

ニューマチックケーソンによる大規模・大深度立坑の施工計画

戸田建設株式会社 正会員 ○小林 英智, 野口 雄介, 小澤 宗徳
 オリエンタル白石株式会社 浅野 健治, 松尾 英史, 早川 佳吾
 (独) 鉄道・運輸機構 釧持 芳輝, 青柳 広樹

1. はじめに

リニア中央新幹線は、品川―名古屋間で工事が進められており、品川駅と神奈川県駅（仮称）間の約 40km の区間は全区間がトンネルで、そのほとんどが大深度地下に計画されている。当該区間では、概ね 5km ごとにトンネルの発進到達立坑が設置され、開業後は非常口として利用される。本工事は、ニューマチックケーソン工法によるものとしては日本最大規模の深さのシールドトンネル発進到達立坑を東京都町田市に建設するものである。本文では、このようなケーソンの構築に際して想定される課題を事前に抽出し検討した結果を報告する。

2. 施工条件等と課題

本立坑は、深さ 110.3m、外径 41.5m、最大壁厚 7.0m の円筒の RC 構造であり、ニューマチックケーソン工法により施工を行う計画である（図-1 参照）。施工場所の地質は、GL-30m までは不均一な埋土（粘性土主体、局部的な巨礫等あり）やローム層であり、以深は細砂層および固結シルト層（N 値 32～168、 $\phi=0$ 、 $C=500\text{kN/m}^2$ ）等堅硬な地盤となっている。本工事では、最大重量約 176 万 kN の大規模ケーソンを大深度まで沈設するものであり、以下に示す課題を事前検討した。

① 初期構築時、初期沈下時の過沈下防止

ケーソンの底版厚は 8.5m、底部側壁厚は 7.0m と部材厚さが大きい（図-2 参照）、ケーソン設置地盤に作用する接地圧は $1,120\text{kN/m}^2$ となり、上部の埋土およびローム層の地耐力（ 300kN/m^2 程度）を大きく超える。埋土層は地耐力が均一ではない可能性や、地下埋設物（ガラ）の存在の可能性も考慮する必要がある、ケーソンの傾斜に繋がる初期構築時および初期沈下時の過沈下を防止する対策が必要である。

② 高気圧作業の削減対策

本ケーソンの掘削深さは 110.3m と大深度であり、最大筒内気圧も 0.67MPa と非常に高くなることが想定されている。長い減圧時間を要する 0.40MPa を超える高気圧下での掘削機メンテナンスおよび撤去の施工期間は 30 か月以上と長期に及ぶことから、高気圧障害の発症リスクを低減するため、高気圧下での作業をできるだけ低減する対策が必要である。

③ 緊急事態発生時の迅速な救護

高気圧下での作業において、疾病等により作業員の緊急退避が必要となった場合に、減圧に時間がかかり短時間での退避が困難となるため、このような緊急時に地上のホスピタルロックへできるだけ短時間で搬送し救護を行うための合理的かつ効率的な設備が必要である。

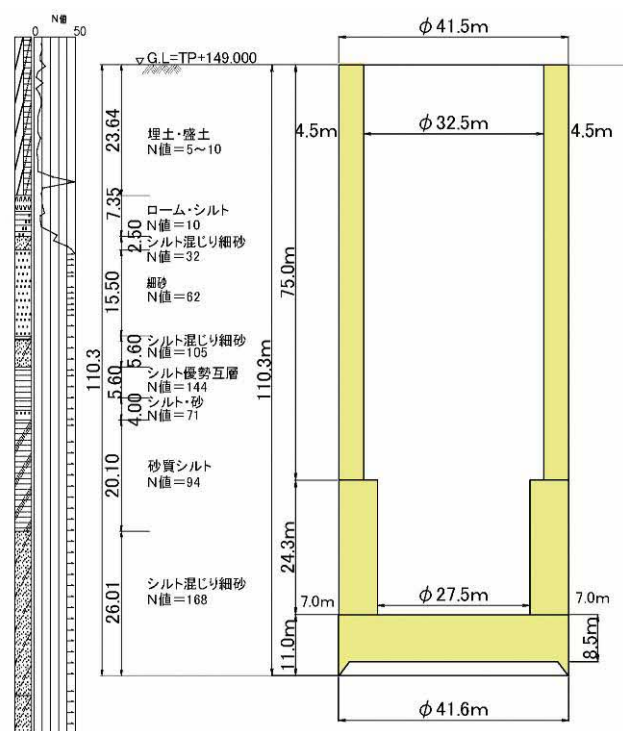


図-1 ケーソンの形状および地質条件

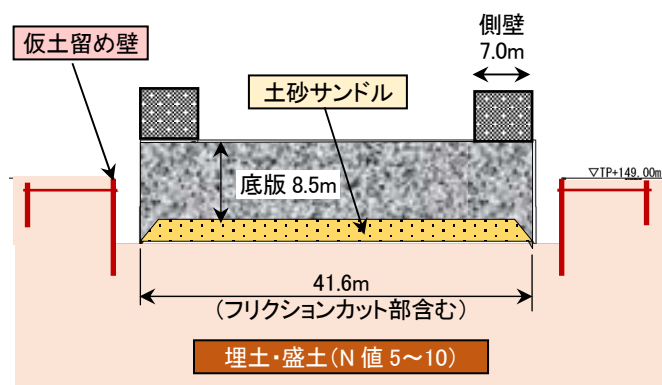


図-2 初期構築時の概況

キーワード ニューマチックケーソン 砕石置換杭, 機械化施工, 救護設備

連絡先 〒103-0023 東京都中央区日本橋 1-2-5 戸田建設(株) 首都圏土木支店 TEL03-3535-1426

3. 課題に対する対策

①原地盤の地耐力向上対策

初期構築時のケーソンの設置地盤のうち埋土層とローム層を対象に、厚さ 5.0m の砕石置換と刃口部付近に深さ 31.0m、直径 2.0m の砕石置換杭による改良を計画した（図-3 参照）。置換杭による改良率は、経済性を考慮して支持力安全率（極限支持力度/接地圧）を 1.1 に設定し 71.4% と定めた。ここでは砕石置換部と原地盤部が複合地盤として支持力を発揮すると想定し仕様を決定した。これにより、軟弱な地盤が支持地盤となる初期構築時の地耐力を確保し過沈下を防止するとともに、巨礫やガラ等の地下埋設物を除去し傾斜等の発生も防止することができる。

②高気圧下作業の低減対策

1) 天井走行式ショベルの日常点検には、自動メンテナンスシステム¹⁾を採用し、オペレータが地上遠隔操作室から機械の作動状況および異常の有無をリアルタイムにモニタリングできるようにする（写真-1、表-1 参照）とともに、油やグリス補給作業も無人遠隔操作で実施できる設備を採用した。これにより、高気圧下での人力によるメンテナンス回数を減らすことができ（1 回/日⇒1 回/4 日）、減圧症のリスクをはじめとするメンテナンス作業時の安全性を向上させた。なお、今回の沈下掘削では、作業員の潜函病の発症を低減するために、0.15MPa 以上から無人化施工を実施している。

2) 天井走行式ショベルの解体・運搬では、地上遠隔操作ケーソンロボット²⁾（解体用と運搬用）を採用した（図-4 参照）。これにより、本工事で最大の高気圧下作業となる沈設後の天井走行式ショベル解体作業を無人化し、作業員の減圧症発症リスクの回避を図っている。

③高気圧下における緊急時の救護対策

1) 混合ガスの使用時など、高気圧下での作業中の緊急設備として、救護用ホスピタルロック、救護用チャンバー³⁾および救護用通信設備を設ける（写真-2、3 参照）。これにより、急速な処置が必要となる急性疾患や重度の外傷等を負った作業員を高気圧環境から迅速に搬出・救出できる体制を構築することができた。

2) 排土設備全4基のうち1基に旋回可能なアシンメトリークレーンによる設備を配置した（写真-4 参照）。この設備により救護用チャンバーの投入・引上げをマテリアルロックから行い、旋回範囲内に設置したホスピタルロックへ直接接続を行うことができるようになり、迅速な対応が可能となった。

4. おわりに

本ケーソンは令和5年3月現在、鋭意施工中である。本文が今後の大深度ケーソンにおける、施工計画立案の一助になれば幸いである。

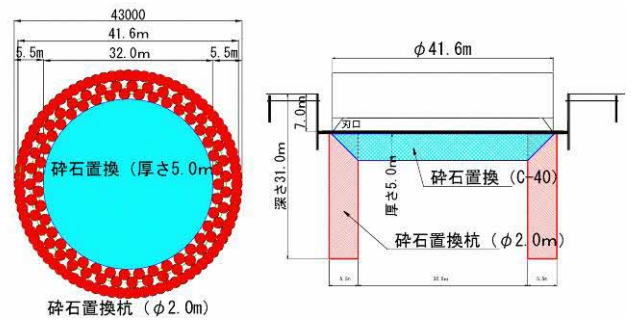


図-3 砕石置換杭の概要



写真-1 自動メンテナンスモニター

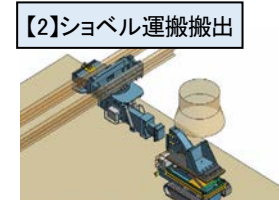
表-1【計測項目】
・作動油油温(℃)
・作動油レベル(%)
・台車油圧(MPa)
・ブーム油圧(MPa)
・電流値(A)
・自動給脂(正常・異常)
・稼働時間(時/分/秒)



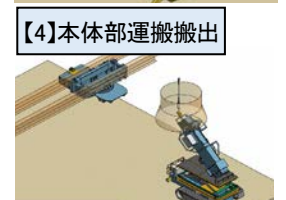
【1】ショベル解体



【3】本体部解体



【2】ショベル運搬搬出



【4】本体部運搬搬出

図-4 無人化施工による天井走行式ショベルの解体概要



写真-2 救護用ホスピタルロック



写真-3 救護用チャンバーロック

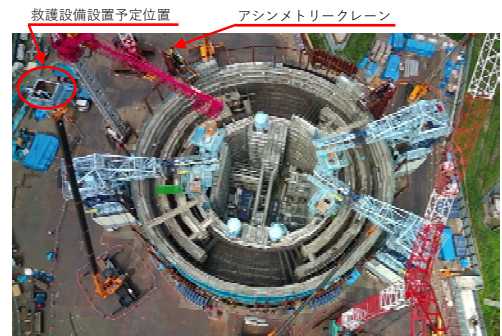


写真-4 ケーソン排土設備

- 1) 鈴木正道, 小滝勝美, 佐藤元治 (2015) : ニューマチックケーソン候補の最新技術. 基礎工: Vol143, No.5
- 2) 小陽哲也, 松村将希, 佐藤剛 (2022) : ニューマチックケーソン工法におけるケーソンショベルの無人解体システム. 建設機械化施工. Vol174, No.1
- 3) 近藤俊宏, 仁丹克則, 伊藤壮一, 鈴木信哉, 柳下和慶 (2021) : 大深度圧気工事における「非常・緊急時対応」に対する取り組みと実施. 第55回日本高気圧環境医学会学術総会. 04-4