特集≫ エネルギー・エネルギー施設

大深度立坑の施工

浜 崎 尚・根 岸 秀 樹

北海道電力(㈱京極発電所新設工事は北海道虻田郡京極町に純揚水式発電所を新設するものである。そのうち当社は、深度 462.5 m の大深度立坑掘削を含む水圧管路工事を担当した。当初計画ではレイズボーリング工(φ 1,500 mm)を行い、掘削ズリはそのボーリング孔を利用して下部水圧管路より搬出を行う予定であった。しかしながらレイズボーリング孔壁の崩落により孔内が閉塞し、ズリ搬出方式の変更を余儀なくされた。レイズボーリング工に計画工程以上の日数を要したこと、ズリ搬出方法の変更に伴う掘削サイクルの増加によって、工程を遵守することが厳しい状況となったが、施工計画の変更および冬季施工の実施により、最終的には工程を確保することができた。本報文では、立坑掘削における設備の概要と工程確保の為に行った施工計画の変更について報告する。

キーワード:大深度立坑, 櫓設備, 水圧管路, 純揚水式発電所, NATM 工法

1. はじめに

北海道電力(㈱京極発電所新設工事は、北海道虻田郡京極町(図—1参照)の北部に、プール形式の上部調整池、尻別川水系ペーペナイ川上流部に京極ダム(下部調整池)を新設し、この間の総落差約400mを利用して、最大出力60万kW(20万kW×3台)の純揚水式発電所を新設するものである。揚水式発電所とは、発電所の上部と下部に調整池を持ち、電力需要の少ない時に下部調整池から上部調整池へ水をくみ上げておき、電力需要の多いピーク時に発電する方式であ

図一1 位置図

る。また、純揚水式は、上部調整池へ河川からの自然 流入がなく下部調整池からの揚水分のみで発電する方 式である。京極町の気象は、年間平均気温 7℃、最低 平均気温 -12.2℃で、上部調整池付近は積雪 5 m に及 ぶ道内でも有数の豪雪地帯である。

当社は、上部調整池から発電所までの上部水圧管路 および水圧管路立坑と上部水圧管路にアクセスするた めの水圧管路管理トンネルの掘削と水圧鉄管周辺の充 填コンクリートを担当した。

2. 工事概要

工事件名:京極発電所新設工事のうち

発電所基礎他工事

発注者名:北海道電力株式会社

工期: 平成 15年6月23日~平成25年11月20日

施工場所:北海道虻田郡京極町

水路管路立坑工事数量:

立坑延長 L = 462.5 m 据削内径 ϕ 6.1 m 断面積 A = 29.2 m² 据削土量 16,126 m³

掘削工法 NATM 工法

当初の施工計画では、立坑掘削範囲内に径 1,500 mm のレイズボーリング工を行い、そこへ掘削ズリを投下し、施工済みの下部水圧管路より二次運搬することで立坑掘削を行う計画であった。立坑掘削完了後、櫓設備を使用し最下部より順次水圧鉄管を据付ける計画で

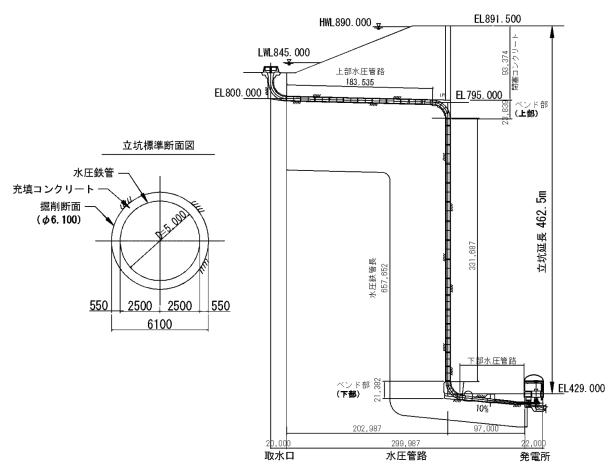


図-2 水圧管路立坑設計図

ある。水圧鉄管周辺の充填コンクリートは、水圧鉄管2管据付後、2管分を充填する施工サイクルを基本として櫓設備で運搬打設した。また、施工場所は道内有数の豪雪地帯であるため、冬季間は休工する計画としていた。水圧管路立坑設計図を図-2に示す。

3. 櫓設備概要

水圧管路立坑は櫓設備を用いて掘削を行う。なお, 掘削終了後は、水圧管路搬入に伴い、ズリシュート、 ズリキブル転倒装置、シャフトジャンボ搬入出装置を 取外す等、水圧鉄管搬入仕様に改造を行う。

(1) 櫓設備

櫓設備は鉄骨構造の櫓に、巻上設備、ズリキブル転 倒装置、ズリシュート等を装備し、スカホード(吊り 足場)、シャフトジャンボ、ズリキブルを坑内に吊り 込んで掘削作業を行う設備である。

当工事は、立坑掘削完了後に水圧鉄管(最大 L = $12 \, \mathrm{m}$)の吊り込みを行うため、櫓全体高さが $38 \, \mathrm{m}$ となっている。これは過去の櫓設備の中で最も高い設備となっている(メーカ談)。

表一 1 櫓設備諸元表

櫓訍	櫓設計条件					
1)	掘削径	φ 6. 4m				
2)	仕上径	φ6. lm(一次吹付け)				
3)	立坑延長	462.5m				
4)	水圧鉄管仕様	長さ12m、重量61000kg				
5)	荷重条件		最大吊り荷重 最大速			大速度
	キブル設備	200m迄	12300	kg	216	m/min
		200m以降	11100	kg	216	m/min
	スカホード設備		43000	kg	7.5	m/min
	エレベータ設備		500	kg	63	m/min
設備	設備仕様					
1)	スカホード設備	φ5.6m、3床式				
2)	エレベータ設備	500kg(7人乗り)				
3)	マッカー設備	0.35m ³ ズリ積み機				
	キブル設備	ズリ用:4.5m³(転倒式)				
4)		吹付けコンクリート用:2.5m³(エアー式)				
		充填コンクリート用:4.0m³(エアー式)				
5)	シャフトジャンボ	2ブーム油圧式				
6)	吹付け機械	アリバ(湿式)				
7)	卷上機	キブル設備		600kW		
		スカホード設備		75kW×2台		
		エレベーター	一設備	30kW	+15kV	V
8)	坑口設備	ジャンボ搬入出装置、坑口ドア、2.8tクレーン				
L°)		ズリシュート、	ズリキブル	レ自動軸	云倒装	置

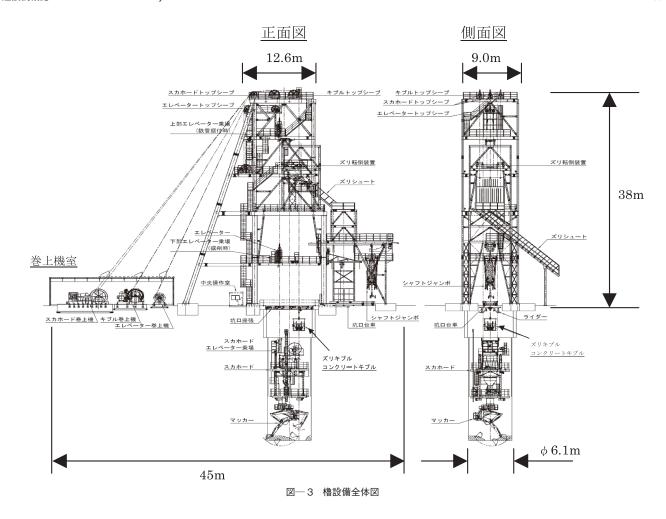




写真-1 櫓設備全景

櫓設備諸元表を表─ 1, 櫓設備全体図を図─ 3, 櫓設備全景を写真─ 1 に示す。

(2) スカホード

スカホードは立坑内を上下移動する吊り足場で、 ϕ 5.6 m の 3 床構造からなる。スカホード上または中央操作室より操作して最大 7.48 m/min の速度で移動す

ることができ、分類は懸垂式ゴンドラ(ケージ式)となり、所轄機関への設置届けおよび使用検査を実施している。スカホード上には吹付機(アリバー)、急結材添加装置等の機材を設置しており、また坑口から切羽へ降ろす資機材の通過位置には ϕ 2.2 m のベルマウス(開口)が開いている。地上からスカホードまでは7人乗りエレベータで移動し、切羽へは電動梯子を使用して昇降する。スカホード外観を**写真**—2,3に示す。

(3) マッカー

スカホード1床目下部に設置している掘削ズリ積込機 $(0.35 \, \text{m}^3 \, \text{積})$ である。駆動方式は油圧式で、これを操作して発破後の掘削ズリをズリキブルに積込む。マッカーを写真-2に示す。

(4) キブル

切羽への資機材搬入出や, 坑外へのズリ搬出を行うための設備で, 分類はガイドロープ式バケット型建設用リフトとなる。掘削ズリ搬出用のズリキブル $(4.5 \text{ m}^3$ 積), 吹付コンクリート搬入用のコンクリートキブル $(2.5 \text{ m}^3$ 積) の 2 種類のバケットの他, 鋼製支保工等

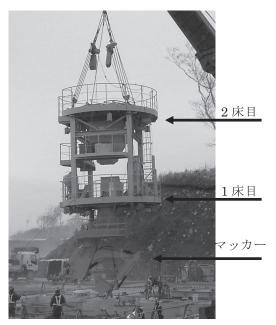
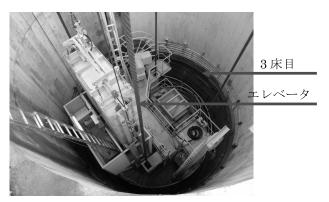


写真-2 スカホード外観(1床目,2床目)



写真一3 スカホード外観(3床目)



写真―4 ズリキブル外観

の資材,シャフトジャンボ等の機材もこの設備を使用して搬入出する。キブル巻上機で上下させ,最大速度は217 m/minである。ズリキブルを**写真**—4に示す。

(5) シャフトジャンボ

2 ブーム油圧式のシャフトジャンボで、発破時の削

孔及びロックボルトの削孔に使用する。スカホード1 床目下部に吊り下げ、サポーチングアーム(側方、4 箇所)及びスライドポール(下方、1 箇所)をトンネ ル壁面に張って固定し、削孔を行う。シャフトジャン ボ外観を写真—5 に示す。

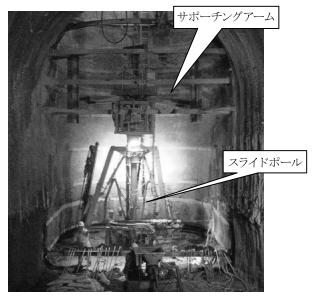


写真-5 シャフトジャンボ外観

(6) 巻上機

スカホード用、キブル用、エレベータ用の3種類がある。巻上機は巻上機室に設置されており、櫓設備頂部に設置されているトップシーブを介してワイヤーが各々の設備に接続されている。巻上機は全てインバーター制御を採用している。

4. 計画変更

(1) 掘削ズリ搬出方法

水圧管路立坑の掘削ではレイズボーリング終了間際に湧水に起因する孔壁の崩落により孔内が閉塞し、下部水圧管路に掘削ズリを落とすことが不可能となった。このため、掘削ズリを切羽から坑外へ搬出するため、櫓設備に以下の改造を行った。

- ・掘削ズリを坑外に搬出するために、ズリキブル $(4.5 \, \text{m}^3 \, \text{積})$ とズリキブル転倒装置、及びズリシュートを追加設置した。
- ・ズリ搬出時間を短縮するために、キブル巻上機を変

表-2 巻上機の変更内容

項目	変更前	変更後	
電動機	160 kW	600 kW	
最大巻上速度	68 m/min	217 m/min	

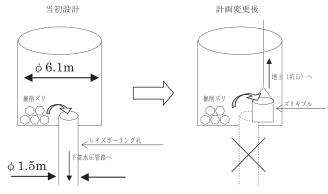


図-4 ズリ搬出方法概要図



写真―6 ズリシュート外観

更した。変更内容を**表―2**に示す。

ズリ搬出方法概要図を図─4に, ズリシュート外 観を**写真**─6に示す。

(2) 支保形式

当初設計では掘削工法はNATM工法を採用していた。しかし立坑坑口部の掘削時は、湧水や玉石交じりの岩の為にロックボルト挿入に時間がかかり、1 断面当たりの施工に5時間近く費やしてしまうこともあった。そのため標準断面部において、ロックボルトのない支保形式を採用して工程確保を図ることとした。支保形式は鋼製支保工および吹付けコンクリートと D10 鉄筋金網の組合せで鉄筋コンクリートとして評価した。施工方法の変更により CL級のサイクルタイムで44時間程度の短縮となった。支保パターンの代表例として CL級の支保パターンの変更経緯を表一3に示す。

表一3 支保パターンの変更経緯(CL級)

項目	ピッチ	鋼製 支保工	吹付け コンクリート	金網	ロックボルト
当初 設計	1.5 m	H100	10 cm	なし	3.0 m 12 本
変更後	1.2 m	H100	10 cm	D10	なし

※岩級区分は電研式岩盤分類に基づく。

(3) 冬季施工

当現場は北海道の中でも有数の豪雪地域であり、現 場までの通勤路も急勾配の山道で除雪の困難さや雪崩 等の危険性により、当初計画では12月上旬から4月 までは施工を中断する予定であった。しかし、レイズ ボーリング工に時間を要し立坑掘削工開始時期がずれ たことや、ズリ搬出方法の変更に伴う掘削サイクルの 増加に対して工程確保が課題となった。そのため冬季 の作業環境を考慮した、安全管理計画を入念に検討し た上で冬季施工に取り組んだ。具体的には、除雪体制 を整備し通勤路を確保したほか、櫓設備全体を建屋で 囲い氷雪の付着による設備不具合を防止し冬季間作業 に対応した。また、最も懸念されたのが吹付けコンク リートの運搬である。吹付プラントから立坑までの運 搬路が片道 10 km 程の急勾配の狭小路であり、積雪 のために吹付コンクリートの安定的な運搬が困難とな ることが予想された。そこで冬季間の施工については ライナープレートによる支保構造に変更した。CL級 のライナープレートの支保パターンを**表―4**に示す。

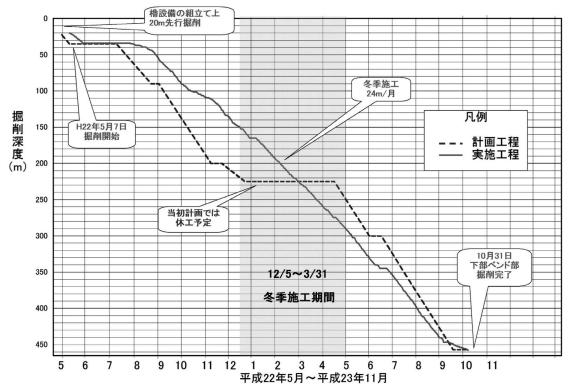
表―4 ライナープレート支保パターン(CL 級)

ライナープレート	t = 2.7 mm H = 500 mm		
補強リング	H100 @1.5 m		

施工にあたり、ライナープレート背面の空隙充填および空隙背面土圧を受けた際の地盤改良を目的とする 裏込め注入工を採用した。ライナープレートは立坑 ヤードに設置した冬季用の資材倉庫に保管し、裏込め 充填材および注入機材は、立坑ヤード近傍で施工済み の上部水圧管路にストックして対応した。

5. おわりに

今回の大深度立坑の施工では、工程確保に向けて掘削ズリ搬出方法や支保パターンの計画変更に取り組んだ。また、有数の豪雪地帯でありながら冬季施工に取組み、安全面に対しても万全を期した結果、平成23年10月31日に無事掘削を完了した。図—5に水圧管路立坑掘削工程表を示す。



図─5 水圧管路立坑掘削工程表

謝辞

大深度立坑の施工は、「トンネルの佐藤」としても、 社運をかけたプロジェクトであった。様々な困難を現 場担当者、作業員の不屈の努力と、協力会社、発注者 様のご協力をえて、無事平成25年末に竣工を迎える 事ができた。関係各位のご尽力に深く御礼申し上げる。

J C M A



[筆者紹介] 浜崎 尚(はまさき たかし) 佐藤工業㈱ 東京支店 京極作業所



根岸 秀樹 (ねぎし ひでき) 佐藤工業(株) 東京支店 京極作業所