNATMで掘削し、現在、坑口から2,010m付近を坑内3名、坑外4名の7名3交替、24時間体制でシールド機で掘進中である(図-2)。

マシンは川崎重工業と共同開発した耐水圧性能2MPaの掘削外径3,060mmの岩盤泥水式シールド掘進機である。高い土圧・外水圧、摩擦に耐える板厚などのため、通常の3m外径のマシンの約2.5倍の重さがある。

掘削速度は地山強度70MPa下では平均切込み量2.5mmで毎分8回転できるため分速20～25mmに達する。これまでの最大月進は400mである。今後2MPaの水圧が掛かる領域に入ると毎分2～2.5回転まで落とすことを想定している。マシンの最大推力は32,500kNであるが現在では7,000kN程度で押している。

4. 止水の工夫

4-1 テールシール

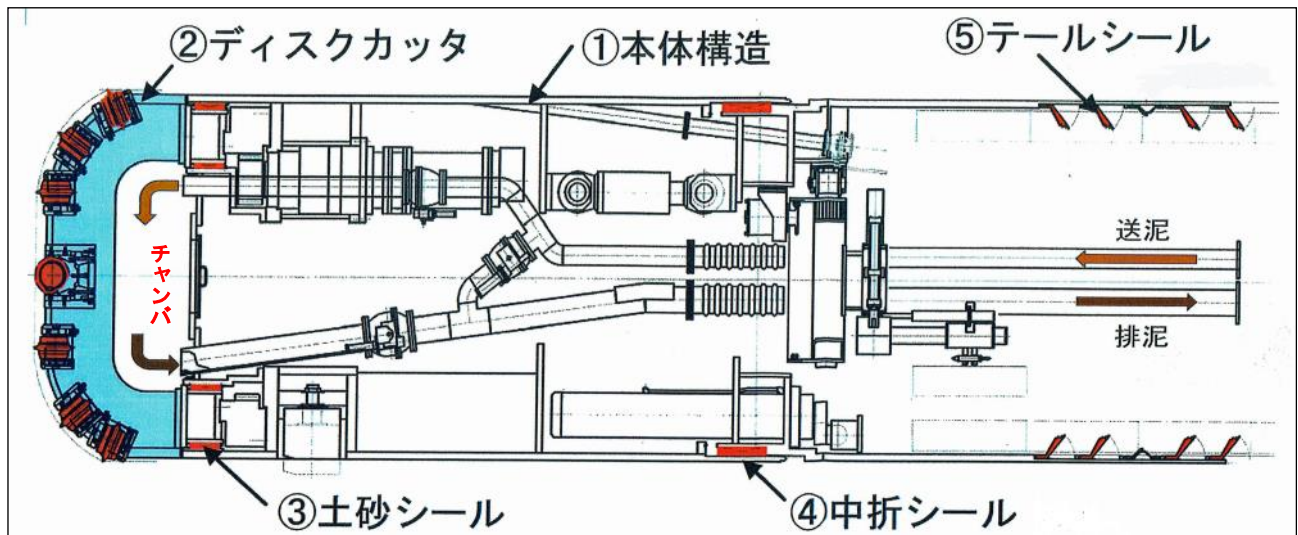
テールシールは、耐水圧と耐久性を確保するため、ワイヤーブラシ型シールにウレタン樹脂を注入して一体化したTLLシールを4段使用し、ブラシ間にグリスを入れて地下水圧に対応している。また万一のブラシ破損に備えた緊急止水機構を付け、地下水圧2MPaに対応可能とした(図-3)。

4-2 中折シール

テールシールと同様に4段式とし、耐水性・耐圧性を確保すると共に緊急止水を可能とした。マシンを最短に縮めるとテール部が本体構造部の止水ゴムに密着し止水できる。

4-3 土砂シール(カッターヘッド軸受部)

切羽側から土砂が侵入しないようにゴム製の4段シールを配置した。シール間にはグリスを充填するが、圧力管理のための作動油に近いオイルを封入した部分で圧力を分散させて土砂が入りにくい構造とし、摺動速度



出典：独立行政法人 水資源機構 朝倉総合事業所 小石原川ダム建設HPより加筆・転載
 図-3 掘削に使用しているシールドマシン



写真-2 放流工側坑口から2,010m地点の掘削現場



写真-3 ディスクカッターとポンプのインペラー



写真-4 ずりを砕くロータリークラッシャー



写真-5 送泥管と排泥管

50m/min、試験水圧 2.4MPa を達成した。

4-4. ディスクカッター

ディスクカッターのシール構造は、大深度油井掘削で実績のある圧力バランス式を採用し、対水圧・耐久性を確保した。カッターは12 インチを使用しているが、摩耗するため50m 掘削する毎にチャンバを開けて交換している。なお水密覆工区間でのビット交換は止水注入で地下水を止めてから切羽に出ている (写真-3)。

5. 切羽から坑外までの排泥

ディスクカッターが破碎しチャンバ内に取り込まれた岩石は、マシン後方に設置したロータリークラッシャーで砕かれ、直径4 インチの排泥管で坑外まで送られる (写真-4)。

排泥管には管内の流速を確保し、ずりが排泥管内で沈殿することを防ぐため、約300m 毎にブースターポンプを接続し、次のポンプまで引き継いで坑外までずりを運んでいる。排泥管は下部が摩耗しやすいため、定期的に管を回転させている。詰まりや穴あきに対応するため、常に新管を準備し10分程度で交換できる体制を取っている (写真-5)。

6. 切羽の圧力管理

送泥管と排泥管の流量を調節してチャンバ内の圧力を管理し、切羽の水圧を2MPa 以内に抑えている。排泥量を多くすれば切羽の圧力は下がる。必要なときは送泥をとめ排泥ポンプだけを動かせばチャンバ内を空にもできる。泥水シールドの良い点は、突発的な湧水があっても自動的にポンプが動いて流量を変えられるため、完全密閉されているトンネル内に水が入ることがないことである。

なお排泥管で坑外に排出された泥水はフィルターで処理した後、送泥管で坑内に送り込まれ再利用する (写真-6)。



写真-6 地上設備の説明をする稲積所長(左端)

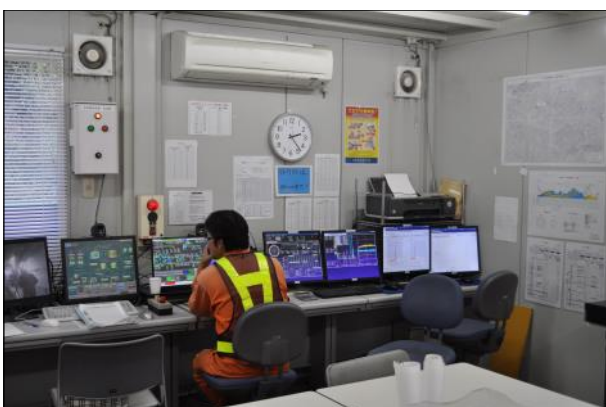


写真-7 坑内とオンラインで情報共有する制御室



写真-8 セグメントと新型ワンタッチ式継手(右上)



写真-9 掘削現場 野澤会長と藤橋常任理事(左)

7. 坑外設備

シールドマシンや掘削の状況は坑外にある制御室とオンラインで共有され、掘削する推力とトルクから地山の性状を判断したり、配管の摩耗などを監視している(写真-7)。

工事現場の電力は商用電力だけでは足りないため発電機を8台設置し、必要電力の約半分を賄っている。

8. セグメント

セグメントは二次覆工省略型で厚さ200mm、幅1,000mm、5ピースで1リングを構成する。セグメント間の継手は、トンネルの軸方向にスライドして締結するワンパス継手である。リング間の継手は、ボルトボックスを必要としない新型ワンタッチ式継手を採用し、約10トンの引き抜き力にも耐えられる。これらの継手金具は全てセグメントの側面に配置されているため、組立て完了後は内面が平滑なトンネルを構築することができる。

セグメントの側面に巻かれたガスケットは圧縮により潰れて平らになり、その反発力で止水する。セグメント間の隙間が5mm、段違い3mmの環境下でも百年は止水可能という実験データがでている(写真-8)。

なお、セグメントは坑外のストックヤードから台車で坑内に運ばれ、ウインチに吊るされてエレクタまで送り込まれる(写真-9)。

9. 視察を終えて

最大水被り299mに対応するためにシールドマシンの各所に施された止水や切羽圧力を調節する工夫を視察できた。得られた知見を日韓トンネルで想定される高水圧下の長距離掘削を可能にする研究に役立てていきたい。

今回の視察の実現にご尽力いただき、工事現場を案内して下さった大成建設本社土木本部の吉富幸雄博士と岩野政浩理事に厚く感謝申し上げます。