フィルダムの発電導水用斜坑部の掘削施工事例

国土交通省東北地方整備局 能代河川国道事務所 建設専門官　田中　誠
(株)大林組　森吉山ダム JV 工事事務所　正会員　井深　慎也
(株)大林組　土木本部生産技術本部ダム技術部　正会員　○上高　克弘

１．はじめに

森吉山ダムは、国土交通省により秋田県北秋田市に建設されたロックフィルダムであり、洪水調節、河川維持流量確保、かんがい用水および水道用水並びに発電を行う多目的ダムである。この中で発電用水については、取水塔より仮排水路トンネルを経由し、分岐トンネル部から電力専用管としてダム下流に新設される東北電力（株）森吉発電所まで導水する。このうち水圧管専用トンネルの掘削は、仮排水路トンネル側からダム湛水後に接続する必要がある。この専用トンネルは下向きの急勾配の小断面トンネルであり、施工に当たり種々の施工条件による課題を解決する必要があった。この斜坑部掘削について施工事例として報告する。

２．施工条件による課題

(１)施工範囲

専用トンネルは、仮排水路トンネル側から行う下向き 35°、長さ約 9.9mの斜坑掘削部分である（図-1,2,3)。

(２)斜坑部地質

地質は、仮排水路トンネル掘削時の観察から層状火山礫凝灰岩を主体とし部分的に粗粒玄武岩が貫入するＣＩ区間である。岩盤の弾性波速度は 2.0km/sec、CM 級岩盤（中硬岩）である。

(３)近接部条件

発電所側からの導水管設置は近接して施工済である。仮排水路トンネル側からは既設覆工を部分的に取壊して掘削を行う。既設構造物に対し有害な振動を与えない施工が必要である。

(４)全体工程条件

事業全体の工程を考えた場合、斜坑部施工箇所より上流でも並行して施工を行う必要があり、通路幅を確保した施工が必要である。

上記施工条件より施工に当たり以下の課題が考えられた。

・安全かつ既設導水管や既設構造物に影響を与えない工法の選定
・他工種の工程に影響を与えないための仮排水路上下流通路の確保

３．解決策の検討

(１)工法の検討

①掘削工法：施工規模や下向き斜坑掘削、断面形状、地質条件から在来工法と NATM 工法が考えられるが、安全性、工程確保および作業員確保から在来工法は現実的でない。掘削・コンクリート吹付・ロックボルト打設の一連の作業が機械施工可能な NATM 工法を選定した。

②岩掘削：中硬岩掘削を行う必要があるが、既設構造物に有害な振動を

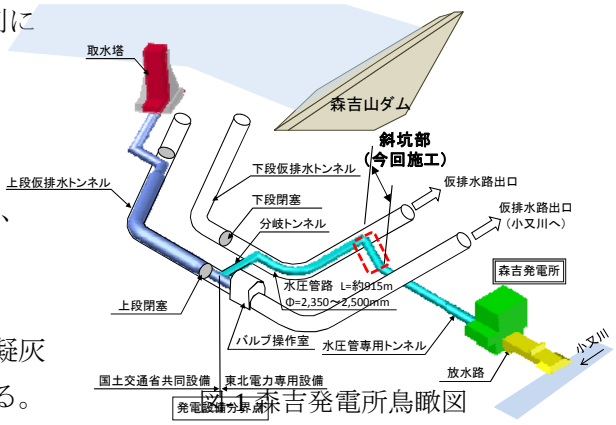

図-1 森吉発電所鳥瞰図

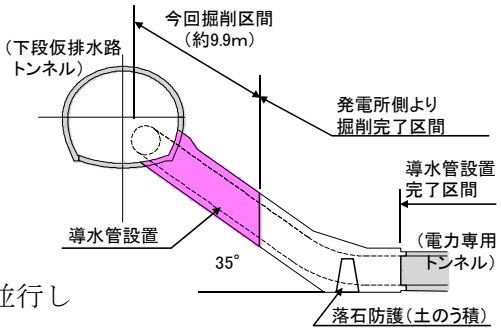

図-2 斜坑トンネル縦断図

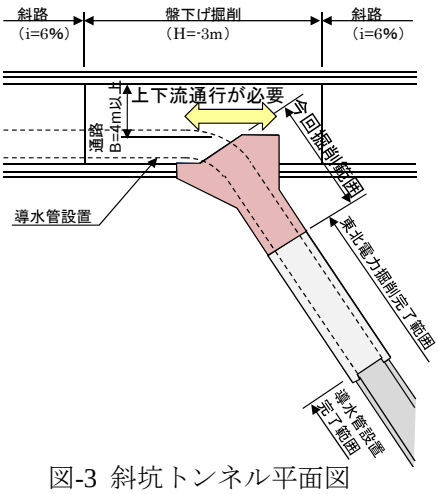

図-3 斜坑トンネル平面図

キーワード　ロックフィルダム、斜坑、機械掘削、NATM 工法
連絡先　〒108-8502　東京都港区港南 2-15-2　㈱大林組 土木本部生産技術本部ダム技術部　ＴＥＬ03-5769-1321

抑えるため発破による掘削は不可とし、機械掘削工法を選定した。掘削機械は、油圧ブレーカ 900kg 級、ズリ出しは狭隘な断面に対応可能な 0.08m3 級超小旋回バックホウとモノレールとした。

③補助工法：油圧ブレーカの作業効率向上のため、補助工法として掘削前に自由面形成孔(φ100@300、170 本)を穿孔することとした。

④施工機械移動：掘削機械は施工サイクルにより入替えが必要であるが、自力での上下移動が不可能なことからインクライン設備上に搭載し、上下移動させて一連の作業を行うこととした（図-4)。

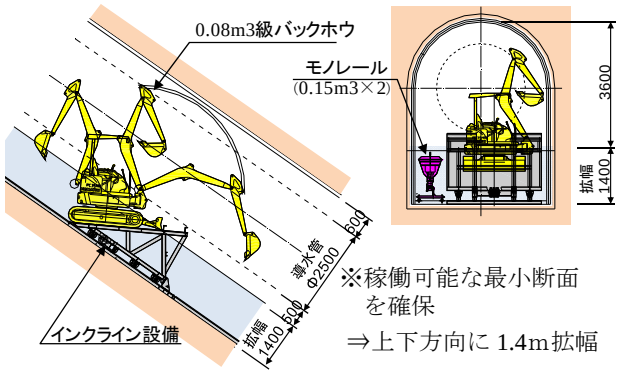

図-4 掘削断面の検討

(2)掘削断面の検討

使用機械をインクライン設備に搭載し、前方切羽の掘削・ズリ出しが可能であるかを検討した。掘削幅は、当初設計の幅 3.7m で施工可能であるが、高さ方向は当初設計の高さ 3.6m に加え、1.4m の拡幅が必要となった。上方に拡幅した場合（図-5(a))、下部の既掘削部へ落下した掘削ズリの人力搬出が生じ、また導水管の曲管設置時に取込みが困難となるため安全上、工程上問題が生じる。そこで、下方に拡幅掘削（図-5(b)）し、インクラインを最下部まで延長することで底盤部まで機械掘削が可能となる施工方法とした。

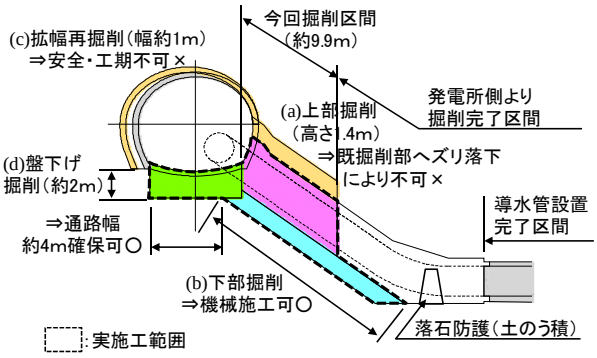

図-5 上下流通路確保の検討

(3)坑内上下流通路の確保

斜坑坑口部の掘削時には、仮排水路トンネル底盤の中央付近から掘削することとなり上下流通路確保対策が必要となる。仮排水路トンネル側部を拡幅する場合、断面全体を再掘削（図-5(c)）する必要があり、大規模な掘削・覆工また通行止めが生じる。このため仮排水路トンネルの底盤を盤下げ（図-5(d)）することで通路幅を確保する。インクライン設備（ウィンチ、ワイヤ等)、施工機械配置、工事用車両の走行軌跡を考慮した盤下げ高さ、幅、勾配の検討を行い、盤下げ掘削を高さ 2m とすることで上下流通路幅 4m を確保することとした。

4．施工結果

上記検討結果を基に盤下げ掘削と斜坑下部掘削を追加し、図-5 の点線範囲を掘削することとした。施工は上部より覆工の補強ロックボルト→盤下げ掘削→自由面形成孔→坑口部斜坑掘削→インクライン設備設置→斜坑掘削→斜坑下部掘削の順とした。盤下げと斜坑下部拡幅部分は、置換えコンクリートにより充填・埋戻しを行い目的の機能を損なわないようにした。その結果、工事は計画通りトラブルなく進捗することができた。実績工程と施工状況写真を表-1 と写真-1～2 に示す。

5．まとめ

斜坑の掘削は、下部から上方に向かって掘削する場合が多いが、今回は上部から施工するしかなく施工上の工夫が必要であった。施工条件を総合して検討し、施工可能な方法の中で、安全かつ速やかな施工を行うことができた。

表-1 実績工程表

細 目	数量	単位	5月	6月	7月	8月
補強ロックボルトL=4m	748	本				
仮排水路TN盤下げ掘削	820	m3				
自由面形成孔	1929	m				
斜坑掘削(坑口部)	1	m				
斜坑掘削(斜坑部)	5	m				
斜坑掘削(斜坑盤下)	6	m				
インクライン設備	1	式				

写真-1 掘削状況

写真-2 掘削完了