

立坑から水平坑に接続する 縦断曲線部の施工

岩田 修*
Osamu Iwata

1. はじめに

ナムツン2水力発電所工事は、ラオスにおいて最大出力108万kWの水力発電所を新設するものである。その地下圧力水路のほぼ中央部に位置する圧力立坑は、高低差200mを超え、その上下端はR=25mの縦断方向の曲線で水平坑に接続するという、世界的にも余り例を見ない形状を持つ（図-1参照）。

工事及び立坑全体の施工報告は「トンネルと地下」（2008年1月号）に譲り、本報では主に縦断曲線部分の施工について、掘削から専用型枠の新規開発を含む計画の概略とその背景、施工結果を報告する。

2. 立坑諸元

高低差 225.4 m（総延長 253.5 m）
上端曲線部 R=25 m, L=39.1 m
鉛直部 L=175.4 m
下端曲線部 R=25 m, L=39.0 m
掘削内径 10.0~10.4 m (79~85 m²)
仕上内径 8.8 m (61 m²)

3. 計画と施工結果

(1) 掘削

掘削はNATMによるズリ叩き落とし方式とし、立坑掘削開始までの手順は以下の通りとなる。

- ・上下とも接続する水平坑の延長および水平部分の掘削
 - ・φ1.8mグローリーホール（ズリ叩き落とし導坑）の掘削
- 水平部分の掘削断面は、上端曲線部では立坑設備の設置が可能な最小寸法、下端曲線部では立坑掘削時のズリ仮置き場としての容量（2発破分+α）により決定した。

施工機械の組み合わせは、空圧クローラードリル2台、0.45m³級BHとAliva 285（手吹き）各1台とした。実施工では、削孔面積の広さから、予備機であるレッグハンマードリルの機動力が非常に有効であった。

掘削途中の施工が容易な範囲で、かつ発破時のズリ飛散からの退避距離が極力長く確保出来るタイミングで、テルハクレーン150kN（20m/min）及びエレベーター

表-1 上端曲線部施工手順と作業日数

工 種	作業日数（暦日）
ベンチ掘削1段目~1.8m	5 (0.4 m/day)
額縁工（立坑設備基礎）	16
テルハクレーン設置	29
ベンチ掘削2段目~3.6m	6 (0.3 m/day)
荷吊り台設置	5
切下がり掘削~11.8m	18 (0.5 m/day)
スcaffolding設備設置	23
切下がり掘削再開~20.2m （上端曲線部の終端）	13 (0.6 m/day)

（5kN, 30m/min）付きスcaffolding（100kN, 7m/min）を設置した。また、曲がり始めの緩傾斜部分は埋め戻しを行って荷吊り台とし、挟溢な空間の有効利用と施工サイクルの向上を図った。設備設置を含む具体的な施工手順とその作業日数は、表-1の通りである。

上端曲線部の掘削は、平均すると約0.5m/日である。参考までに、鉛直部~下端曲線部では、平均1.44m/日を達成した。立坑設備は最小限の機能に絞って計画したが、掘削~覆工を通じ、不足無く施工を終えることが出来た。また、クレーンの梁はロックボルトでなく専用支保工を建て込んで設置した。

(2) 覆工

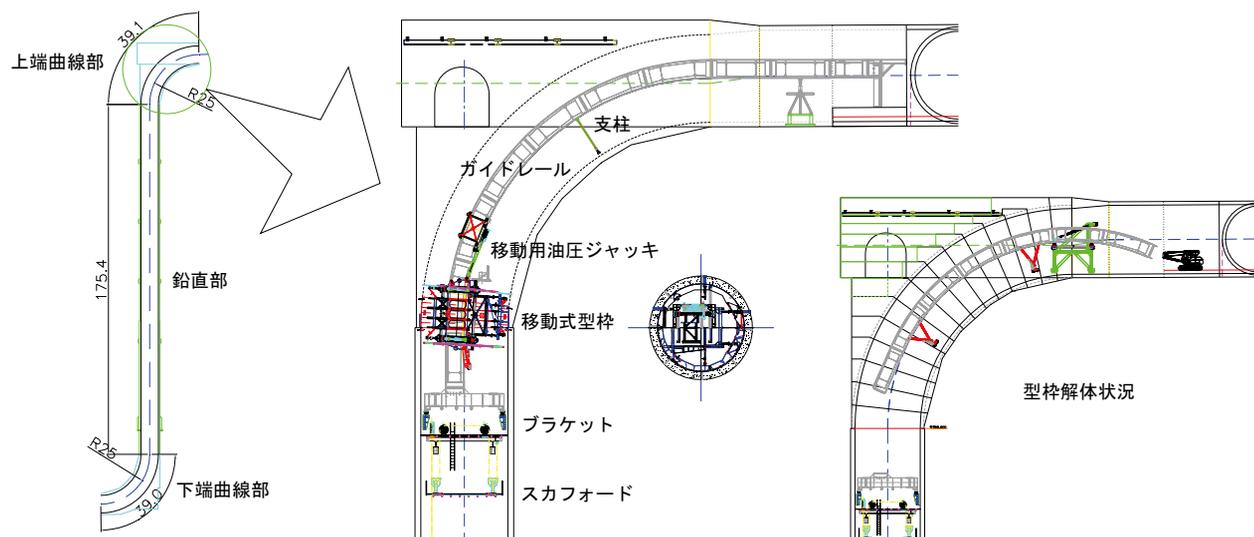
当該構造物のような形状では、埋設鋼材で支える組立式型枠を使用し、2m程度の層毎に型枠~鉄筋~コンクリートというサイクルを繰り返すのが一般的な施工方法である。しかし、工期が非常に長く掛かることから、その他の工法についても検討を行った。

- ・中央にガイドレールを設置する移動式型枠による工法
- ・内張鋼管設置後に充填コンクリートを打設する工法

上述の3工法を比較検討した結果、費用に大きな差が出なかったことから、前例が無いものの、最も工程短縮に期待の持てる移動式型枠を採用した。

同型枠は、当現場の別の縦断曲線部（R=10m）施工時に、両者に転用出来る設計とした。1回の打設長さは外R側で3m（コンクリート量で150m³）程度と仮定し、圧力立坑では90°の範囲を15ブロックで打設するものとした。ガイドレールは、別途設計のブラケットを立坑鉛直部のコンクリート壁面にケミカルアンカーで固定し、その上から立ち上げる形式とした。両端で支えるだけでは荷重が過大となるため、コンクリートの進捗に合わせて支柱を追加するものとした。また、R=10m施工時は立坑上部に設置したウィンチで型枠を移動させたが、圧力立坑は半径が大きく、多くの滑車と段取替えが必要となるため、油圧ジャッキに変更した。これと同時に、型枠セット用のジャッキも手動から油圧に変更し、サイクルタイムの改善を図った。

* 泰国営業所 ナムツン2（出）



図一1 立坑縦断曲線部

図一1に示す縦断曲線部からも分かるとおり、ガイドレールの水平部分を必要以上に長く取っている。これは工程短縮を目的として、すり付け断面となる水平部分打設用のバラセントルを設置するためのものである。移動式型枠下部にもグラウト工事用のスcaffoldingを設置しており、覆工と同時作業を行う計画である。また、前述の通りテルハクレーンは型枠の組立途中に解体するが、同様の理由で梁と支保工の一部は撤去せず、埋設としている。

表一2は、各施工場所での標準サイクルタイムである。下端曲線部では、油圧ジャッキの採用と作業の効率化により、R=10m施工時の5日サイクルを4日に短縮することが出来た。これは、電動ロコでコンクリートを運搬せざるを得ないため、打設時間が倍以上掛かっていることを考えると、画期的な改善である。上端曲線部は施工中であるが、さらに1日短縮し、ほぼ3日サイクルで打設している。

いずれの工法を採用した場合でも、縦断曲線では型枠(ないし鋼管支保工)の解体方法が問題となる。下端曲線部では、油圧ジャッキを転用してガイドレールを引き抜き、1ブロック毎に解体を行う工法を考案して解体を実施した。上端曲線部でも、同様な方法を採用する予定である。

4. おわりに

圧力立坑は、本報告(2008年1月末)時点で上端曲線部の7ブロックまで覆工が完了しており、グラウトの同時作業を開始するところである。冒頭に述べたように、当工事のような縦断曲線構造物はあまり一般的ではない。

しかし、このような形状は、理論的に水圧損失を最小

表一2 縦断曲線部標準サイクルタイム

工種	R=10m時	下端	上端
脱型・打継	18	16	16
移動・セット	12	6	6
鉄筋	36	30	18
妻型枠	24	18	18
雑工・清掃	20	16	16
検査・手直し	8	6	4
打設	8	16	6
計 (重複時間除く)	126 Hr (120=5 day)	108 Hr (96=4 day)	84 Hr (72=3 day)



写真一1 移動式型枠

に抑えることが出来るため、海外に於ける水力発電所建設工事では、今後多く見られるようになると思われる。本工事が当社の技術蓄積の一助となれば、幸いである。