

NATM による大口径大深度立坑掘削に関する設計・施工実績 —天ヶ瀬ダム再開発トンネル放流設備ゲート室部他建設工事—

鹿島建設(株) 正会員 ○松井貴志, 安永豊彦, 石橋 豊
鹿島建設(株) 正会員 畝田篤志, 藤原浩一

1. はじめに

天ヶ瀬ダム再開発事業は、貯水池の効率的な運用を図ることを目的として、既設天ヶ瀬ダム近傍に新たにトンネル式放流設備を建設し、既設設備の増強を行うものである。このうち、放流調整用の油圧式ゲートが設置されるゲート室部は、直径 26m・深度 50m の円形立坑構造となっており、最大径 23m の横坑（水路トンネル）と接続する。本稿では、立坑および横坑における施工方法の概要について述べるとともに、岩盤の風化が著しい立坑坑口部における安定対策について報告する。

2. 地質概要

地質は丹波帯の泥岩を主体とし、一部にひん岩の岩脈を伴う。岩級は CM 級主体であるが、断層・弱層に沿う部分では CL～D 級の岩盤、断層の内部では D 級の岩盤となる。また、表層部に近づくにつれて泥岩の風化が顕著となり、立坑坑口付近は D 級の岩盤が卓越する（図-1）。

3. 立坑および横坑部の施工概要

施工手順図を図-2 に示す。立坑掘削は坑口部を除き、吹付けコンクリートとロックボルトを支保構造とする NATM を基本とした（ステップ 1）。掘削方式は、GL-20m までは近隣民家への配慮から機械掘削とし、防音蓋を設置後に発破掘削に切り替えた。また、発破時における施工機械の退避や資機材の搬入、ズリ出しは、すべて地上に設置した 150t クローラクレーンによる揚重方式とした。立坑部を横坑上半盤まで掘削したのちに、立坑を発進基地として前後 2 本の横坑掘削を開始する（ステップ 2）。掘削初期段階には、立坑掘削時の緩みに起因する天端の崩落が懸念されたため、立坑より長尺鋼管先受けを水平打設した後に横坑掘削を開始した。その後、下流側に横坑を延伸するとともに、工程短縮のため立坑近傍の盤下げを並行して実施した（ステップ 3）。

3. 立坑坑口部の地山安定対策工

立坑坑口部においては、立坑施工に先立って施工ヤード（OP+80.3m 盤）の造成を行う。そのため、既設法枠の撤去と府道の切り回しに伴い、D 級の強風化泥岩上部に補強盛土の施工を行う。また、立坑掘削時の施工条件として、「施工期間中は常時立坑に近接して 150t クローラクレーンによる重機や掘削ズリ等の揚重作業が行われること」、「立坑掘削は府道が最小離隔 10m で近接する環境条件下において行われること」の 2 点を思慮し、立坑坑口部の地山安定対策として、当初計画では背面盛土の安定を確保することを目的に重力式擁壁を構築し、擁壁および盛土下部における地山のすべり安定性を確保することを目的にグランドアンカーを打設することを検討していた。（図-3）。

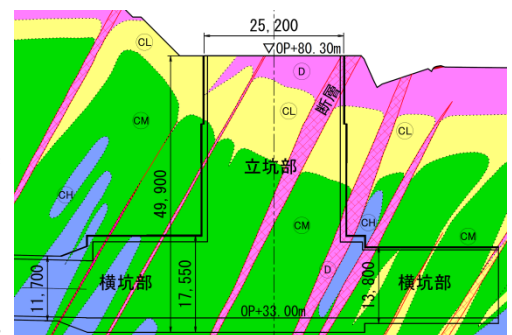


図-1 立坑周辺部 岩級区分縦断面図

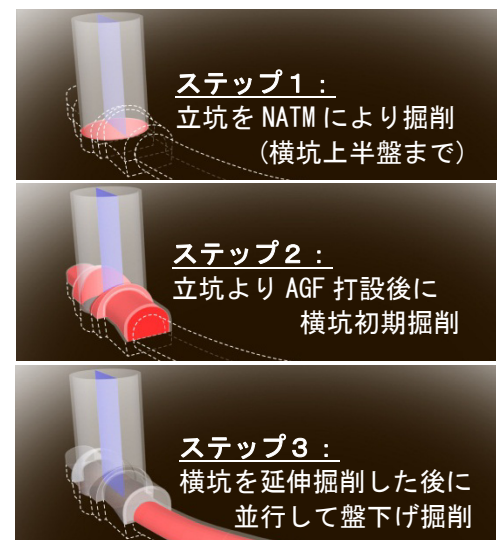


図-2 施工手順図

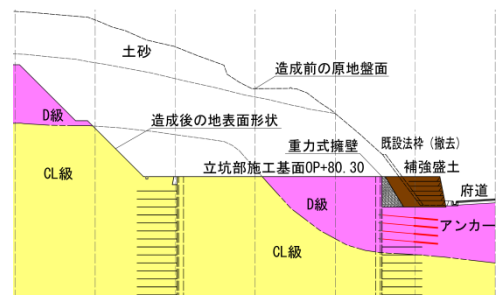
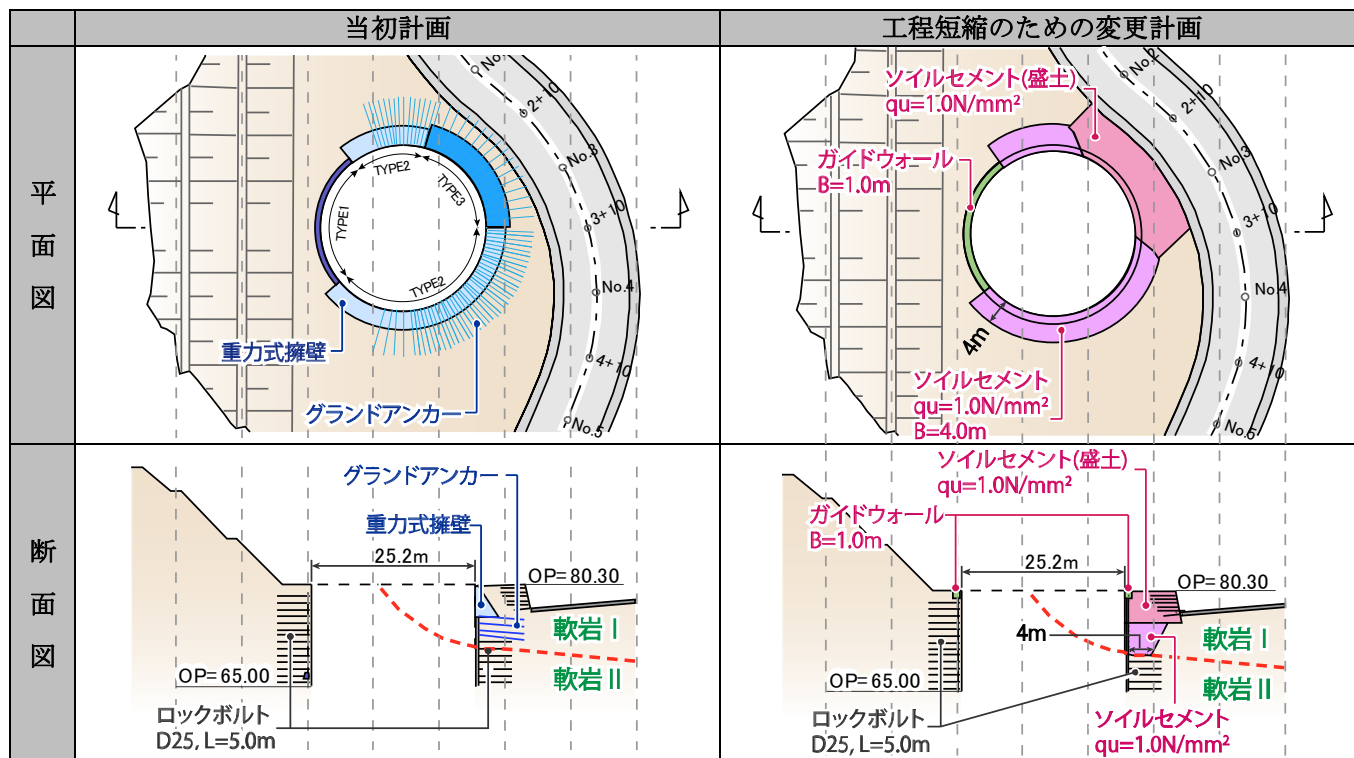


図-3 立坑坑口部の施工概要図（当初計画）

キーワード 立坑, 横坑, 立坑発進, 地盤改良, 長尺鋼管先受け工

連絡先 〒611-0021 京都府宇治市宇治金井戸 15-4 鹿島建設(株)天ヶ瀬工事事務所 Tel:0774-22-0766

表-1 立坑坑口部における地山安定対策工の比較



しかし、本工事はすべての施工を立坑から実施する必要があるため、立坑掘削の遅れが全体工期の遅れに直結する。したがって、立坑掘削時に順次アンカーの打設(計132本)を必要とする当初計画では工程面で大きな課題があった。

その課題を解決するために、変更計画として、立坑施工ヤードの造成と同時にD級の強風化泥岩を全て除去し、ソイルセメントに置換して地盤改良することで坑口部の地山安定を確保する工法を採用した(表-1)。これにより、坑口部の地山安定対策を府道の切り回し工事等と並行して行うことができ、立坑掘削時には特別な施工を必要としないため、約1.7ヵ月の工程短縮を図ることができる。さらに、D級の強風化泥岩をすべて目視確認したうえでソイルセメントと置換できるため、地質のリスクを最小化することが可能となる。この地盤改良体については下記2種類の照査を実施し、改良強度・改良厚さを決定した。

表-2 地盤改良体の設計方法

1) : 地盤改良体の安定検討(断面方向の検討)

改良体を剛体と仮定し、土圧に対して地盤改良体の転倒および滑動に関する安定性を確認する。検討断面は盛土区間を含め、改良高さが最も高い2断面を選定した。

2) : 地盤改良体の応力照査(平面方向の検討)

改良体の平面形状を梁としてモデル化し、骨組構造解析により、改良体外周に作用する土圧に対する地盤改良体の応力照査を実施する(表-2)。

なお、ソイルセメントは必要強度 $qu=1.0\text{N/mm}^2$ (セメント添加量: 80kg/m^3) を確保した均質な改良体を製造可能な自走式改良機(リテラ)により現地発生土を利用して製造した。

4. まとめ

本工事は NATM により大口径大深度の立坑掘削および立坑を発進基地としての横坑掘削を行うものであり、類似の施工事例が非常に少ない。そのため、設計段階から比較的多くの調査および事前検討がなされ、施工段階においても安全性は基より、工程確保のための配慮が求められた。現在、立坑および横坑の掘削は完了しており、坑口部・横坑接続部ともに安定している。また工程に遅れもなく計画どおりに施工が進行している。そのため、本工事における設計・施工方法の妥当性が確認されたと考えている。今後の同種工事の参考となれば幸いである。

