

高水圧下での泥水式岩盤シールド工法における掘削方法の工夫について

大成建設(株) 正会員 稲積 教彦
 大成建設(株) 正会員 ○関 康太
 (独)水資源機構 正会員 國居 史武

1. はじめに

小石原川ダム建設事業では、洪水調節、流水の正常な機能の維持、新規利水の目的を達成するため、既設江川ダム上流に小石原川ダム及び導水路トンネルの建設が進められている。小石原川ダムの導水路トンネルは大土被り、高水圧下での長距離掘進となる。また、工事区間の近傍では生活用水として地下水等を利用している集落が存在しており、地下水利用に影響を与えない導水路トンネルの掘削方法が必須となる。

本稿では、これらの課題の解決に向けた泥水式岩盤シールド工法に関する掘削方法の工夫について報告する。

2. 施工条件

表-1 導水路トンネル諸元

表-1 に施設諸元、図-1 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砕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、破砕帯の周辺で 10^{-3}cm/s 程度で、地下水位は地表面より $-30\text{m} \sim -60\text{m}$ 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、トンネル掘進時からこれらの影響を極力軽減させる必要がある。これらの施工条件を勘案し、以下の理由から泥水式岩盤シールド工法を採用している¹⁾。

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
	合計	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

- ・理由1：破砕帯の崩落等に対し泥水圧で対抗できる
- ・理由2：異常出水時の対応能力が NATM 及び TBM 工法と比較して高い
- ・理由3：地下水圧の変動に対する対応能力が NATM 及び TBM 工法と比較して高い
- ・理由4：掘削後直ちにセグメントで覆工することで、坑内への地山の崩落や地下水の流入を防止できる。

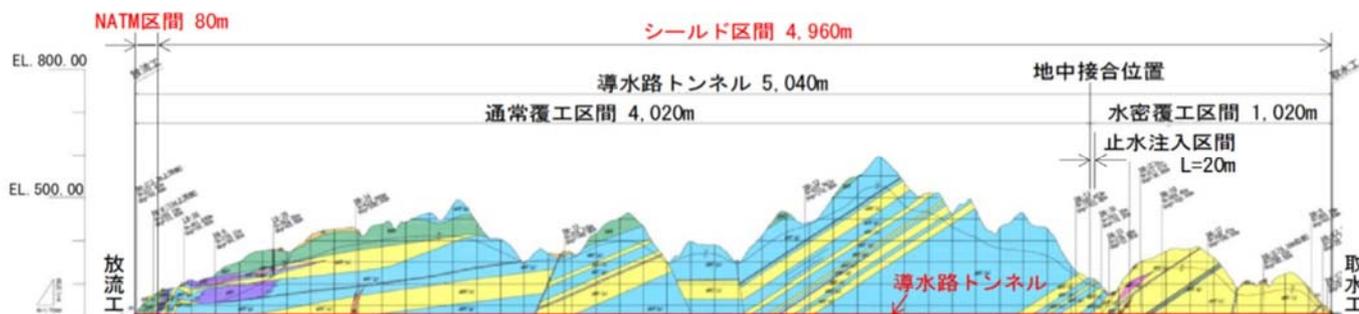


図-1 導水路トンネル概要図

キーワード 泥水式岩盤シールド工法, 高水圧, 土砂シールド, 水抜き工

連絡先 〒838-0019 福岡県朝倉市上秋月 2068 大成建設(株)小石原川ダム導水施設建設工事作業所 TEL 0946-23-8001

3. 土砂シールの開発

本工事は高水圧下の長距離掘削のため、シールドマシンのカッター回転部への地下水、土砂の浸入を防止し、カッターのメインベアリングを守る高い止水性・耐久性を有した土砂シールが必要となる。そこで、本工事では作用水圧 2.0MPa（従来の実績は 1.0MPa）に対応できる掘削機械とするため、止水性・耐久性の高い土砂シールを新たに開発した。新たに開発した土砂シールの概要を図-2 に示す。

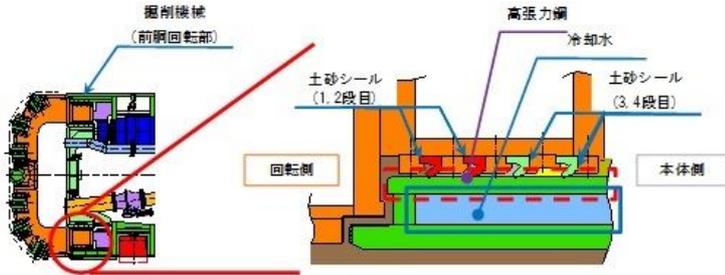


図-2 開発した土砂シール概念図

開発した土砂シールの特徴は、①フッ素ゴムの使用(3, 4 段目)、②冷却システムの採用、③シール摺動面に高張力鋼の使用、④給脂方式にオイルバックアップ方式の採用である。④に関して、図-3 に従来の給脂方式、図-4 に本工事で採用したオイルバックアップ方式の概念図を示す。オイルバックアップ方式を用いることで、3 段目のオイル圧力を切羽水圧に応じてコントロールできる。これにより、最後段のシール間隙圧を従来の給脂方式より小さくでき、土砂シール耐久性が向上し長距離掘進が可能となる。

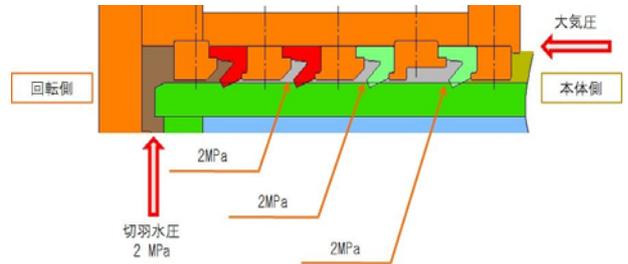


図-3 従来の給脂方式

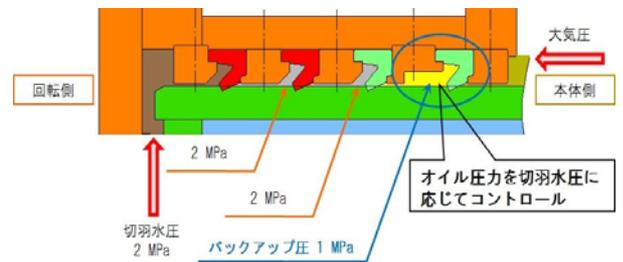


図-4 オイルバックアップ方式

4. 水抜き工の実施

通常覆工区間の切羽水圧が 2.0MPa を超える高水圧区間では、切羽水圧を低下させる目的で水抜き工を実施する。図-5 に水抜き工の概念図を示す。通常覆工区間では高水圧区間の手前で、シールド坑内より前方探査ボーリングにより地山状況等の確認を行い、水抜きを実施して水位を低下させた後に掘進を行う。また、前方探査の結果、シールド機前方地山の変状や崩落等が想定される場合は、必要に応じてシールド機内から前方地山の地盤改良を行い、地山を安定化させる計画とした。2017 年秋頃には 2.0MPa を切羽水圧が超える区間を掘削する予定であり、今後はこれらの効果の検証を行うこととしている。

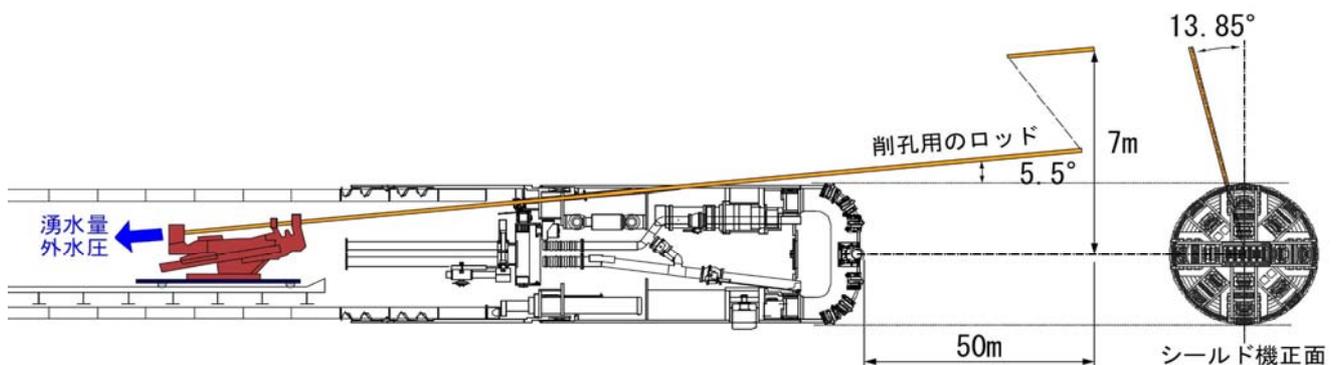


図-5 水抜き工概念図

参考文献：1)岡嶋和義，稲積教彦ほか：高水圧下における泥水式岩盤シールドの掘進計画，第 71 回土木学会年次講演概要集，2016.9，CD-ROM