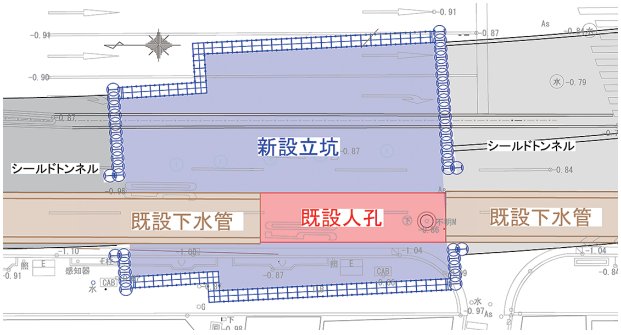
水中ドローンによる下水人孔調査の報告

室田　健希*　　堀内　民夫*
Ichiro Nishimatsu　　Tamio Horiuchi
田中　勉**
Tsutomu Tanaka

1. はじめに

本工事は，うめきた地下駅（大阪駅）とJR難波駅および南海本線新今宮駅を結ぶ新たな鉄道路線のうち，上下線合わせて900 mのシールドトンネルとその立坑の構築を目的としている．事前調査により，新設立坑と既設人孔が干渉する（**図―1**）ことが明らかとなったため，水中ドローン（ROV：Remotely Operated Vehicle）による3次元マルチビームスキャニングを実施し既設人孔内部構造の確認を行った．本稿でその概要と結果を報告する．



図―1　対象立坑と既設人孔の位置関係

2. 工事概要

工 事 名　なにわ筋線福島T及び福島南シールドT他土木工事
発 注 者　関西高速鉄道株式会社
工事場所　大阪府大阪市福島区5丁目地内
　　工期 2023年9月26日～2029年3月15日
工事内容　福島立坑　深さ約33 m L＝22 m
　　鋼製地中連側壁工，地盤改良工など
　　福島南シールド　シールド機外形φ7.450 m

3. 事前調査結果と課題

既設人孔は，北野抽水所から雨水をポンプ圧送により堂島川へ排出する放流渠の人孔である．この人孔の底版と新設立坑の頂版が干渉したため以下の問題が挙げられた．

① 既往の調査結果より両構造物が干渉することを把握したものの，既設人孔の詳細図がなく位置関係及び人孔の構造が不明である．
② 水頭差の関係で，調査のために既設下水マンホールを開けるためには放流ゲートの締切により水圧の影響を抑制する必要があったが，当該ゲートは老朽化により止水できない．
③ 放流ゲートから調査位置までの距離が400 mと離れており，ダイバーによる人孔調査が困難である．

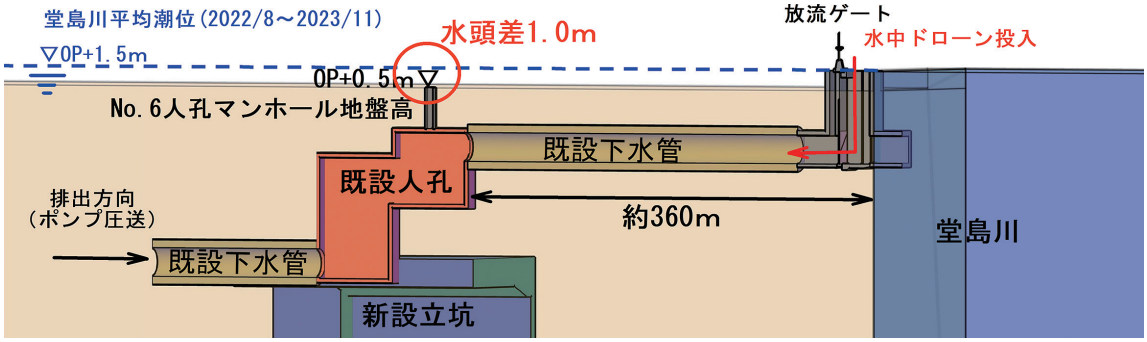
以上より，放流ゲートから3次元マルチビームスキャニングソナーを装備した水中ドローンによる調査を計画するに至った（**図―2**）．

4. 調査概要と計測結果

(1) 調査概要

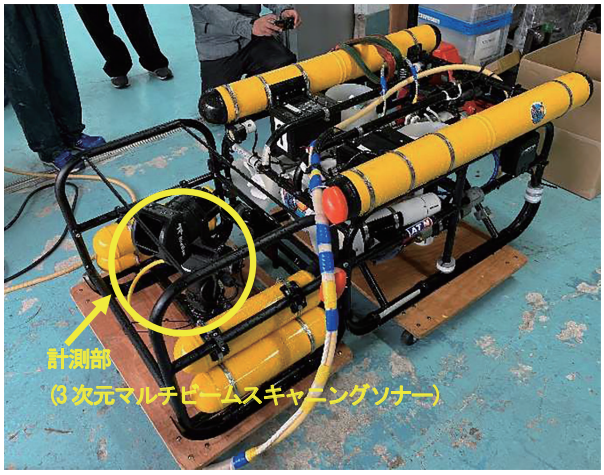
人孔調査は，水中ドローン・3次元マルチビームスキャニングソナー・通信ポートを艤装フレームに搭載した計測器で行う．水中ドローンと3次元マルチビームスキャニングソナーは各々独立した装置であるため，艤装するための架台（フレーム）の製作し，バランス及び浮力の調整を行った．

計測時は地上部から水中ドローンのカメラ映像を確認しながら遠隔操作を行う．電気供給には地上から電気線を延伸する必要があり，今回のように水平距離かつ高低差がある場合は電気線と構造物が干渉し抵抗を生む可能性があった．また，コントロールや計測データの通信用の通信ポート及びコネクター類の作成と加工を行った．特にコントロール用の通信はデータ変換が発生するため，



図―2　全体概要図

* 西日本（支）なにわ筋線（工）
** 技術戦略室技術革新部技術革新課



写真―1　調査用水中ドローンの全景

表―1　主要諸元

【水中ドローン（ROV)】

項目	仕様
ROV名	REO
寸　法	L985×W900×H630
重　量	約80kg
使用水深	500m
カメラ	パン・チルト機構±55°
スラスター	水平2基・垂直2基
ランプ	超高輝度LED ランプ2 灯

【3次元マルチビームスキャニングソナー】

項目	仕様
モデル名	BV5000-1350
周波数	350kHz
視野角	42° x 1°（扇状）
計測レンジ	最大30m / 推奨1m ～ 20m
サンプリングレート	最大40Hz
ビーム数	256
ビーム角	1° x 1°
ビーム間隔	0.18°
レンジ分解能	1.5cm
寸　法	L26.7cm x W23.4cm
重　量	空中9.8kg/水中3.7kg
耐　圧	1,000m

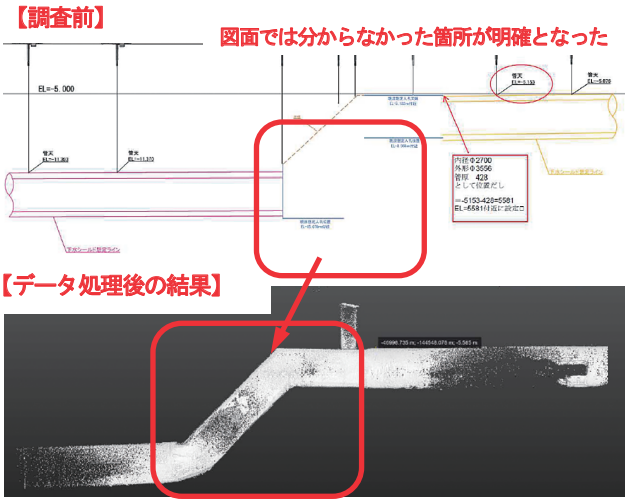
データの遅延・ロストも含めた開発が必要であった．調査当日の計測では，BV計測の速報値は10分程度のラグで確認することができ，状況が不明な中でも計測を行うことができた．

調査時使用機械およびその詳細を**写真―1・表―1**に示す．

⑵　調査結果

計2日間で放流ゲートからNo.6人孔までの計測を完了した．水中ドローンは水平距離360 mを問題なく移動し予定された計測を行うことができた．今回使用した機体は過去に水路内で600 mの航行実績があるため，水平距離に関して，同程度の距離まで調査が可能だと考えられる．

3次元マルチビームスキャニングによって，人孔の内空構造が確認できた．調査前は既設人孔は段差形状と想定していたが，スロープ形状であることが判明し（**図―3**）立坑との干渉を確認する精度が飛躍的に向上した．

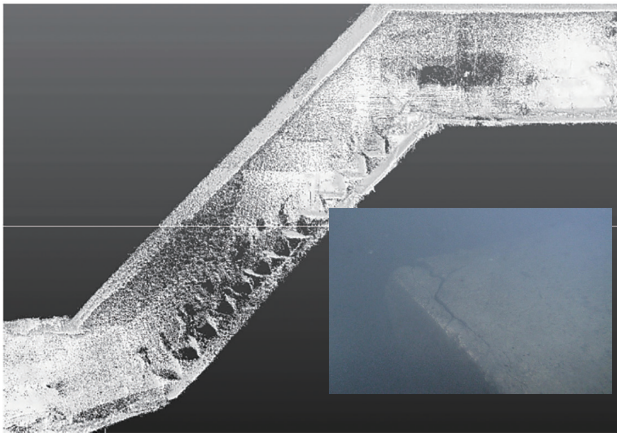


図―3　財産図の断面図と調査結果の比較

得られた点群データは座標系を持たないが，内部で計測したマンホール位置や別途行ったボーリング調査の結果と照合したことで想定平面位置の精度向上を図った．

5. おわりに

今回の調査で，大まかな人孔内部形状だけでなく階段形状であることが確認できる点群データを取得した（**図―4**）．これは大阪市の資産管理図から把握できなかった情報である．また，水中ドローンカメラ映像では階段部の損傷状態の撮影にも成功した．これは，ダイバーによる目視や写真調査と比較して，本調査手法の有効性を示す重要な成果である．



図―4　調査成果

水中ドローンを用いた点群測量の実施により，従来の調査方法では困難であった現場の状況把握が可能となった．老朽化したインフラ整備の管理及び調査の安全対策に対する重要な示唆を提供すると期待される．

6. 謝辞

本件において，計測機器の開発をしてくださったクモノスコーポレーション㈱および㈱朝日海洋開発の両社の支援により，本調査を円滑に進めることができた．心より感謝申し上げる．