

狭隘部における大深度ニューマチックケーソンの施工 千代田区永田町一丁目付近再構築立坑設置工事

小 滝 勝 美・大 澤 繁・上 村 稔

東京都下水道局においては、経営計画 2010 における合流式下水道の改善対策の一環として、千代田区永田町、平河町における皇居周辺地域の下水の放流先を、これまでの内濠から第二溜池幹線へ切り替えるための主要枝線を新設する計画である。本工事は主要枝線をシールド工法により構築するための発進立坑を築造するものである。

当該地区は永田町と言う特殊環境の中にあるとともに、非常に狭隘な施工ヤード内に大深度ニューマチックケーソン立坑を構築する、難易度の高い工事であった。

本報告では、狭隘なスペースにおける施工上の工夫や輻輳して埋設された近接構造物への対応を中心に、大深度ニューマチックケーソン工法の施工方法について紹介するものである。

キーワード：ニューマチックケーソン工法、狭隘スペース、大深度立坑、無人化施工

1. はじめに

千代田区永田町、平河町近辺の下水道管渠の大部分は、布設後約 50 年が経過し老朽化が進行している。

また、近年多発しているゲリラ豪雨等による浸水被害を未然に防ぐためには、排水能力の向上が必要である。さらには、この周辺地域の下水道は雨水と生活排水が同じ下水管を流れる合流方式のため、処理能力を超えた下水は皇居の内濠に流れ込む構造となっており、内濠の水質悪化の一因となっている。

このため、処理能力の大きな下水道管渠を再構築し

て浸水被害を防ぐとともに、下水の放流先を内濠から隅田川に変更して、皇居内濠の水質を改善するために本事業を進めているものである。

図-1 に本事業における再構築ルートを示す。

2. 工事概要

本工事は、主要枝線(φ 2,200)を新設するためのシールド発進立坑を、ニューマチックケーソン工法により構築する工事で、その概要は以下に示すとおりである。なお、図-2 に立坑の一般構造図を示す。

工 事 名：千代田区永田町一丁目付近再構築立坑設置工事

工事場所：東京都千代田区永田町一丁目

発 注 者：東京都下水道局

工 期：平成 22 年 3 月 29 日～平成 24 年 11 月 8 日

工事内容：立坑築造工 1 基

平面形状 = 外径 φ 13.0 m (内径 φ 10.0 m)

底面積 = 134.8 m²

掘削深度 = 59.4 m (13 ロット)

最大気圧 = 0.40 MPa

ニューマチックケーソン工法

鉄筋工 約 450 t

コンクリート工 約 3,400 m³

掘削沈下工 約 8,000 m³

計測工 1 式

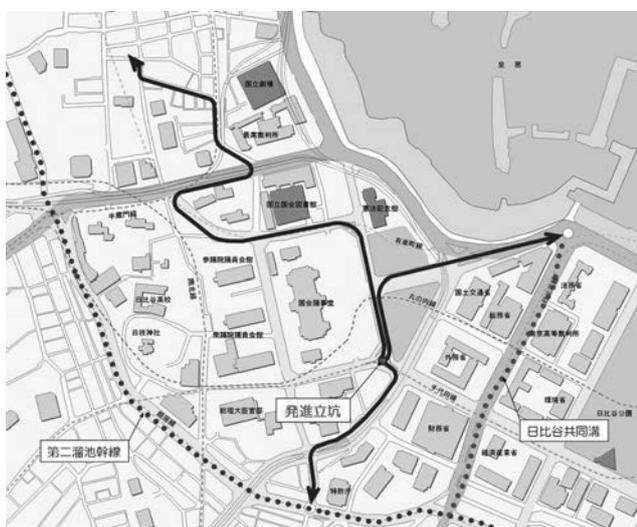
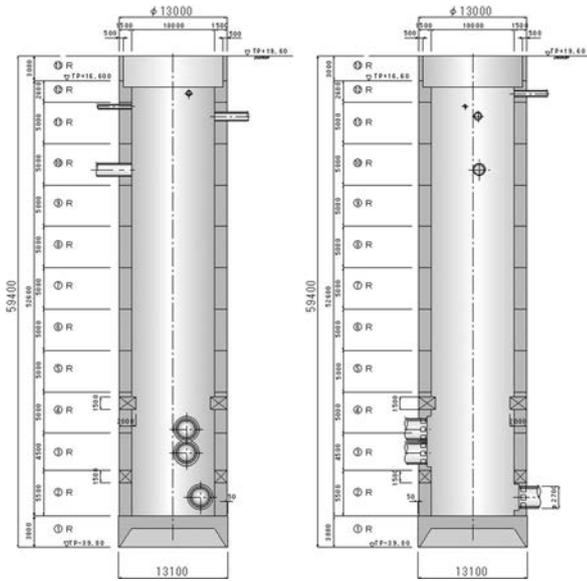


図-1 再構築ルート図



図一 立坑一般構造図

3. 狭隘部での設備配置

本現場は周囲を交通量の多い道路に囲まれた狭隘な三角形緑地帯（約 1,000 m²）での平面的制約と、千代田区の景観条例による高さ制限（10 m 以上は区との協議が必要）もあり、仮設備の配置計画や施工上での工夫を行った。写真一に着工前の施工現場の様子を示す。



写真一 着工前の様子

(1) 仮設備配置計画

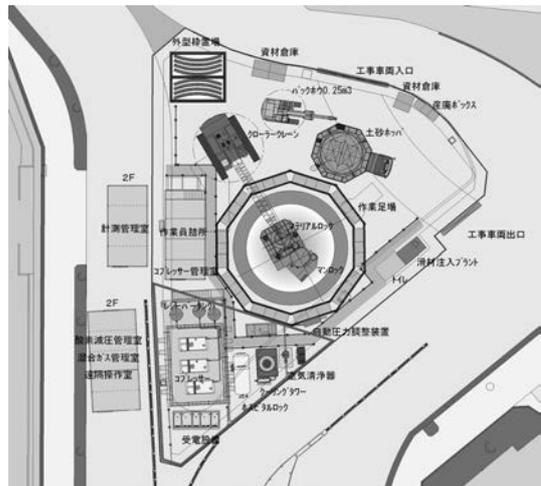
ニューマチックケーソン工法に必要な諸設備の配置は、掘削沈下および構築作業に支障がないように、配置位置や順序を考慮して計画的に行った（写真二）。

本現場におけるケーソン設備の平面配置を図一三に示す。同図中の下方三角形部分（太線で囲んだ範囲）は、ケーソン躯体構築を先行すると揚重設備の作業半径外となり、後からの設備配置ができないため、事前に送気設備・受電設備等の仮設備を配備した。

また、コンプレッサーの防音ハウス上にはH型鋼



写真二 仮設備配置状況



図一三 仮設備平面配置図

によりステージングを行い、中央管理室・見学室を設けて省スペース化を図った。

(2) 型枠収納設備

躯体構築のための鉄筋については、加工スペースや置場等が確保できないため、別な場所で用意したものを搬入して組み立てた。一方、型枠については大組型枠を用い、型枠解体時の一次保管場所として専用のストックゲージを配備し、コンパクトな収納を可能とした（写真三）。



写真三 型枠ストックゲージ

(3) コンクリート打設時の対応

図-3の仮設備平面配置図を見ても明らかなように、各ロットの躯体コンクリート打設時には、コンクリートポンプ車とトラックミキサー車を配置するスペースが確保できない。

このため、型枠ストックゲージは組立・解体が可能なものとし、コンクリート打設時には解体してスペースの確保を行った。また、土砂ホップも邪魔になるためクレーンにより移動する等、重機の配置を含めて綿密な配置計画を行った。

図-4にコンクリート打設時の設備配置図を示す。



図-4 コンクリート打設時の設備配置図

4. 大深度立坑の施工

本立坑の掘削深度は地表面下 59.4 m の大深度となり、最大函内圧力も 0.41 MPa と想定されていた。

このため、本施工では作業員の安全確保、作業効率、施工性の向上を目的として無人掘削工法と酸素減圧ならびにヘリウム混合ガス呼吸システムを採用した。

(1) 無人掘削工法

掘削沈下の初期段階においては過沈下状態が続いたことから、キャタピラ式掘削機を投入し所定の開口率を保ちながら慎重に施工を行った。

また、無人化施工の開始は、減圧症の発症率が 0.18 MPa から飛躍的に高まることと、有人掘削と無人掘削能力が 0.18 MPa を境として逆転することから、減圧症発症防止対策並びに掘削能力確保を目的として 0.18 MPa から実施した。

写真-4, 5 に遠隔操作状況と函内での掘削状況を示す。



写真-4 遠隔操作状況

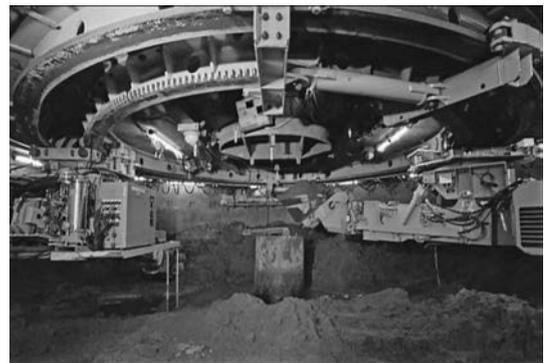


写真-5 無人掘削状況

(2) 減圧症防止対策

0.18 MPa からは無人掘削が行われるものの、掘削機等の函内設備のメンテナンス作業や故障時の対応のためには、どうしても作業員が函内に入って作業を行う必要がある。このため、減圧症発症防止対策として 0.2 MPa からは酸素減圧を、0.39 MPa からはヘリウム混合ガス呼吸システムを採用した。

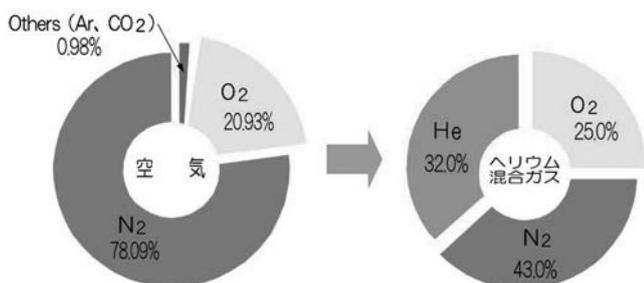
酸素減圧とは、高気圧作業の減圧に際して、マンロック内の減圧停止圧力が 0.12 MPa になった時点から酸素呼吸マスクを用いて供給される酸素を 25 分間吸入し、その後酸素呼吸マスクを外してマンロック内の高気圧空気を 5 分間呼吸することを繰り返して減圧する方法である。これは体内に蓄積された窒素をいち早く対外に排出させる酸素窓効果という作用を利用した呼吸方法である (写真-6)。

ヘリウム混合ガス呼吸システムは、0.39 MPa を超えるような高気圧下では、減圧症の発症率が飛躍的に高まり、通常の空気呼吸により作業を行うと窒素濃度が高過ぎ、減圧時に酸素減圧を実施しても全ての窒素を対外に排出することが困難となる。

このため、高気圧下での呼吸ガスとして窒素濃度をできるだけ小さくするため、窒素の一部をヘリウムガスに置き換えたヘリウム混合ガス呼吸システムを併用した。本現場で用いたヘリウム混合ガスの成分比は、



写真一六 酸素減圧の様子



図一五 ヘリウム混合ガス成分比

酸素 25%、窒素 43%、ヘリウム 32%である。図一五には空気の成分比とヘリウム混合ガスの成分比を示している。

(3) 沈下促進工

周面摩擦低減を目的とした滑材としては、一般的にはベントナイト溶液等が用いられているが、地山の崩壊やベントナイト水溶液の地山への逸泥および地下水による希釈等の原因で、周面摩擦抵抗力の低減効果が薄れるなどの問題があった。

このため、本現場においては地下埋設物などへの影響を考慮し、ケーソン沈設に伴う周辺地盤の引き込みや地山の崩壊を防止する効果を併せ持った、推進工事などで多くの実績を有している高吸水性樹脂系滑材を採用した（写真一七）。



写真一七 沈下促進材

(4) エアブロー対策

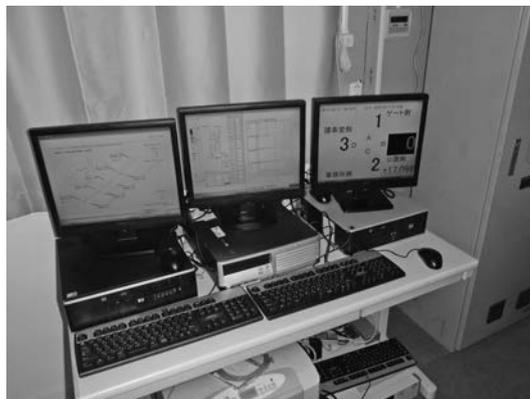
本現場においてはあらかじめケーソン刃口部にエアブロー回収装置を設置した。また、施工での対策として砂質土層の掘削では、実際の間隙水圧よりも函内気圧を低く設定し（2 kPa 程度）、刃口先端を常に函内の水位以下にした水掘り掘削を実施した。

なお、施工場所の近距離には国会議事堂の地下室などが存在するため、万が一の漏気に備えて施工ヤードの国会議事堂側に観測井戸を設け、水位変動を監視する地下水位計と酸欠空気の有無を監視する酸素濃度計を設置し、それぞれの計測データを中央管理室のパソコンに表示し常時監視した。

(5) 情報化施工

本現場においては様々な情報化施工を実施し、ケーソンの沈設管理と近接構造物への影響管理等に用いた。

ケーソン躯体に各種計測機器を設置し、安全かつ高精度な沈設を行った。傾斜計によりケーソン躯体の傾きを常時把握して姿勢制御を行い、刃口反力計からは沈設時期の予測を行った。また、間隙水圧計と函内気圧計で函内水位を制御し、ガス検知器では有害ガスの発生や酸欠空気の有無を監視した。これらの計測データは中央制御室のパソコン上に常時表示された（写真一八）。

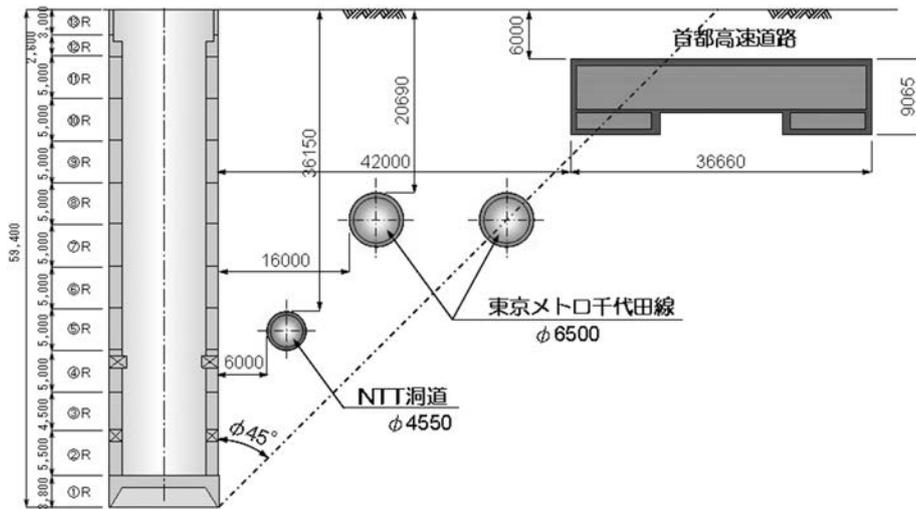


写真一八 パソコン表示画面

5. 近接構造物への対応

本立坑の近接構造物としては、NTT とう道と東京メトロ千代田線並びに首都高速都心環状線などがあり、それぞれの構造物と立坑の位置関係を示すと図一6のとおりである。

施工中の影響管理については本工事の施工に先立ち構造物管理者と事前協議を実施し、首都高速並びに東京メトロは施工者側で、NTT とう道は管理者側で構



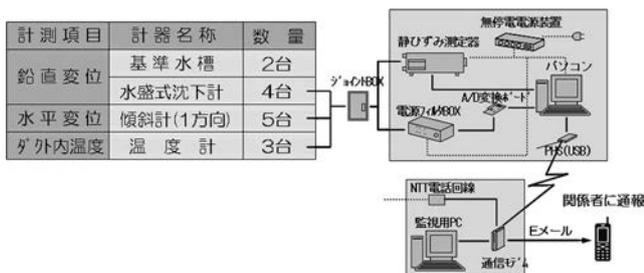
図一六 立坑と近接構造物の位置関係

造物の変状計測を実施した。

なお、近接構造物への影響を事前予測するため、ボーリング孔に多段式傾斜計と層別沈下計を設置し、側方変位と鉛直変位を計測した。

(1) 首都高速の計測管理

立坑中心より半径 80 m を要注意範囲と定め、トンネル延長 120 m 区間を計測範囲とした。首都高の送気ダクト内に沈下計と傾斜計を設置し、計測値を現場事務所のパソコンに表示するとともに、管理基準値を超えた場合には自動的に警報を発するシステムとした(図一七)。



図一七 首都高変位計測システム図

(2) 東京メトロ千代田線の計測管理

東京メトロ千代田線の計測管理項目は表一に示すとおりであり、立坑に最も近接する 40 m 区間について、電車の終電から始発までの列車運休時間を利用

表一 変状計測項目一覧表

種別	計測機器等		回数	備考
	名称	数量		
鉛直変位	水準測量	10点	15回	手計測
水平変位	水平測量	5点	15回	手計測
軌道測定	四項目の狂い量		2回	手計測
構築調査	構築のクラック、剥離等		2回	目視・写真

して、基本的には手計測を実施した。

(3) 地盤改良の実施

その他の近接構造物としては、東京電力人孔と管路並びに NTT 人孔と管路が特に近接しており、ケーソン躯体壁面から 50 cm の距離にあった。このため、ケーソン沈設時の共下がり防止を目的に近接防護として高圧噴射攪拌工法による地盤改良を実施した。

6. 環境対策

本工事の周辺環境としては、永田町とのこともあり住宅等はないものの、重要施設が立地していることから、騒音対策には万全を期した。

ニューマチックケーソン工法自体は比較的騒音の少ない工法ではあるものの、コンプレッサー運転音や圧縮空気の排気・漏気音、さらには土砂バケットの接触音などが発生するため、騒音対策として以下について実施した。

(1) コンプレッサー運転音

コンプレッサーは防音ハウス内に設置して騒音低減を行った。また、発生頻度は少ないものの、本現場においてはコンプレッサーからレシーバータンク間の配管に共鳴音が発生したため、その対策として配管途中にサイレンサーを設置した。

(2) ワイヤボックスからの漏気音

掘削作業中に土砂バケットがマテリアルロックを介して函内にある間は、吊りワイヤーが通るための穴が貫通している。このため、その隙間から圧縮空気が漏れて笛を吹くような音が発生し、函内気圧が高くなる



写真—9 ワイヤボックス消音装置（音イーター）

につれて大きな騒音となる。この騒音対策として、本現場においては写真—9に示すようなパネル開閉式ワイヤボックス消音装置を設置した。本装置による騒音低減効果は、函内気圧 0.4 MPa で約 30 dBであった。

7. おわりに

本工事は東京都の都心部、国会議事堂を中心として中央官庁が林立する環境条件の中で実施され、工事期間中には周辺からの苦情や近接構造物への影響も無く、平成24年11月に無事完成を迎えることができた。今回の施工データが今後も益々大型化・大深度化する

であろうニューマチックケーソンの施工技術向上の一助となれば幸いである。

謝辞

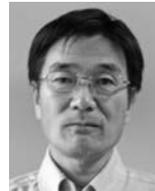
最後になりますが、本工事は東京都下水道局のご指導の下、無事故で無事に工事を完了することができたことを感謝いたします。

J C M A

【筆者紹介】



小滝 勝美（こだき かつみ）
㈱大本組
技術本部 技術企画部
部長



大澤 繁（おおさわ しげる）
㈱大本組
東京支店 土木部



上村 稔（うえむら みのる）
㈱大本組
業平橋ポンプ所作業所
監理技術者