

23. 斜坑掘削へのニューアリマッククライマーの採用

鹿島建設(株)：*山口 善郷・黒岩 憲二

1. はじめに

アリマッククライマーによる切上り工法は、小口径立坑・斜坑や大口径立坑・斜坑の導坑掘削に用いられ、重力を利用して、ずり出しする点に特徴がある。この工法は、他工法（レーズボラ、TBM他）に比べ、大段取りを必要とせず経済的で実績もあるが、反面、人力に頼った危険な作業で、安全面、作業能力面に改良の余地を残していた。

この度、当関西電力大河内発電所新設工事の水圧管路の導坑掘削に対応するため、新型として開発されたアリマッククライマー（RCM-6）を基に、メーカー（アリマック社）と種々検討を重ね、機械使用上の作業環境、作業能力を大巾に改善した。この改良型ニューアリマッククライマー（RCM-6S）2台を導入し、所定の目的を十分に達しながら導坑掘削を完了することができたので、その概要を紹介する。

2. 工事概要

大河内水力発電所は、関西電力株が、ピーク電力の需要増加に対する供給信頼度の向上と電源構成の最適化をはかるとともに火力発電所や原子力発電所を含めた電力系統総合の経済運用をはかるとを目的に、図-1に示すように、姫路の北方約30kmの位置に市川水系大見川および同小田原川支流太田川に建設中の最大出力128万kw（32万kw×4台）の純揚水式発電所である。本計画は、太田川の上流部太田第一～第五ダムの五つのロックフィルダムを築造して、上部調整池とし、下部調整池のため大見川中流分にコンクリート重力式の長谷ダムを築造して、上下部調整池間を約1,200mの可逆水路で連絡することによって有効落差395mを得て、最大使用水量382m³/sec、最大出力128万kwの揚水発電所を新築するものである。

3. 地形地質の概要

水圧管路周辺の岩盤は、ひん岩により形成され、地表踏査や地表弾性波探査によると目だった断層、破碎帯は無いものと推定され、岩級はおおむねCH級で、岩盤の弾性波速度もP波で5km/se程度である。

また放水路周辺の岩質は、試掘横坑調査の結果、発電所側がひん岩、下部ダム側が石英閃緑岩とな



図-1 発電所位置図

っており（図-2参照）、その境界面は火成接触により密着し、堅硬である。なお、幅1m程度の破碎帯が1本確認されている。発電所周辺の地質は、上部ダムと同じくひん岩であるが、岩級はCH級が主体で、その性質は新鮮かつ堅硬であり、破碎帯等、特に注目すべきものは存在しない。



4. 水圧管路の概要

水圧管路は2条の主管路と、分岐管によって各々の主管路から分岐する計4条の枝管からなり、これらの枝管は、それぞれポンプ水車に接続される。主管路は上部付近の傾斜角15°の緩斜坑部と、その下部の傾斜角51°の斜坑部とからなり、その延長は、約690mで、内径は5mである。また枝管部は、水平で、延長約40m、内径3.54~2.5mとなっている。（図-2、参照）

5. 水圧管路の施工

一般に、水圧管路の工事は、斜坑の掘削工事に引き続いて鉄管の据付工事が付随して来ることから、発電所全体工事の中でも地下発電所の工事工程と共にクリテカルパスとなることが多く、その工事工程の確保が最重要課題となる。

当大河内発電所水圧管路工事においても、斜坑部の実掘削工程は22.5月に制約され、これまでの同規模の水圧管路工事に比してもかなり厳しい急速施工が要求されている。

工程の確保に当たっては、工事を取り巻く諸条件を検討した結果、斜坑部の掘削工法の選定および斜坑の中間に取り付ける作業横坑の配置が、最重要項目になった。

当水圧管路斜坑のような長大斜坑（L=620m）の場合、その中間部に配置する工事中横坑の数、位置が、工程を大きく作用するポイントになるため、工程、経済比較安全性等々を十分に検討した結果、EL440よりの横坑をアプローチトンネルとして斜坑部を上部（L=305m）と下部（L=320m）に分けて施工する方法を採用した。

<掘削工法の選定の経緯>

従来、長大斜坑の掘削工法については、

- ①クライマーにて導坑を切り上り、その導坑をずり出し坑として上部より切り掘げを行う方法
- ②レーズボーラにて、ドリルダウンとリーミングアップによるボーリング坑をグローリーホールとして上部より切り掘げを行う方法
- ③TBMを使用し、パイロット機にて小口径の導坑を切り上り、その導坑をずり出し坑

として上部よりリーミング機にて切り
り掘げを行う方法

④全断面で上部より切り下がる方法
等が採用されている。

それぞれの工法についての実績と特
徴は表-1に示す通りで、これまで
の長大斜坑の掘削工法は、ほとんど
がアリマッククライマーによる先進
導坑切り掘げ工法である。

掘入斜坑-80m、上部斜坑-305m、
下部斜坑-230m、の合計6切羽をいか
に早く、安全に、また経済的に施工す
るか、当工事に課せられた制約条件を
加味して、それぞれの掘削工法に当て
はめて検討したのが表-2である。

よって、当工事の掘削工法
は、油圧ドリフターを搭載し
たアリマッククライマーを使用し、440 横坑から上部斜坑
の導坑を掘削後、発電所横坑
からの下部斜坑の導坑を掘削
する。その後、上部斜坑のト
ップから切り掘げジャンボに
て順次切り下がる工法
を採用した。

表-1 各工法の実績と特徴

斜坑の種類	実績と特徴
レーズボーラ	1. 最長実績 190m、径1.450mm 第二沼沢立坑 2. 100m以上での精度が悪い。 特に斜坑の場合方向精度の維持困難 3. コストに未確定な要素が多い。
T. B. M	1. 国内での実績は、下郷地下発1件 海外では30件程度の実績あり。 下郷地下発……With 社製T. B. M 勾配37°、500m×2条 2. 勾配45°以上では、特殊な支持方法の検討要 3. 500m程度では、非常に割高となる。
アリマック クライマー	1. 最長掘削実績 350m (本川地下発) 2. 国内外で実績多数 (参考：外国で空圧2ブームの実績有り。) 3. 当工事には、最も安価、未確定要素が少ない
全断面切り下り 工法	1. 実績 台湾電力 明湖地下発電所 2. 当工事では仮設備が大きくなる。 3. 工程の確保が困難

表-2 掘削工法の検討

掘削形状	導坑				全断面 切り下り
	レーズ ボーラ パイロット リーミング	クライマー切上り レグ ドリル 2台	油圧削岩機 1ブーム	TBM パイロット	
工法案 検討項目					
システム上の制約	100m以上 精度に難点	振動病 酸欠	実績なし	良好な地質	工程 仮設備大
Q	品質	×	○	○	○
C	経済性	△	○	△	×
D	工程	△	△	○	△
S	安全性	○	×	△	○
適用 性	延長	×	△	○	△
	岩質	×	○	○	△
総合評価		×	○	○	×

6. ニューアリマッククライマーの採用

従来のアリマッククライマー (STH-5 型) による切り上りは、人力に頼った危険な作業性の悪い工法であると共に、エアドリルを使用するため、さっ孔スピード、さっ孔長が小さいので掘削のスピードアップに限度があるという欠点がある。それらの問題点の改善を含めて、当工事に投入する新しいクライマーは下記に示す形状、性能を具備させるべくスウェーデンのアリマック社と協議、製作に取り掛かった。

(1) さく岩機は油圧式で、かつ、ブームに搭載されたもので、さっ孔長は最大2.5m。

- (2) さっ孔，コソク作業はケージ内でリモコン操作できる。
- (3) ロックボルト，レールアンカー，先行ボーリングの穿孔も同様である。
- (4) 走行スピードは従来の5割増とする。
- (5) 換気，照明は従来より大幅アップにする。
- (6) 作業スペース，ケージ容積，積載重量は大きくする。(アリトロリーを含めて)

ア．ニューアリマッククライマーの概要と特徴

当工事にて，採用・使用した本機の概要は下記の通りである。

(1) 作業能率の向上

- ① 穿孔作業において空圧のレッグドリルから油圧削岩機に変更したことにより穿孔スピード大幅に向上(0.4m/min→1.2m/min)，またブーム，ガイドセルを採用したことにより，穿孔の方向性も向上している。
- ② ガイドレール延長作業ではガイドレールに装着したブームでレールセットができるように機械化することにより，安全性と作業能率の向上を果たしている。
- ③ 伸縮性のガイドセルの採用により，狭い切羽でガイドレールのアンカー，ロックボルトの穿孔が油圧削岩機で行える。
- ④ 発破後の換気のスピードアップおよび作業時の換気量のアップを図るため，換気管を太く(32mm→155mm)するとともに，圧気ブローアによる強制換気とした。

(2) 作業の安全性の向上

- ① 油圧削岩機をブームに搭載して，遠隔操作式とすることにより切羽直下での穿孔，コソク等の危険を無くした。
- ② 後続のアリトロリーの積載量を大幅にアップ(500kg→3900kg)したことで，吹付機，合材，H鋼等の鋼材の運搬が可能となり岩質悪化等に対する対応力が増した。
- ③ 油圧削岩機のため，水抜きボーリング・先行ボーリングが容易にでき岩質変化への対応力が増した。

(3) 作業環境の改善

- ① 穿孔・コソク作業をブーム・油圧削岩機の遠隔操作式にすることで，作業員を切羽直下より解放し，振動・騒音・冠水・落石等に対し大幅に改善された。
- ② 従来ヘッドランプ等による切羽照明が，ハロゲンランプ(500kw×2)となり照度が増し作業をしやすくしている。

8. 実績

昨年10月末，440 横坑内の基地に搬入，組み立て・試運転後，1号上部導坑は11月14日2号上部導坑は11月21日より掘削を開始した。現在，掘削も完了し，下部斜坑基地にて解体中である。掘進実績は目標を大きく上回り，日進(最大12m，平均6.6m)，週進(最大54m，平均40m)になっている。

また，岩質変化に対しても，吹付け・フォアバイリング等の岩盤支保作業および先行・水抜きボーリングの実施が期待通りできた。