

ニューマチックケーソン工法による 姉川ポンプ場建設工事

西村 峻介

滋賀県 北部流域下水道事務所 （〒522-0002 滋賀県彦根市松原町1550）

琵琶湖流域下水道木之本西幹線姉川ポンプ場は、長浜市（旧びわ町、湖北町、高月町）西部の処理区域から木之本西幹線により集水され、姉川を横断してきた汚水を揚送水するための中継ポンプ場である。2018年度の供用開始を目指し、2014年3月から建設工事に着手しており、地下部の鉄筋コンクリート構造物をニューマチックケーソン工法により施工した。

本稿は、姉川ポンプ場の設計概要及びニューマチックケーソン工法による地下構造物築造にあたっての精度管理、漏気対策等に関する技術的工夫について報告するものである。

キーワード 流域下水道，ポンプ場，ニューマチックケーソン工法

1. はじめに

東北部処理区は、琵琶湖流域下水道4処理区のなかで、湖南中部処理区に次ぐ規模をもち、彦根市、長浜市を中心とする東北部地域4市4町を対象とする処理区である。2014年3月31日現在、東近江市を除く3市4町で供用しており、下水道普及率は78.9%となっている。また、処理区域の拡大を図るべく、長浜市内、東近江市内で幹線管渠の延伸工事を行っている。

姉川ポンプ場は延伸工事を進めている木之本西幹線の終点（長浜市高月町字西柳野）から約7.9km下流の姉川左岸側に位置し、姉川を横断してくる下水を揚送水するための中継ポンプ場である。送水された下水は、木之本東幹線、長浜第一幹線を経て東北部浄化センターで高度処理された後、彦根旧港湾に放流される。

2018年度の木之本西幹線供用開始を目指し、2014年3月から姉川ポンプ場の建設工事に着手し、ニューマチックケーソン工法によりポンプ場地下構造物を施工した。

表-1 姉川ポンプ場の計画概要

位 置	長浜市川道町	
敷地面積	930 m ²	
全体計画	姉川ポンプ場	東北部処理区(参考)
処理区域面積	468.7 ha	13,994.3 ha
処理人口	8,350 人	344,890 人
日平均汚水量	3,057 m ³ /d	170,800 m ³ /d
日最大汚水量	3,855 m ³ /d	205,800 m ³ /d
時間最大汚水量	5,648 m ³ /d	320,647 m ³ /d

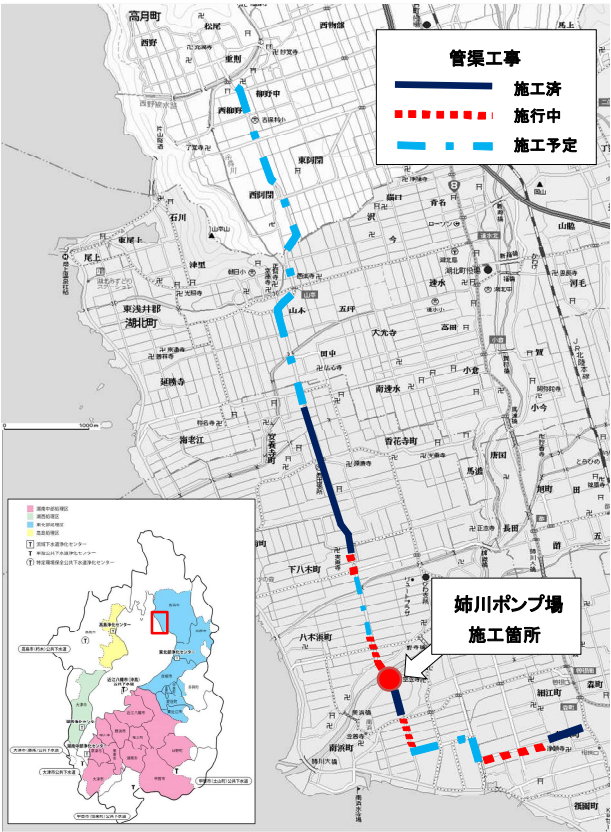


図-1 琵琶湖流域下水道木之本西幹線全体図

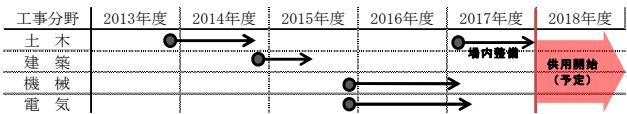


図-2 姉川ポンプ場施工スケジュール

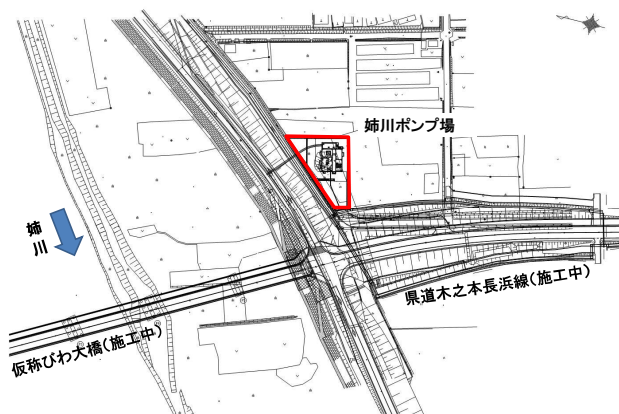


図-3 姉川ポンプ場付近見取図

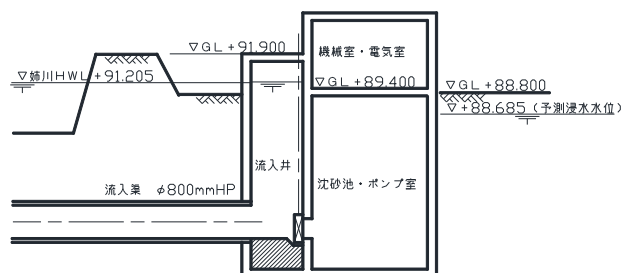


図-4 計画地盤高の決定

2. 姉川ポンプ場の設計概要

(1) 小規模ポンプ場としての設備設計

姉川ポンプ場は、計画流入量が約 $3.9\text{m}^3/\text{min}$ と小規模なポンプ場であることから、経済性、維持管理性、危機管理性等を十分考慮した上で、極力、施設・設備の簡素化を図ったコンパクト型ポンプ場として計画・設計を行った。簡素化の例は、以下のとおりである。

- ・カーブ推進工法によって直接流入井に推進管を接続することとし、流入人孔を省略した。
- ・流入井にインバートを設置し流速を上げ、水路に傾斜をつけて土砂が堆積しにくい構造とすることで、従来設置されている沈砂池、砂だまりを省略し、土木構造物を小さくした。
- ・一般的に流入時にスクリーンで除去された夾雑物などのし渣は、回収され場外搬出されるが、除去・回収に加え破碎する除塵設備仕様とし、破碎したし渣を水路に戻し下流へ圧送することで場外搬出を不要とした。

一方、小規模ポンプ場であれば省略可能とされる流入部の緊急遮断ゲートについては、河川管理者との協議により、堤外地からの河川水流入など不測の事態に備え設置することとした。

(2) 計画地盤高の検討

ポンプ場は、基幹施設として位置づけられる重要な施設であることから、周辺地域が浸水した場合においてもその機能が停止されることは避けなければならない。そのため、姉川ポンプ場の計画地盤高は、姉川・高時川の浸水想定区域図の浸水予測値に対して10cm程度の余裕をもたすこととした。また、周辺地盤高から違和感がないこと、掘削量、盛土量のバランスが取れることを考慮し、計画地盤高をTP+88.80mとした。

姉川HWLと計画地盤高の関係は、図-4に示すとおり、 $\text{姉川HWL} = \text{TP} + 91.205\text{m} > \text{計画地盤高} = \text{TP} + 88.800$ であることから、堤内地への河川水流出防止対策として、流入井スラブ天端高をTP+91.900mとした。

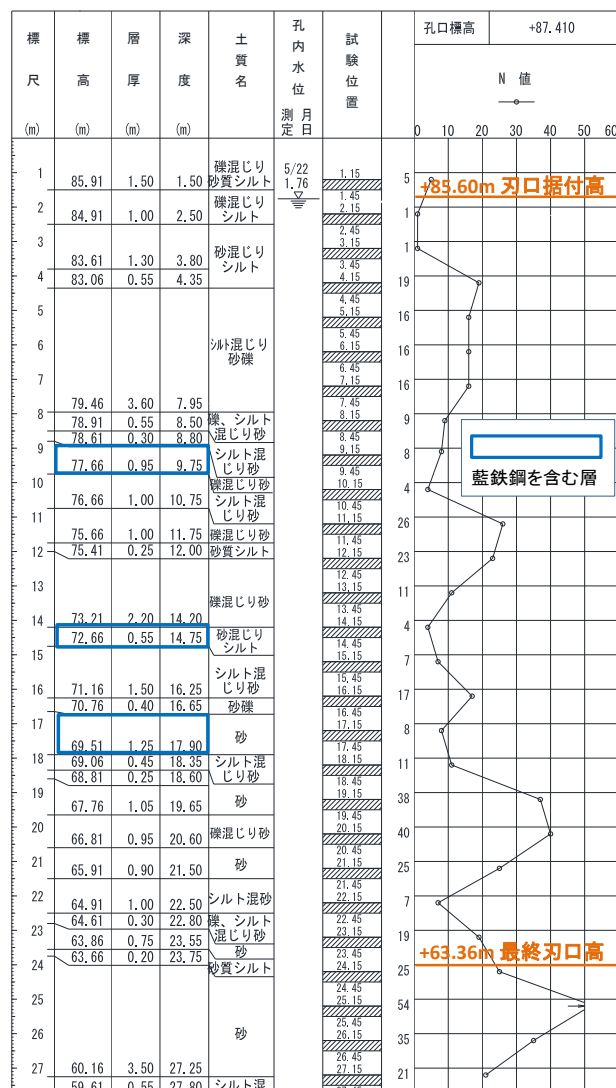


図-5 施工箇所のボーリング柱状図

(3) 土質条件

施工箇所の基礎地盤土質は、図-5に示すとおり、層厚の薄い礫・砂・シルトの互層であり、全体としてゆるい土層で構成されている。また、一部に藍鉄鋼を含む層が確認されている。

地下水位はTP+85.49～TP+85.65と地盤面から-1.8m付近で安定して存在している。

(4)施工方法の検討

姉川ポンプ場の地下構造物築造にあたっては、掘削深さが20m以上であること、敷地北側境界が姉川左岸堤防と隣接していること、土質の主体が砂質土でゆるい状態にあることなどの設計条件を考慮し、施工方法を土留開削工法（SMW壁＋底板改良）、圧入オープンケーソン工法、ニューマチックケーソン工法に絞り込み構造的、施工性、環境影響、経済性、工期などを比較検討した。

その結果、地上部で構造物が構築できることから施工性、品質確保に優れること、剛性の大きい本体構造物が土留め壁を兼ねるため掘削に伴う変位の影響が少ないこと、掘削に伴う排水が発生せず環境性に優れること、内部構築と沈設が併行でき工期短縮が可能であることなどからニューマチックケーソン工法が総合評価として最も優位であった。

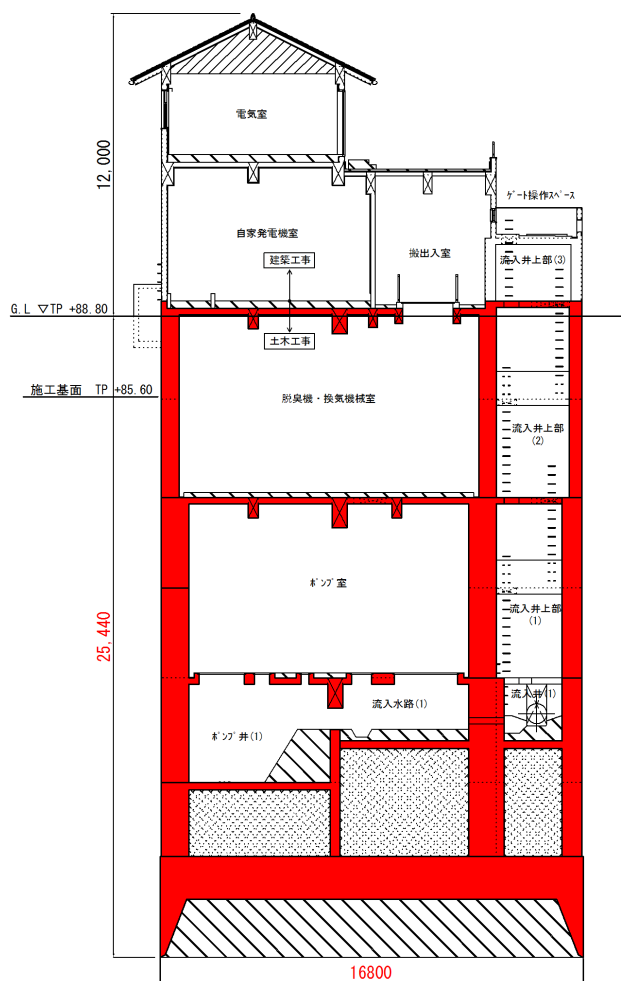


図-6 姉川ポンプ場構造図

3. 土木工事の概要

工事名 平成25年度 第11号 琵琶湖流域下水道東北部
木之本西幹線姉川ポンプ場建設工事

工期 2014年3月25日～2015年9月15日

請負人 大豊・大山建設工事共同企業体

主たる工事内容

- ・ポンプ場築造工（図-6）

地下2階＋水路部（25.44m）、地上2階（12.00m）

掘削土量 4,550m³、コンクリート工 2,336m³

- ・ケーソン設備工 1式（図-7）

掘削面積 188.7m²（概ね長辺 16.7m 短辺 11.8m）

沈下深さ 22.24m、最大作業気圧 0.22MPa

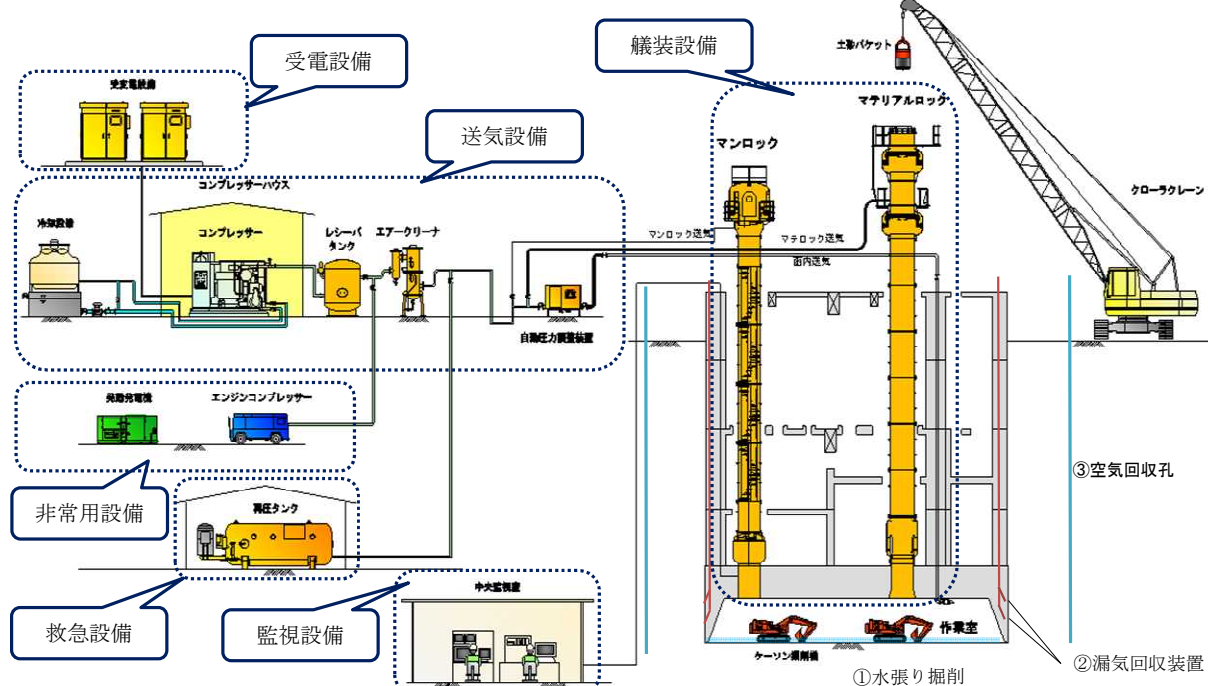


図-7 ニューマチックケーソン設備

(1)ニューマチックケーソン工法の概要

本工法は、ケーソン本体の下部に気密性の作業室を設け、空気圧により湧水を防ぎながら掘削作業を行い、地上で構築した構造物を所定の深さまで沈下させていく工法である。

沈下掘削に必要な設備としては、人の出入りを行うマンロックや資材等の搬出入を行うマテリアルロックなどの艀装設備、コンプレッサーやエアクリーナーなどの送気設備、発動発電機やエンジンコンプレッサーなどの非常用設備、ホスピタルロックなどの救急設備などがあり、各設備の機器制御、函内圧力の管理、沈下・傾斜のデータ蓄積などは、中央監視室(写真-1)で行われる。

本工事では、高さ2,940mm～4,200mmの範囲で土木躯体を7ロットに分割し、地上部での構築、函内掘削による沈設を繰返し行う。沈下完了後は、ケーソンショベルを解体し、地耐力試験を行い、作業室内に中埋めコンクリートを打設する。その後、作業室への送気を停止し、艀装設備を解体、開口部のコンクリート打設をして地下構造物の完成となる。

施工中は、地層の変化や土質の不均一に伴う躯体の急激な沈下や傾斜の抑制、過圧気に伴う漏気がないようケーソンの精度管理、漏気対策を行う必要がある。中央監視室では、リアルタイムで傾斜状況や沈下量の監視、圧力制御を行っており、函内作業者とコミュニケーションをとりながら蓄積したデータと現場状況を踏まえた施工管理を行っている。

以下、(2)、(3)では、本工事で実施しているケーソンの精度管理及び漏気対策について記載する。

(2)ケーソンの精度管理

ケーソン沈設の初期段階は、側方の地盤反力が乏しいため傾斜しやすく、また刃口据付けのため改良した地盤から砂混りシルト層へ移行した際に急激な沈下が発生する可能性があるため、ガイド杭+ガイドローラーを設置し傾斜の抑制を図った。また、ケーソン掘削の1回あたりの沈下量は一般的に40cm程度であるが、本工事の初期

段階は20cm以内に低減し、こまめな傾斜や変位の修正を行うことで傾斜や偏心の抑制を図った。その結果、最も傾斜が発生しやすい初期段階での瞬間最大傾斜は120mmに抑制され、精度の高い沈設が可能となった。

また、常時、刃口先端部4か所に設置した地盤反力計により傾斜傾向を監視し、傾斜が発生した際は、必要に応じて刃口に着脱式の付刃口を使用することで沈設時の傾斜修正・抑制を図ることとしていたが、付刃口が必要となる傾斜は発生しなかった。

(3)漏気対策

ニューマチックケーソン工法の施工において、最も警戒すべき事項の一つが函内作業室に過剰な圧縮空気を送ることによって発生する刃口からの漏気(エアブロー)がある。

漏気は、周辺井戸への漏出や地盤の乱れ・沈下、既設構造物や隣接工事への影響などを引き起こす恐れがある。さらに、2.(3)土質条件で述べたとおり、姉川ポンプ場施工箇所である姉川河口部の地層には、藍鉄鉱を含む層が確認されており、この藍鉄鉱が空気にさらされることで酸化し、酸欠空気となる。万が一、漏気し酸欠空気が周辺井戸に放出、滞留した場合は、重大事故に直結する可能性があるため、本工事では、リアルタイム監視制御による徹底した函内圧力管理に加え、3つの漏気対策をとり安全性の向上を図ることとした。

- ①掘削中の作業室内は水を張った状態とする。(写真-2)
- ②躯体全周に2段の漏気回収装置を設置する。(写真-3)
- ③躯体周辺にブローホールを8か所設置し、常時、酸素濃度を測定する。(写真-4)

また、酸素欠乏症等防止規則第24条第1項に定められる井戸調査については、図-8に示す圧気部分の周辺1km以内のある全戸を対象に井戸分布調査(669箇所)を行い、測定可能な井戸(94箇所)の酸素濃度測定を実施した。施工前、施工中、施工後(断気後)に測定した結果、全ての井戸で酸素濃度低下等の異常はなかった。



写真-1 中央監視室の状況



図-8 井戸調査範囲



写真-2 作業室内水張り掘削の状況



写真-3 漏気回収装置の設置状況



写真-4 ブローホールの設置状況

5.まとめ

姉川ポンプ場の設計概要およびニューマチックケーソン工法による施工概要のまとめは以下のとおりである。

- ・施設・設備を極力省略したコンパクト型ポンプ場として計画・設計を行った。
- ・ポンプ場は重要な基幹施設であるため、周辺地域が浸水した場合でも揚送水機能が確保できるように計画地盤高を設定した。
- ・地下構造物築造の施工方法は、施工性、品質確保に優れること、周辺環境への影響が抑制できること、工期が短いことなどからニューマチックケーソン工法を採用した。
- ・傾斜が発生しやすい初期掘削時には、ガイドローラー等の傾斜対策設備を備えるとともに、沈下掘削時にケーソン状態をこまめに修正することで大きな傾斜・変位は発生しなかった。
- ・漏気については、藍鉄鋼を含む地層があることから、徹底した圧力管理に加え、水張り掘削の実施、漏気回収装置、ブローホールの設置により対策を行った。
- ・酸欠空気が漏出する可能性があるため、周辺1km以内全戸を対象に井戸分布調査を行い、可能な井戸については酸素濃度測定を行った結果、酸素濃度の低下等は確認されなかった。

2015年1月8日に、ニューマチックケーソン工法により地下部25.4mまで沈設が完了し、その後、地耐力試験、中埋めコンクリートの打設後、1月19日に断気し、ニューマチックケーソン工法は完了した。幸い本体工事は、着工から大きな事故、トラブルもなく順調に進み、現在は、上屋の建築工事を進めているところである。

今後も、円滑かつ安全に工事を進め、土木・建築工事を完工し、2018年度の供用開始に向け、別途発注する機械・電気設備工事に引き継いでいけるよう努めていきたい。



図-9 姉川ポンプ場完成予想パース