

ICT を活用した大規模・大深度ニューマチックケーソン立坑工事

東京都第二建設事務所 工事第二課 立澤 延泰
 東京都第三建設事務所 工事第二課 堀部 孝仁
 大成・鹿島・大林・京急建設共同企業体 正会員 ○小松 祥子
 大成・鹿島・大林・京急建設共同企業体 正会員 新井 昌一

1.はじめに

当工事は、神田川・環状七号線地下調節池と白子川地下調節池を連結するため、環状七号線と目白通りの地下に内径12.5m、延長約5.4kmのトンネル式の調節池を整備する。

総延長約13.2km、貯留量約143.2万 m^3 を有する地下調節池が完成すると、神田川流域、石神井川流域、白子川流域の時間75ミリ降雨に対する治水安全度が向上するほか、調節池容量を流域間で相互融通することにより、近年頻発する局地的かつ短時間の集中豪雨(時間100ミリ降雨)にも効果を発揮する。

本稿では、このうちニューマチックケーソン工法による中間立坑工事の施工について報告する。

2.工事概要

工事名：環状七号線地下広域調節池(石神井川区間)工事

工事場所：東京都中野区野方五丁目～東京都練馬区高松三丁目

中間立坑：東京都練馬区豊玉中三丁目

発注者：東京都建設局

工期：2017年3月9日～2023年3月14日

請負者名：大成・鹿島・大林・京急建設共同企業体

主要工事：中間立坑(ニューマチックケーソン工 1基) (写真-1, 2)

：シールドトンネル(内径12.5m 延長約5.4km)

：連絡管(刃口推進工 内径4.25m, 延長12.1m)



写真-1. 施工ヤード全景



写真-2. 施工状況

3.立坑工事の特徴

中間立坑は矩形形状で、刃口面積が189 m^2 (15.6m \times 12.1m)、深度が52.4mである(図-1)。ニューマチックケーソン工法は掘削作業室内に地下水の浸入を防止するために圧気を使用する。作業室内の気圧が0～0.14MPaでは有人掘削を行い、0.14MPa以上から遠隔操作による無人掘削を行った。0.40MPa以上の高圧室内作業ではヘリウム混合ガスを使用した(最大圧力0.42MPa)。

4.ニューマチックケーソン工法の課題

ニューマチックケーソン工法は、0～0.18MPa(本工事では0.14MPa)までは作業室内(高圧室内)に人が入り掘削を行う有人掘削を行い、0.18MPa以上は無人掘削で作業を行う。無人掘削開始後も定期的なメンテナンス作業(函内ショベルのグリスアップや点検等)が必要で、ほぼ毎日高圧室内作業が発生する。高圧室内作業終了後、大気圧まで徐々に体を慣らす減圧作業を行う。高圧室内作業中に体内に取り込まれた窒素が減圧作業時にうまく排出されず、体内で気化した場合、負担が大きい関節等に痛み(減圧症)が発生するリスクがある。減圧症発生リスクを減らすためにICTを活用した施工を推進して行った。

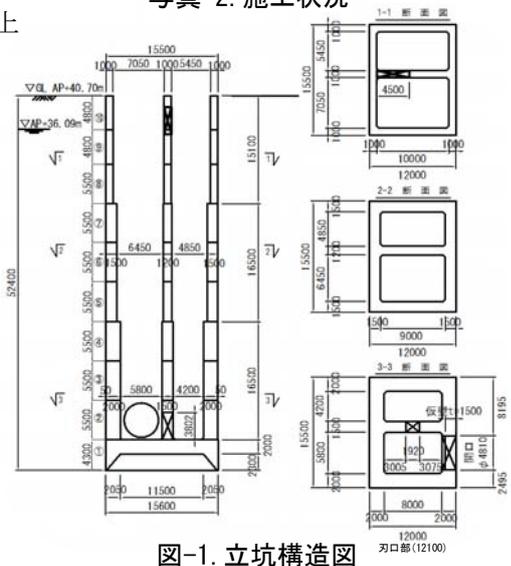


図-1. 立坑構造図

キーワード ニューマチックケーソン 高圧室内作業 ICT 立体視 2D レーザースキャナ

連絡先(住所：東京都練馬区豊玉中3-9 環七地下調節池作業所 電話:03-6914-8375 FAX:03-6914-8376)

4. ICT の活用により高圧室内作業を減らすための工夫

高圧室内作業を減らすために以下①～④の対策を行った。

① 潜函用ショベルに立体視可能な魚眼カメラを設置(写真-3)

ヘッドマウントディスプレイを使用し、任意の方向を向くことで、作業室内の状況を立体的かつ間接的に目視することが可能となった。固定カメラでは確認しにくい場所でも手元操作なく確認することが可能となった(写真-4)。

② 掘削状況を確認するために自動開口率計測器を導入

作業室天井に2D レーザースキャナを設置し(写真-5)、10分に1度自動的に開口率(刃口内側の掘削面積/ケーソン断面積)を計測した。これにより、作業室内で人が確認することなく、自動で計測することができた(図-2)。

③ 無人掘削用カメラおよび自動グリスアップシステムにLANを導入

作業室内の機器にLANケーブルを接続することで、遠隔操作システムの故障状況を遠隔操作室で一括管理できるシステムを導入した。不具合発生時には各機器の応答状況を確認することで、機器の故障もしくは断線位置を特定することが可能となった。システムの導入により、機器の故障箇所や断線位置を作業室内で探す作業が短縮され、高気圧下でのメンテナンス作業時間を短縮することができた(写真-6)。

④ 作業室内にWi-Fiのアクセスポイントを設置

これまで作業室内は固定電話でのみ地上(計測管理室)との通話を行ってきた。作業室内にWi-Fiのアクセスポイントを設置し、携帯電話やタブレットでの通話を可能とした。これにより、メンテナンス時に固定電話設置箇所までの移動をすることなく、作業室内どこでも即時に地上との通話ができるようになった。画像や動画の送信も可能となり、効率よく作業室内でのメンテナンス作業を行うことができた。

5. まとめ

上記のICTの活用により、通常は設備メンテナンスのため毎日高圧室内作業を行うところ、3日に1回に回数を減らすことができた。0.4MPa(ヘリウム混合ガス使用)で90分作業に対する減圧時間は、約150分(合計240分=4時間)かかるため、3日で約8時間分の高圧室内作業時間を減らすことができた。

また、今回はマンロック(人が作業室内に出入りする部屋)が1箇所の小規模ケーソンで、減圧・加圧を同時に行うことができないため、ICT活用の有効性がより高く評価された。

ニューマチックケーソン工法は、掘削地盤をドライな状態で目視確認ができること、コンクリート躯体を地上で構築するため、本設構造物の品質確保が容易であることなど有用な工法である。しかし、圧気を使用した高圧室内作業により、健康被害(減圧症)が発生するリスクがある。今後、ニューマチックケーソン工法をより有用な工法とするために、ICTの活用および技術開発の推進により、高圧室内作業がなくなり、より安全な工法となることを期待する。

なお、本中間立坑は2019年12月に無事故無災害で施工を完了することができた(写真-7)。



写真-3. 魚眼カメラ設置状況



写真-4. ヘッドマウントディスプレイによる遠隔確認状況



写真-5. 2D レーザースキャナ設置状況

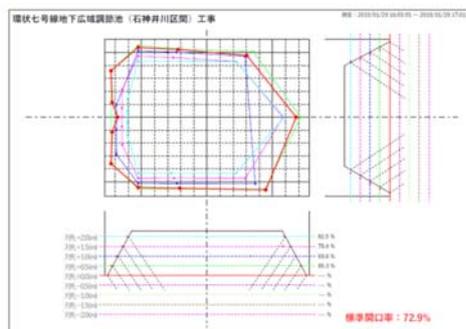


図-2. 開口率確認状況



写真-6. LANを導入した遠隔操作用カメラ



写真-7. 立坑構築完了全景