

ニューマチックケーソン工法による 深さ70mの大深度立坑の築造

—東京都芝浦水再生センター・
森ヶ崎水再生センター間連絡管建設工事—

北村 昌文（前田・鴻池特定建設共同企業体 JS大井作業所 所長）

東京都下水道局では、水再生センター再構築時に不足する水処理能力を他の水再生センターで補完するとともに、地震等の災害時における水処理・汚泥処理のバックアップ機能の確保を目的とする事業を推進している。その一環として、東京南部地区に位置する芝浦水再生センターと森ヶ崎水再生センターとをつなぐ連絡管を約60mの深さに構築する事業を平成25年度より進めている。

図-1 にルートを示す、図-2 に連絡管の断面を示す。

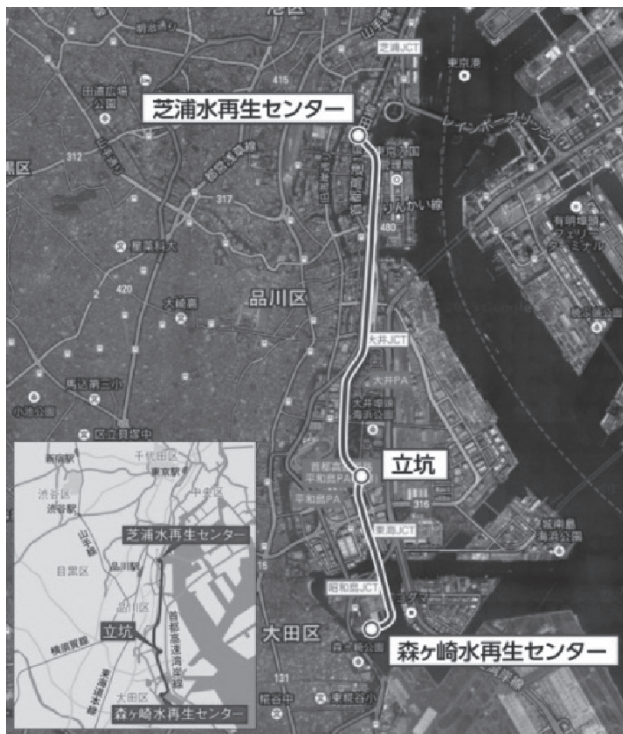


図-1 連絡管のルート

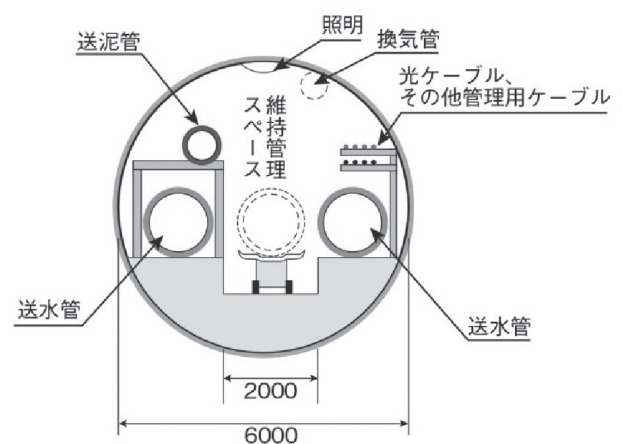


図-2 連絡管の断面

1 工事概要

本報告の立坑は、森ヶ崎水再生センターから約2.3km、芝浦水再生センターから約5.6kmの地点にあり、京浜運河に隣接している大井ふ頭中央海浜公園の中に位置する。立坑構築後、この立坑から両水再生センターに向かってシールド掘進する計画であり、工事期間中は両方向に発進する立坑と

して使用する。工事完成後は点検用の設備を築造し、管理用の施設となる。

立坑の構築は、大深度の実績が多い「ニューマチックケーソン工法」にて施工する。工事概要は以下のとおりであり、**図-3**に立坑の構造と地質柱状を示す。また、**写真-1**に立坑全景を示す。

【工事概要】

発注者	日本下水道事業団
施工者	前田・鴻池特定建設共同企業体
工事場所	東京都大田区東海地内
工期	平成25年9月26日～平成27年11月30日
工事諸元	立坑外径 $\phi=19.0\text{m}$ 立坑深さ $H=71.8\text{m}$ 掘削工 $V=21,508\text{m}^3$ コンクリート工 $V=8,605\text{m}^3$ 鉄筋工 1,167.8t



写真-1 立坑全景

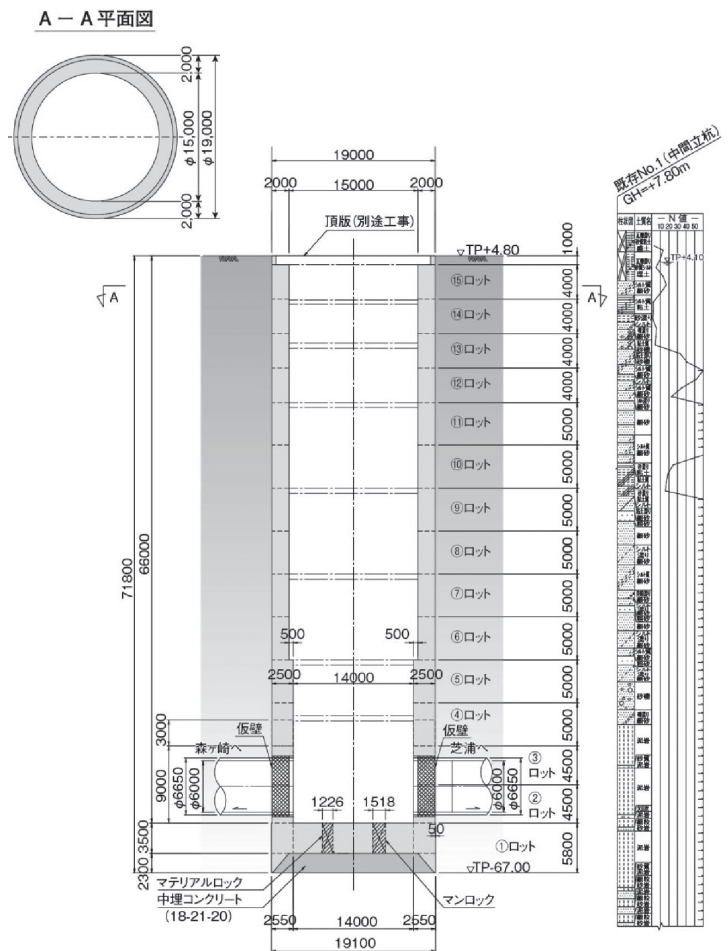


図-3 立坑の構造と地質

2 施工

(1)全体フロー

立坑は、全体を15ロット(底版部1ロット、側壁部14ロット)に分割して施工し、側壁部の1ロットの高さは5.0mと4.0mである。

標準的なサイクルは、躯体構築を昼間(8:00～

17:00)、ケーソン沈下掘削工は昼間部を除く時間帯(17:00～8:00)を2方体制で施工している。おおむね、現在1ロットを1.0ヶ月で施工しており、平成27年2月の時点で10ロットが完了している。**図-4**に施工順序を、**図-5**に実施工程を示す。

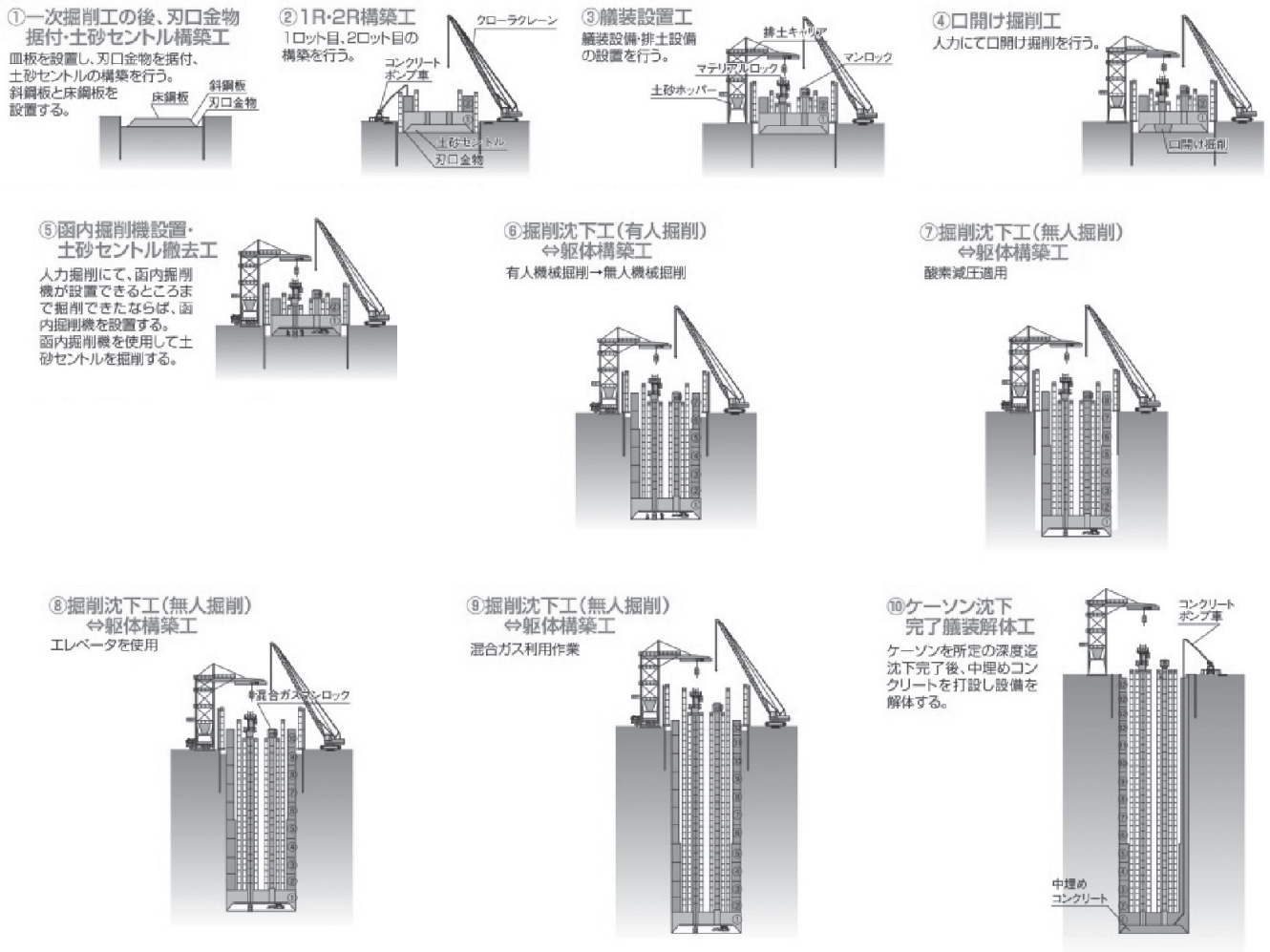


図-4 施工順序

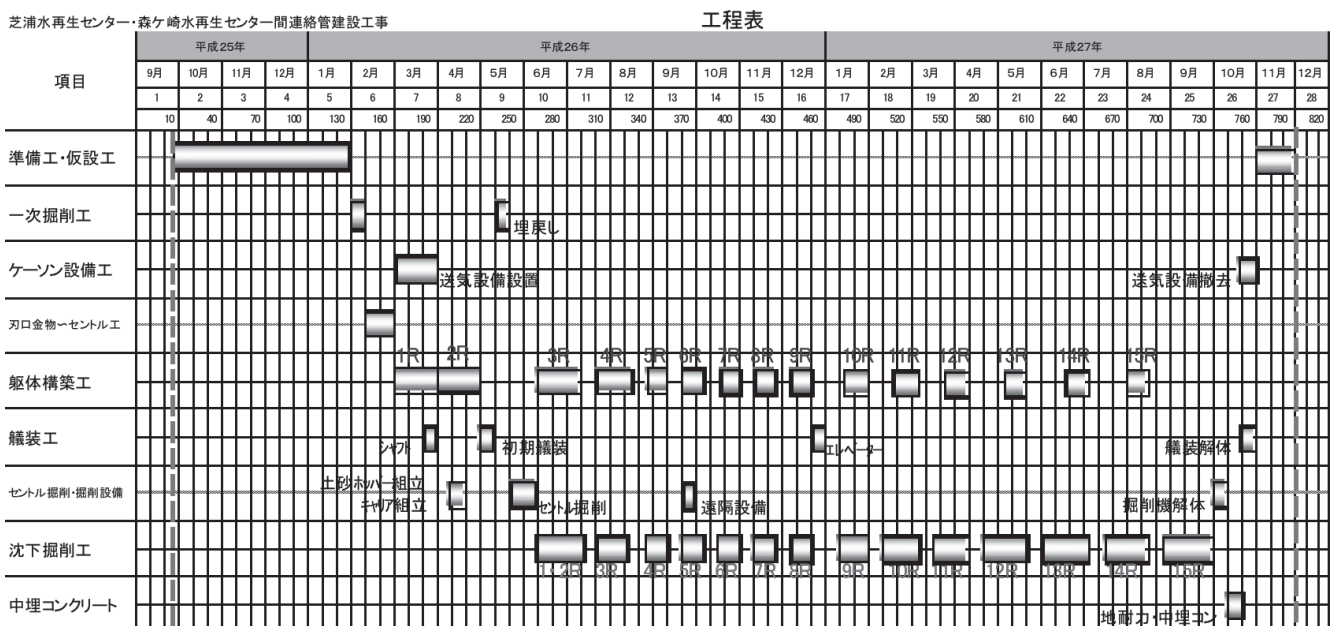


図-5 実施工程

(2)ニューマチックケーソン工

①沈下掘削

作業室内にケーソンショベルを3台天井に据え付け、その間に衝突防止台車を設置してお互いが接触しないようにして掘削する。作業気圧0.18MPaまではオペレーターが直接操作して掘削

する「有人機械掘削」にて行ったが、作業気圧が高くなると作業時間の制約を受けることから、地上遠隔操作による「無人機械掘削」にて行っている。写真-2に作業室内のショベルの配置を、写真-3に地上遠隔操作室内における遠隔操作の状況を示す。



写真-2 函内掘削状況



写真-3 遠隔操作状況

沈下を促進するために、沈下と平行して側壁と地山との空隙部に滑材(商品名:ネオモール21)を注入している。この材料は、粉末状の一液型滑材であり、粒状弾性体(高吸水性樹脂)が土粒子の

間隙へ目詰まりをおこし、初期粘性が高いことから摩擦低減効果が大きい材料である。さらに、立坑内に注入して水荷重により鉛直荷重を確保していく。図-6に沈下関係図を示す。

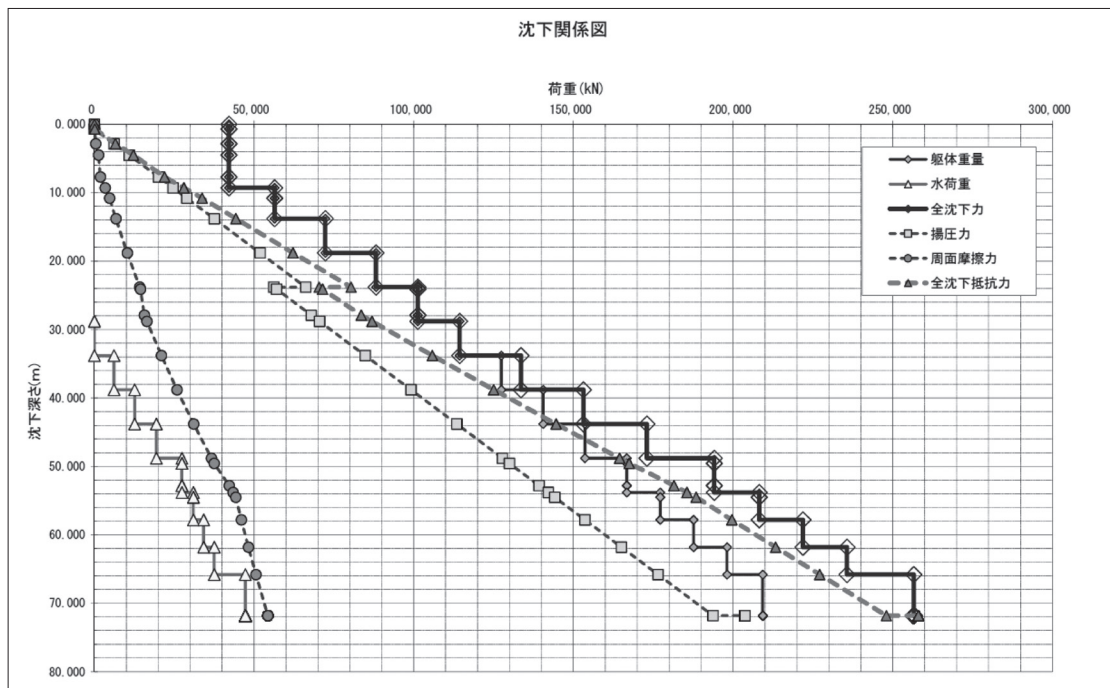


図-6 沈下関係図

掘削した土砂は作業室内にて1 m³のアースバケットと排土キャリアにて地上に引き上げて一旦50m³の土砂ホッパーに貯める。その際、マテリアルロックの中を通過していくが、排気における騒音対策として、上部に消音装置を設置した。写真-4に消音装置を示す。発生土はその後、大型ダンプトラックに積み込んで所定へ搬出する。

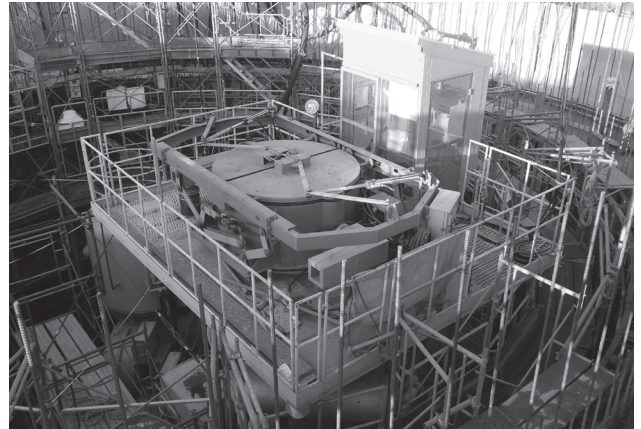


写真-4 消音装置

②ケーソン設備

図-7に設備配置(平面)、図-8に設備配置(断面)を示す。

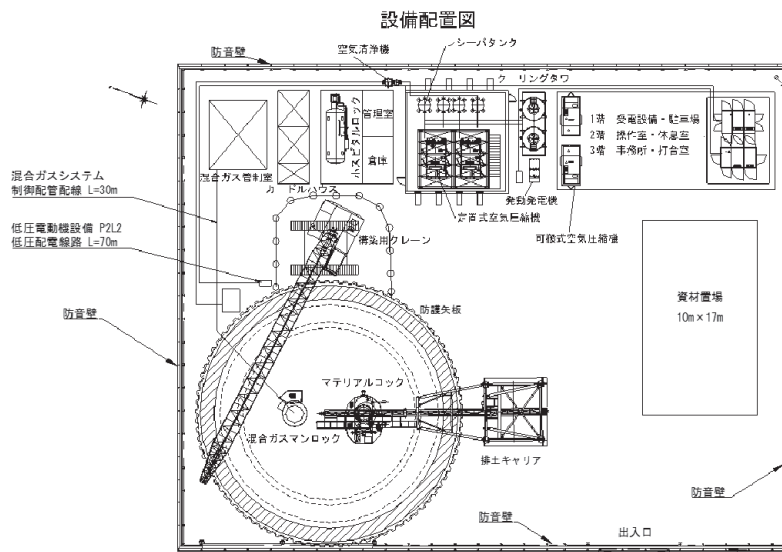


図-7 設備配置(平面)

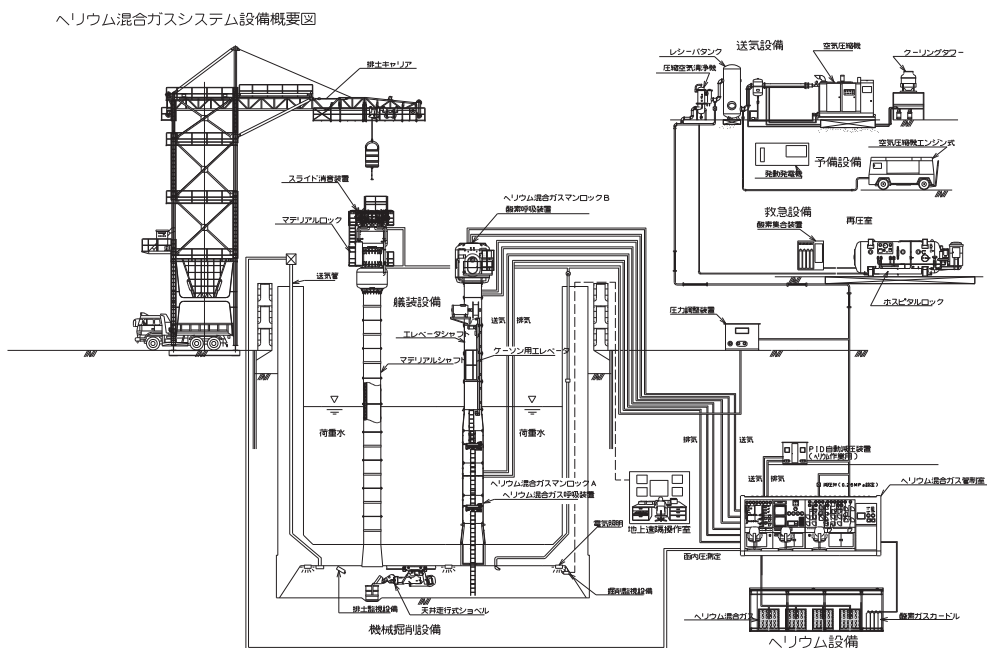


図-8 設備配置(断面)

③ 施工管理

施工中では各種計測機器を配置して、ケーソン躯体に働く力(刃口反力、周面摩擦力)、沈下時の姿勢(鉛直変位、傾斜)などを測定し、実際の状況を計測管理によってリアルタイムに検証しながら施工を進めている。計測システムはパソコンを使用した自動測定を採用している。図-9に計器の配置、図-10に計測管理の一例画面を示す。

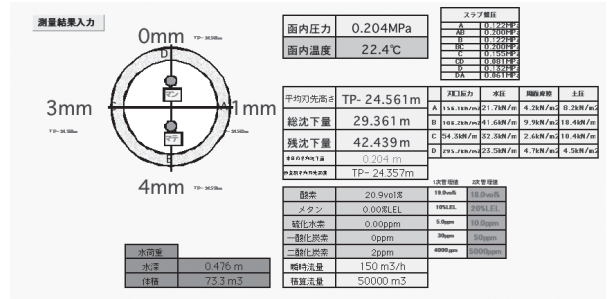


図-10 計測管理画面の例

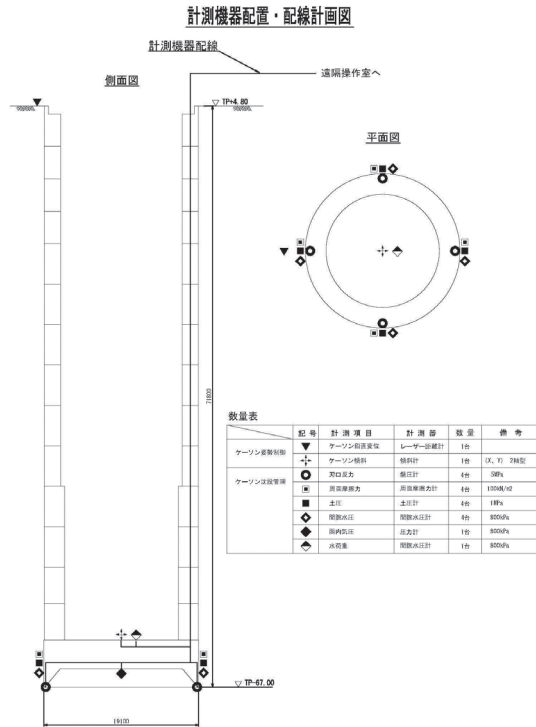


図-9 計器の配置

④ 安全管理

本工事における特長の一つに大深度ということがあり、最大作業気圧0.54MPaと高い。そのため、減圧症対策に重点をおいており、その主な設備は以下のとおりである。

- ・酸素減圧：0.18MPa以上
- ・ヘリウム混合ガス使用：0.39MPa以上
- ・エレベーターの早期使用：30m以深

さらに、自動減圧装置ならびに減圧管理システムを併用して、所定の減圧時間を確実に確保するとともに、個人の入退坑記録をコンピューターにて管理している。

一方、函内の作業環境も重要な安全管理の一つであり、酸素濃度や有害ガス等5項目をリアルタイムに監視し、異常値が発生した場合にはただち

に警報にて周知するシステムを導入している。

⑤ さらなる工夫

本施工においては、以下に示すさらなる工夫を行って品質向上、安全性の向上に努めている。

- ・圧入設備を用いて傾斜の修正を行い、初期沈下時の精度を確保した。
- ・地上からの遠隔操作による無人載荷試験を実施して、高気圧下での有人作業を無くす。
- ・コンクリート打設管理システムを採用し、躯体コンクリートの品質向上に努めている。これは、IC機器を活用した情報化施工であり、コンクリートの出荷時間、受入時間、荷卸完了時間をリアルタイムで把握することで品質保証していくものである。

(3) 躯体工

① 施工フロー

躯体工の標準的な1サイクルを図-11に示す。

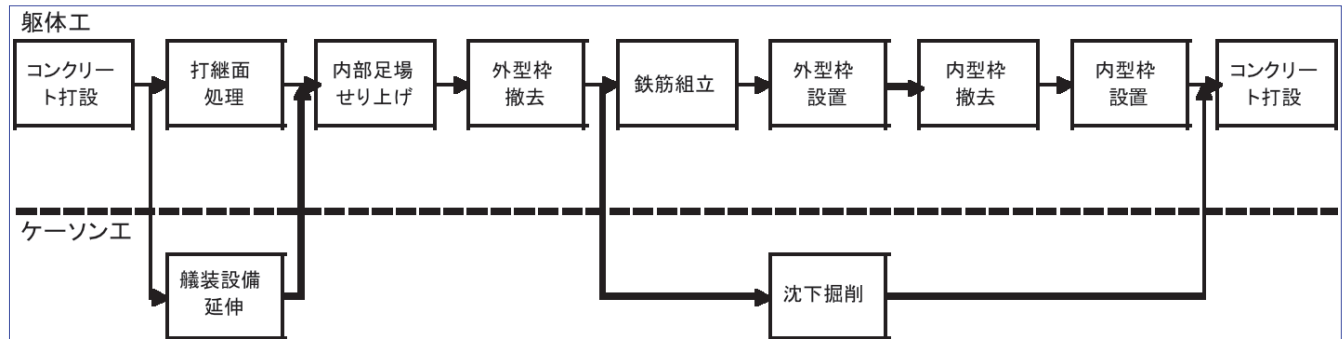


図-11 躯体工の標準的なサイクル

② 鉄筋組立

底版部分は高密度配筋となっており、約250kg/m²の鉄筋量であった。側壁部分の組み立ては内部足場、外部足場を利用して行っている。また、シールド発進する断面にはシールド機の Cutterビットで直接切削できる新素材(NOMST部材)を補強材として使用した。写真-5に設置状況を示す。

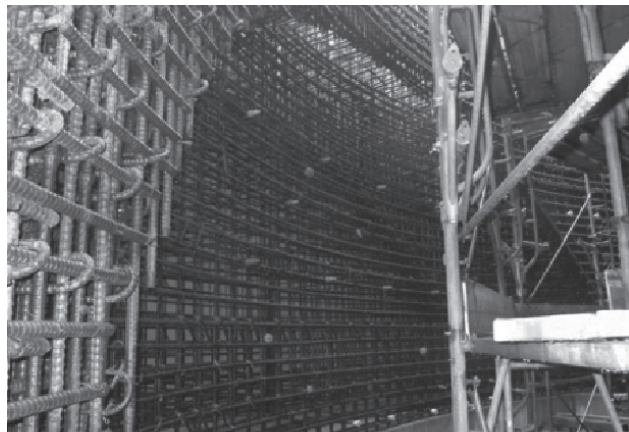


写真-5 NOMST壁

③ 型枠組立

従来の木製にかわって、鋼製の大型枠を使用した。これは、工程確保とともに狭隘な用地の有効利用を目的として計画した。鋼製大型枠は、円周方向を15部材(最大1.7t)に分割し、工場で曲面加工した部材を現地で組み立てるものである。写真-6に設置状況を示す。

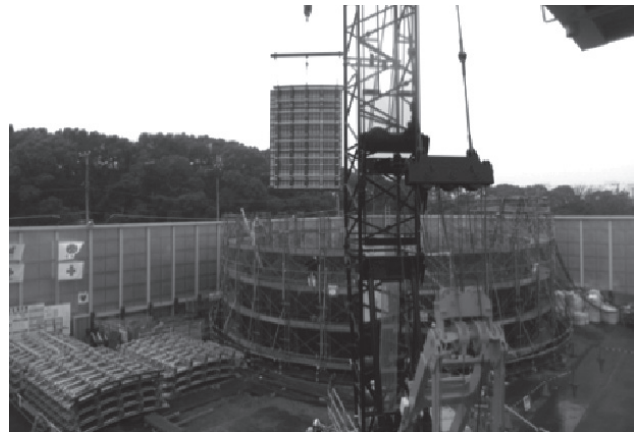


写真-6 鋼製大型枠

3 おわりに

本立坑は、ニューマチックケーソン工法としては現在日本で一番深い構造物であり、都市部における立坑としても最深度クラスである。そのため、沈下掘削の施工精度確保のために工夫しているとともに、作業室内の気圧が高いことから、様々な

減圧症対策を施している。

平成26年5月末より沈下掘削を開始し、平成27年1月末の時点で約42mの沈下が完了している。今後、11月末までの71.8mの沈下掘削を完了させる予定である。

現場見学会レポート

◆災害に強いまちづくりを目指した工事

2月19日(木)、東京都大田区東海地内の東京都芝浦水再生センター・森ヶ崎水再生センター間連絡管建設工事の見学会を開催し、会員各社から30名が参加しました。当日は朝から快晴で、見学会日和となりました。近くに大井埠頭中央海浜公園や大田スタジアムがあるこの現場では、水再生センターの処理能力の補完と、災害時における水処理、汚泥処理のバックアップ機能を確保するための工事が行われています。

現場事務所に集合し、会議室で北村所長から工事概要の説明を行っていただいた後、2班に分かれて立坑と遠隔操作室を交代で見学しました。まず、ヘルメットと安全帯を装着し、立坑建設現場へと移動します。地上から10m以上もある躯体を上ると、緑があふれていて、木々に囲まれた現場ということが実感できます。躯体は鉄筋が高密度で配筋されており、参加者の方々は熱心に立坑を覗き込みながら写真を撮っていました。掘削した土砂を運ぶための排土設備も、間近で見るととてもダイナミックで見応えがあります。

次に躯体を下りて地上遠隔操作室へ移動。室内には3台の遠隔操作機器と監視モニターが並んでおり、モニターには地下の作業室の様子が映されています。平面図と立面図を交えて掘削作業の流れを詳しく説明していただいた後、実際にクレーンオペレーターの方に遠隔操作を行っていただきました。



続いて会議室に戻り参加者全員が集まると、ニューマチックケーソン工法の全体概要や開発の歴史、これからの無人ケーソン工法の技術進化等の説明をしていただきました。最後は質疑応答が行われ、有人機械掘削から地上遠隔操作による無人機械掘削に切り替えるタイミングや、沈下による滑材利用についてなど、多くの質問が出ました。

連絡管のように人々の目には見えない構造物が、私たちの暮らしを守っているということを実感できる見学会となりました。

