

連続サイフォン式取水設備の施工と コスト縮減に向けた取り組みについて

札幌開発建設部 夕張シューパロダム総合建設事業所 ○紅林 俊
林 誠
高橋 孝広

夕張シューパロダムは、洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい、水道、発電を目的に、石狩川水系夕張川で建設中のダムである。本ダムでは、取水方式としては全国的に例の少ない連続サイフォン式取水設備を採用しており、その規模は国内最大級となる。本報告では本ダムで採用した連続サイフォン式取水設備の施工状況とコスト縮減に関する取り組みについて報告するものである。

キーワード：連続サイフォン、コスト縮減、設計・施工

1. はじめに

(1) シューパロダムの概要

夕張シューパロダム(表-1)は、石狩川水系夕張川上流に位置する大夕張ダムの再開発事業として、その直下155m地点に建設される多目的ダムである。

本ダムは、従来からのかんがい用水の補給・発電の他、新たに洪水調節・流水の正常な機能の維持・水道用水の供給という目的が加わることから、国土交通省、農林水産省、石狩東部水道企業団及び北海道企業局の4者による共同事業として事業が進められており、現在、本体打設量が60万m³を超え工事の最盛期を迎えているところである。

本ダムでは、取水方式としては全国的に例の少ない連続サイフォン式取水設備を採用しており、その規模は国内最大級である。本報告は、連続サイフォン式取水設備の施工状況とコスト縮減に向けた取り組みを取りまとめたものである。

設備工事と放流設備工事の2つに分割され発注されている。本取水設備工事は、堤体12BL上流側の取水塔部に、緊急時の水位低下を目的とした連続サイフォン式取水管2段と、貯水位の変動に応じて任意の位置から取水可能な連続サイフォン管28段およびその制御装置を設置するものである。本ダムの最大取水量は83m³/sであり、連続サイフォン式としては国内最大級の取水設備である。

取水設備の型式については、建設及び維持管理コストの比較を行い、連続サイフォン式を採用している。連続サイフォン式取水設備は、同規模の円形多段式取水設備と比較した場合、鋼製ゲートがなく取水塔がコンクリート構造であることから、鋼構造物の重量が半分以下となる。またゲートを使用しないため水中に可動部がなく、維持管理についても大幅な縮減が図られている。

表-1 夕張シューパロダム諸元

目的	洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい、水道、発電
型式	重力式コンクリートダム
堤高	110.6 m
堤頂長	390.0 m
堤体積	940千 m ³
流域面積	433 km ²
湛水面積	15.0 km ²
総貯水容量	427,000千 m ³
有効貯水量	367,000千 m ³

(2) 取水設備工事概要

本ダムでの利水放流設備に関わる工事(図-1)は、取水



図-1 夕張シューパロダム取水放流設備配置図

(3) 工事の経緯

工事は製作工と据付工からなり、平成20年3月より取水設備の製作を開始した。連続サイフォン式取水設備の積雪寒冷地での採用は全国初の試みであることから、凍結防止対策等について様々な工夫が取り入れられてい

る。

また、取水設備は堤体 12 ブロックの上流側に位置し、ダム本体と一体施工される。本体工事との作業の輻輳を避けるため、取水塔上流に取水設備の地組及び据付用クレーンの設置を行う仮設構台の設置を、平成 21 年 9 月よりおこなった。

堤体の打設が EL228.0 まで完了した、平成 21 年 10 月より底部取水管の据付工事に取りかかった。EL251.0 まで打設が完了した、平成 22 年 9 月より上部 28 段の取水管の据付を開始した。これまで本体工事であるコンクリート打設、グラウト作業との作業調整を行いながら、平成 22 年度 11 月まで全 30 段中 12 段の据付を完了した(写真-1)。



写真-1 取水管12段据付完了

2. 連続サイフォン式取水設備の構造

(1) 全体の機器構成

連続サイフォン式取水設備は、逆V字型の取水管、スクリーン、空気制御装置、水面センサー及び操作制御盤により構成され、従来の取水設備にある巻き上げ機は不要となる(図-2)。各機器の役割は、表-2 に示す通りである。

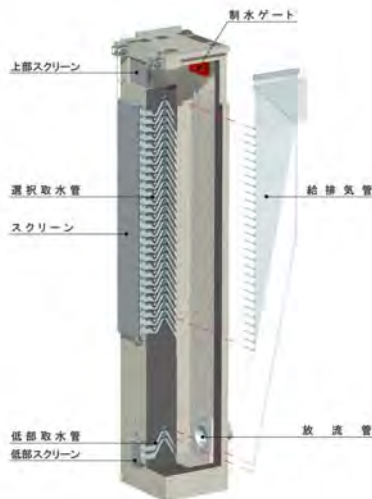


図-2 連続サイフォン式取水設備

表-2 機器の役割

スクリーン	取水管管口に配置し、流水や塵芥の流入を防止する
取水管	逆V字形状の角形ステンレス鋼管であり、頂部の空気の出し入れにより通水制御を行い、任意の取水管から取水を行う
空気制御装置	操作室内に配置され、コンプレッサー、レシーバタンク、給気弁、排気弁、真空ポンプにより構成される。取水管内の給排気を行う
水面センサー	給排気管と接続され、取水管内の圧力を検知することにより、取水管内の水面位置を検出するセンサーである
操作制御盤	所定の取水管より取水を行うために、給気弁や排気弁、コンプレッサーなどの操作や制御を行う

(2) 取水管

取水管は、連続配置を考慮し矩形断面をもつ逆V字型としている(図-3)。各取水管頂部に空気を出し入れすることにより、通水と遮断を行い、任意の取水管から取水を行う。通水の遮断は、操作室内の空気制御装置から取水管内に空気配管を通じて空気を送り、頂部に空気溜まりを発生させて行う。取水管を連続配置しているため、ほぼ連続的な水位追従取水が可能である。

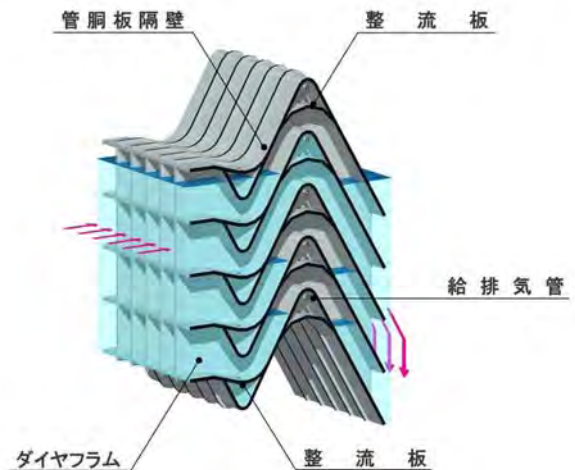


図-3 取水管構造

(3) 空気制御装置の系統

空気制御装置は、コンプレッサーにより圧縮された空気をレシーバタンクに蓄圧することにより、給気量を確保しながらコンプレッサーの小型化を図っている。コンプレッサーとレシーバタンクは、万が一の故障時の対応、輸送の制限及び規格品の使用を考慮し、各々2台以上設置することとしている。

取水管の水面位置は、エアロック状態を維持するために圧力式水面センサーにより、常時監視を行う。エアロックされた取水管内の水面圧力と給排気管内の圧力が同一であることを利用し、取水管内の水面位置を検知する。この方法は、圧力式水面センサーを操作室内に配置でき、

取水塔を格段にスリム化できる画期的なものである。

(4) 取水設備の諸元

本ダム取水設備の諸元を表-3に示す。なお、取水範囲は、最低水位から常時満水位までとする。ダムの目的にかんがいを含まため、温水放流の要求が高いことから、取水管の形状については、水温の高い貯水池表層からの温水を得るため、可能な限り幅広い形状とすることとし、ダムのブロック幅から取水塔の側壁厚さを控除し、10mとした。取水管の呑口高さは、ダム・堰施設技術基準(案)により、呑口流速、流動層厚及び適切な放流水温を確保するため、1段当たり1.5mとし、取水量に応じて最大4段まで同時に取水するものとした。取水管の使用材質は、常時水没・取水の状態にあり、交換が困難であることからステンレス鋼を選定した。凍結防止装置には、サイフォン管のエアロックに悪影響を与えない水中ミキサ式凍結防止装置を選定した。

表-3 夕張スーパーダム取水設備諸元

設計条件および設計仕様			
取水設備	取水設備型式	連続サイフォン式	
	取水方式	選択取水	
	取水範囲	NWL.297.000 m～LWL.259.600 m (37.4 m)	
	最大取水量	83.0 m ³ /s	
	設計水位	NWL.297.000 m + 風波浪高	
	操作水位	NWL.297.000 m + 風波浪高	
	止水方式	空気ロック方式	
	取水口選択方式	空気制御方式(空気ロックの形成および解除)	
	開閉速度	0.3 m/min 程度(1段の空気ロックを約5分)	
	空気制御装置	コンプレッサー(2台)、レシーバタンク(4台)、給排気バルブ(1式)、給排気管(1式、予備配管含む)、真空ポンプ(1台)	
取水管	取水管内圧計測装置	圧力測定モジュール	
	操作方式	機側操作、水位追従自動操作および遠方操作	
	管型式	ステンレス鋼製逆V字形連続サイフォン管	
	数量	28段	
付属設備	取水塔内外用凍結防止装置	水中ミキサ方式	
	水位計管	昇降装置	電動式
		型式	露出管
呑口空気管	型式	埋設管	
	口径	300 A	
口径	150 A		
口径	150 A		

3. 施工状況

(1) 施工条件

取水塔は、先に述べたようにダム本体と一体で施工されるため、工事の輻輳をさけるために仮設構台の設置をおこなった(写真-2)。仮設構台は、地組した取水管を300t クレーンを用い吊り込める位置及び構造とし、幅16m、長さ50mの広さとした。仮設構台の据付にあたってはダウンザホールハンマー工法を用いた。

仮設構台上及び周辺には、堤体上及び取水塔上での作業を極力少なくし、短時間で取水管を据え付けるため、

地組ヤードを設け、地組立てをおこなった(写真-3)。地組ヤードは3箇所設置し、地組、溶接、吊り込み作業が同時に行えるよう工夫した。トレーラトラックで輸送できる大きさに3分割した取水管を地組ヤードで地組し、幅10m、奥行6.5m、高さ1.5mの取水管を組立て、取水塔部へ吊り込みを行った(写真-4)。



写真-2 仮設構台



写真-3 地組ヤード



写真-4 地組立状況

(2) 取水管据付状況

底部取水管の据付は平成21年に堤体上から実施した。上部の取水管の据付は、仮設構台上の地組ヤードから300tクローラークレーンを用いて吊り込みを行った。つり込み後、上下方向の取水管を接合する必要があることから、溶接機材を設置した上部作業小屋を取水管上につり込み、さらに取水管の上下流面及び左右面にスライド足場を設置した(写真-5)。

作業員は上部作業小屋、スライド足場及び取水管内部に設置した内部足場を利用し、溶接作業をおこなった(写真-6,7)。作業工程は、取水管の地組立、取水塔上への吊り込み、取水塔上での溶接を一連の作業とし、これを繰り返した。連続サイフォン頂部へ空気を送り込む空気配管については、打設リフトに合わせ堤体上にて、据付を行った。



写真-5 上部作業小屋とスライド足場



写真-6 内部足場



写真-7 溶接状況

(3) 気密試験状況

溶接は、半自動溶接の両面溶接とした。取水管一段当たり、約100mの溶接が必要となるが、気密の確保が必要な溶接箇所については、全溶接線長について真空引き試験を実施した(写真-8)。また溶接線長の5%についてX線検査を実施し、連続サイフォン頂部に確実に空気が溜まるよう確認をおこなった(写真-9)。また、空気配管については、完全にコンクリートに埋設されてしまうため、全溶接箇所について、真空引き検査を実施し、空気配管からの空気の漏れにより取水設備が制御不能となることがないようにした(写真-10)。



写真-8 取水管真空引き試験



写真-9 X線検査



写真-10 空気配管真空引き試験

4. コスト縮減取り組み状況

(1) 空気配管の埋設

当ダムにおいては、取水管の給排気を行う空気配管は露出配管で計画されていた(図-4)。しかしながら、積雪寒冷地に位置する本ダムにおいては、凍結防止装置の故障等による湖面結氷や空気配管への氷の付着の影響がゼロではないことや冬期の空気配管内の凍結を防ぐために設置するヒーターの電力金が年間 9,000 千円と高額なことから、空気配管を取水塔壁内へ埋設し、ヒーターを設置しないこととした(図-5)。また、ヒータを設置するために二重構造としていた空気配管を単管に変更した。

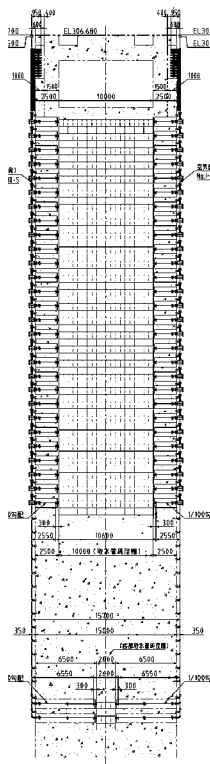


図-4 空気配管露出構造

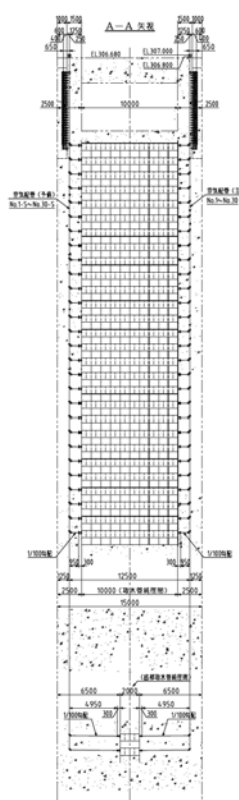


図-5 空気配管埋設状況

(2) フランジの埋設

空気配管の埋設にあたって、埋設後は部品交換が不可となることから、Oリングの交換が必要なフランジ継ぎ手(図-6)を廃止し、継ぎ手は差込継ぎ手(図-7)として、その全溶接箇所にて気密試験を実施することとした。完成後の管の破損及び漏気への対応としては、応急的にはグラウチングで用いるエアパッカーを空気配管深部まで挿入して膨らませることで空気配管への吸排気が可能となり、また、恒久的な対応としては、空気配管内をライニング処理することで機能回復させることが可能である。その他、空気配管内で凍結が起こることが懸念される場合には、定期的な取水位置の変更や取水管に過剰に空気を送り込んでブローさせることにより、空気配管内の空気の入れ換えを行って管内の凍結を防止することも検討している。

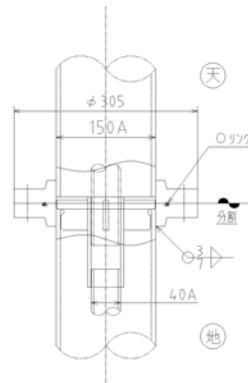


図-6 フランジ継ぎ手

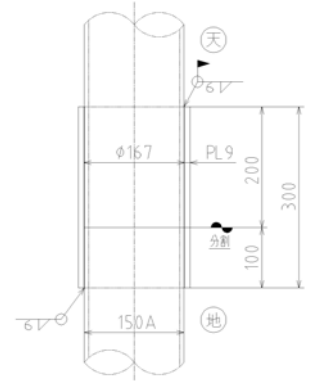


図-7 差込継ぎ手

(3) 削減額

これらの取組により、材料・制作・据付費で1億円程度、管理費で年間 9,000 千円程度のコスト縮減が見込まれるものと考えている。

5. 施工上の課題

(1) 取水管の設置

取水塔部は本体との一体施工であり、本体のRCD打設、取水塔部のポンプ打設は基本的に同一リフト内では一連で打設される。

取水塔部では、取水管や空気配管を設置する本工事の他に本体工事で行う取水塔躯体の鉄筋組立、スライド型枠設置、コンクリート打設、グリーンカット等の作業が1リフト毎に実施される。

また、1リフトの打設間隔は最短で中3日であり、前述した一連の作業をこの期間内で納める必要がある。

本工事では、取水管据付が堤体打設スケジュールに影響を与えないように、堤体外に設置した架設構台上で組立及び吊り込み作業を行い、堤体(取水塔躯体)打設リフ

トよりも3～4段上方へ先行させた(写真-11)。また、最上段に作業小屋を設置して取水管の溶接作業を行い、堤体打設スケジュールへの影響を極力排除した。



写真-11 取水管吊り込み

(2) 空気配管の設置

コスト削減への取組状況で述べたとおり、空気配管を露出配管から埋設配管へ変更したことにより、コスト削減を図った。しかし、当初の露出配管が取水塔の完成後に全ての空気配管を設置する計画であったのに対し、埋設配管では本体打設と同時に進められる取水塔躯体のコンクリート打設に合わせて空気配管の設置を行わなければならない。打設行程に影響を与えないように短時間で、据付・溶接・気密試験の一連の設置工程を行う必要があった(写真-12)。このため、本体、取水設備の2工事間の工程調整を綿密に行ったほか、据付架台及び専用の試験機器(写真-10)を製作して作業の効率化を図った。



写真-12 鉄筋と空気配管

6. おわりに

近年、公共事業に対するコスト削減への社会的要請が強まる中、特に大規模事業であるダム事業においても、徹底したコスト削減による建設費や維持管理費の低減が

求められている。夕張シューパロダムでは、本体の設計段階で、基礎掘削量の低減や低品質骨材の有効利用をはかるとともに、連続サイフォン式取水設備を採用することで大幅なコスト削減を進めてきた。今回、連続サイフォン式取水設備の空気配管の埋設、ヒータの削減を検討し、施工に反映することで更なるコスト削減を実現した。

本ダムでは、ダム本体工事の進捗にあわせ、取水設備の据付を実施しており、平成22年度は30段中12段の設置を完了した。次年度は今年度より多い、残り18段の据付を完了する予定であることから、より効率的な施工が求められている。今後も更なるコスト削減方策を検討するとともに、安全で確実な施工を心がけていきたい。

参考文献

- 1) 八千代エンジニアリング株式会社:平成17年度夕張シューパロダム取水設備実施設計外業務成果