

高水圧下における泥水式岩盤シールドの掘進計画

大成建設(株) 正会員 ○岡嶋和義, 真柴浩, 小原伸高
小石原川ダム導水施設建設工事(作) 正会員 稲積教彦, 安藤幸幸
(独)水資源機構 正会員 國居史武

1. はじめに

小石原川こいしわらがわダム建設事業では、水資源の有効活用を図る施設として、小石原川ダム流域外の佐田川で取水した水を小石原川ダム直下の江川ダム貯水池に導水することを目的とする導水路トンネルの建設が進められている(図-1)。導水路トンネルは、大土被りで高水圧が作用する条件下での長距離掘進に加え、工事中および供用後において、地下水等の水利用がある集落に対して影響を与えないよう地下水位への影響を軽減することが不可欠で、これらに配慮した掘進計画および覆工構造とすることが求められている。

本稿では、これらの課題を解決するための掘進計画および覆工構造について報告する。

2. 設計・施工条件

表-1 に施設諸元、図-2 に導水路トンネルの全体概要図を示す。地質はトンネル坑口付近、断層部周辺の脆弱部を除き、概ね CM 級程度の片状ホルンフェルスで、露頭やボーリングにより大きな破碎帯を伴う断層部が存在することが確認されている。地山の透水性は全体として $10^{-6} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$ 程度、破碎帯の周辺で 10^{-3}cm/s 程度で、地下水位は地表面より -30m~-60m 程度と想定されており、比較的地下水位が高いという特徴がある。

また、導水路ルート周辺では地下水・沢水が生活用水として利用されており、トンネル掘進時および供用時においてこれらに対する影響を極力軽減させる必要がある。そのため、①地山を極力乱さない掘削工法の採用、②取水工側坑口部から 1,020m までを水密覆工区間(ウォータータイト構造とする区間)に設定すること、③水密覆工区間はトンネル施工中でも水密性を極力保持できる施工方法とすること、④水密覆工区間と通常覆工区間(水密覆工区間以外の区間)の境界部にトンネル縦断方向の地下水流動を抑制するため止水注入区間を設けることが条件となっている。



図-1 導水路位置図

表-1 導水路トンネル諸元

トンネル型式	無圧トンネル
最大導水量	3m ³ /s
仕上内径	φ 2,400mm
掘削外径(シールド区間)	φ 3,060mm
延長	水密覆工区間 1,020m 通常覆工区間 4,020m 計 5,040m
縦断勾配	1/1,680
最小曲線半径	R=1,900m
最大土被り	水密覆工区間 154m 通常覆工区間 367m
河川横断部の最小土被り	約 46m(水密覆工区間)
最大地下水位(想定)	水密覆工区間 110m 通常覆工区間 296m

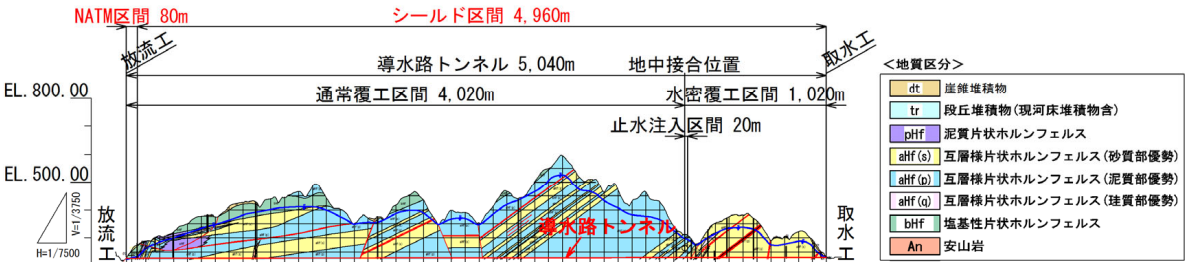


図-2 導水路トンネル概要図

キーワード 泥水式岩盤シールド, 高水圧, 長距離掘進, ガスケット, ウィーブホール

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株)土木本部土木設計部 TEL03-5381-5296 FAX03-3344-4437

3. 掘進計画

1) **掘削工法の選定**：導水路トンネルは、大土被りかつ高水圧下での施工に加え長距離掘進となるため、掘削機内への出水や掘削地山の崩落などリスクが高い。そこで、①切羽の水圧に対し泥水圧で対抗すること、②掘進停止に至るような大規模な崩落に対しても掘削機内から地盤改良等の対策工が可能であること、③実証実験を終えた耐水圧、耐久性の高い掘削機械（耐水圧性能 2MPa）を使用することから「泥水式岩盤シールド工法」を採用した。図-3 にシールド機全体組立図（朱書きは 2MPa の耐水圧性能を確認した部位）を示す。

また、工期短縮を図る必要があることから、シールド機は取水工側と放流工側の両押しにより施工し、取水工側坑口から 1,030m 付近で地中接合を行うこととし、放流工側から 80m 区間は NATM により施工を行い、シールド機の発進ヤードを確保する計画とした。

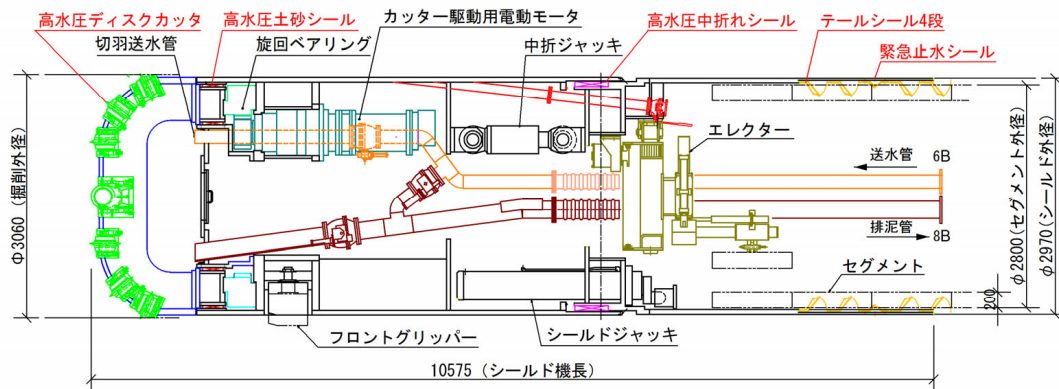


図-3 シールド機全体組立図

2) **外水圧の管理**：シールド機の掘進速度はカッターの回転数に左右され、水圧が高いほど低下する。したがって、切羽水圧を最大 1.5MPa と設定し、以下の 3 段階に分けて地下水圧の管理を行い掘進する計画とした。

- ① 外水圧が 0～1.5MPa の区間；地下水圧に合わせ切羽水圧を対抗することで切羽の安定を図る。
- ② 外水圧が 1.5～2.0MPa の区間；後方セグメント注入孔から水抜きボーリングを行い、地下水圧を 1.5MPa 以下に低下させて切羽の安定を図る。
- ③ 外水圧が 2.0MPa を超える区間；想定されている破碎帯の手前で前方探査ボーリングを行い、地山状況等を確認したうえで、水抜きを実施して水位を低下させてから掘進する。

なお、上記③で述べた水抜きを含む前方探査や不測の事態に対応できる地盤改良等の補助工法が施工できるように、シールド機内からシールド機前面に対してボーリングが施工可能な構造とした。

3) **カッタービット**：長距離岩盤掘削に対応するため、カッタービットはチップインサートタイプのディスクカッターを採用した。チップインサートタイプの刃先は、一般的なリングタイプの 1.13 倍の硬度があり、耐久性に優れる。これにより、カッター交換回数の削減による工程短縮、水密覆工区間においてカッター交換時の切羽開放時間の低減により、地下水位低下を最小限に抑えることが期待できる。

4. 覆工構造

工期短縮を図る必要があることから、導水路トンネルのシールド区間に用いる覆工には「二次覆工一体型 RC セグメント」（覆工厚 200mm、防食層 50mm を含む）を採用した。

水密覆工区間に用いる RC セグメントは、セグメントの配合に高炉スラグ微粉末の使用、セグメント背面に高弾性エポキシ樹脂の塗布、およびシール材として高水圧（1.1MPa）における止水性の実績を有するガスケット（材質：EPDM）を採用することにより、トンネル完成後においても覆工に確実な水密性が確保できるウォータータイト構造とした。また、通常覆工区間の外水圧が 1.8MPa を超える区間は、セグメントに設けられたグラウトホールを利用して覆工上部に水抜き（ウィープホール）を 1m 間隔に千鳥設置し、覆工に作用する外水圧を低減できるようにした。止水注入区間の覆工は、注入時の偏圧（0.3MPa）によって曲げモーメントが卓越するため、剛性の高いコンクリート一体型鋼製セグメントを採用した。