

2-1-3 大規模、大深度取水人孔設計における

留意事項等について

第二基幹施設再構築事務所 設計課 上出 祥司
藤田 啓史
奥野 雅史
(現 中部下水道事務所再構築推進課)

1. はじめに

東京都区部の下水道は平成6年度に100%普及概成しており、現在では維持管理をしつつ老朽管きよを更新していく段階に入っている。しかし、都市化進展に伴う雨水流入量増加や局地的豪雨の増加による浸水被害発生に対応するため、雨水排除能力を増強する必要があるほか、水位の高い幹線の再構築では水の流れを切り替えるために代替幹線が必要となる。さらに、合流式下水道の改善なども進める必要があり、老朽下水道管の更新と並んで、既存下水道管を補う増補管や貯留管など、新設大規模下水道管の建設事業が多く進められている。

第二基幹施設再構築事務所が所管する都心エリアでは地下鉄や共同溝、インフラ施設などにより地下利用が高度化しているため、新規に敷設する大規模下水道管は大深度化せざるをえず、土被り40mを超える管も珍しくない。そして、このような管に既設管から下水を取り込むための取水人孔の築造が非常に難しく、事業を推進する上での課題になっている。

本発表では、当事務所における大規模取水人孔の2つの設計事例について紹介し、計画設計上のポイント、留意事項について報告するものである。

2. 【事例1】千代田幹線及び九段下取水人孔の概要

千代田幹線（現在施工中）は、水位が高く再構築が困難な既設幹線の下水の流れを切り替え、また、外濠に流れ込む降雨初期の特に汚れた下水を取り込み、水質改善に寄与することを目的とした代替幹線である。

管径はφ4900mm、ルートは千代田区飯田橋から港区港南の芝浦水再生センターまでの、都心部を通過する約8.7kmで、中間立坑用地の確保が困難なため超長距離シールドにて一貫掘進する。また、地下鉄や当局施設（第二溜池幹線φ8000mm、土被り40m）を避けるため、最大土被り59mと大深度の縦断線形となっている。

当幹線には既設の6幹線から取水する計画で、このうち既設飯田橋幹線を接続する九段下取水人孔は設計取水量0.831m³/s、落差49mの取水人孔である。

設置か所は交通量の多い幹線道路上に位置しているうえに、地下鉄をはじめ多数の地下埋設物（電気、通信、ガス、水道、下水道）が輻輳しているなど、制約条件が非常に厳しく、これらを克服して人孔を構築しなければならない。

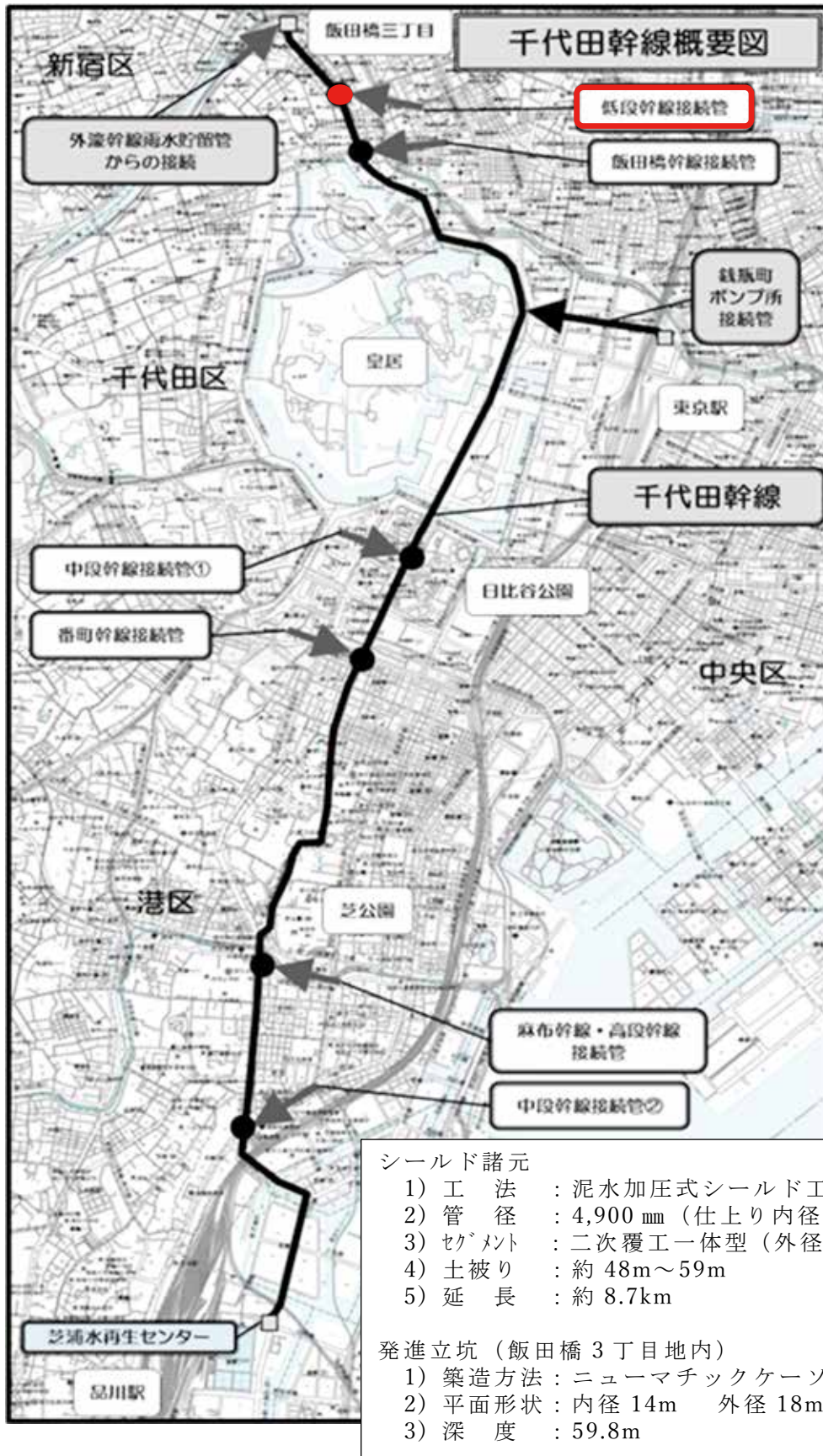
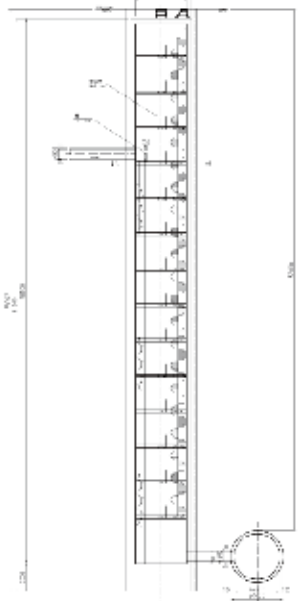
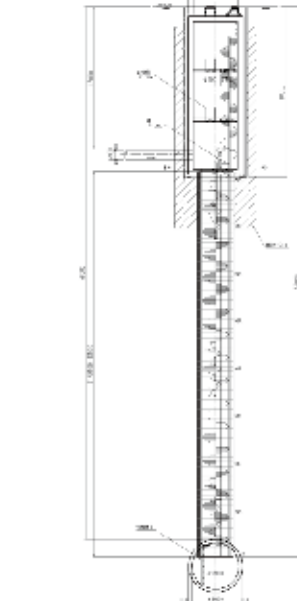
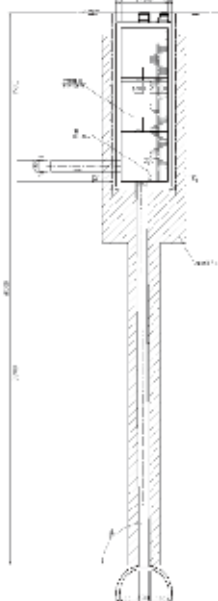


図 1 千代田幹線概要図

2.1 接続工法の検討

九段下取水人孔の構築において最も危険性の高い作業は、大深度高水圧下（0.5Mpa）での幹線接続作業である。人孔の設計にあたっては接続作業の安全性確保を最優先事項として、接続工法である推進工法、上向きシールド工法、鋼管さや管工法について比較検討を行った。

表 1 九段下取水人孔接続工法比較表

	推進工法による水平接続	上向きシールド	鋼管さや管による垂直接続
概要図			
概要	路下式アーバンリングにて立坑を構築し、水平推進により接続する。硬質地盤のため立坑掘削時に大深度の先行削孔が必要。高水圧のため機械式推進工法は適用不可。凍結工法による全面改良のうえ刃口推進にて接続。	千代田幹線内から上向きにシールドを発進させ、高落差部を構築する。開削工事は小規模となる。プラントや資機材の投入は千代田幹線の発進基地に集約されるので路上交通への影響は少ない。	幹線上部に構築した立坑から鋼管さや管工により幹線に接続する。作業ヤードは小さくなる。掘削深度が深く、硬質地盤であるため、既存技術の適用が困難。技術開発が必要。
施工性	アーバンリングの施工機を路下に収めるため大規模な開削が必要。△	到達立坑はライナープレートや鋼矢板で築造可能。○	立坑規模が小さく施工性が良い。○
安全性	凍結工法は土質を選ばず改良できるため確実性が高く安全である。実績多い。○	密閉式のシールド工法のため安全性が高い。○	既存技術では適用困難。×
維持管理	人員昇降、資機材搬入のスペースが確保できる。○	人員昇降は可能だが資機材搬入スペースの確保が難しい。△	垂直接続管は昇降不可で著しく維持管理性に劣る。×

2.2 比較検討の結果

凍結工法による全面改良を用いた刃口推進工法は3案中最も施工規模が大きく施工性では不利であるが、実績が多く最も安全確実に施工できる。また、千代田幹線は長大・大深度なうえに人孔が少ないため、維持管理や将来の改築等に備えて人員、資機材の進入動線を確保する必要があることから、推進工法による水平接続が最も有利である。

2. 〔事例 2〕八重洲幹線切替人孔の概要

八重洲幹線が流入する銭瓶町ポンプ所は再開発に伴う移転のため、新旧ポンプ所で流入管を切り替える必要がある。しかし、現況では流量が多く新設流入管の接続作業が困難なため、八重洲幹線（矩形 3000×2400 mm）と第二低段幹線（φ 2800 mm）を接続して水の流れを切り替え、水位を下げる必要がある。計画取水量は 7.597m³/s、落差は 7m である。

本工事における最大の危険要素は硫化水素である。切替人孔の構築にあたって、第二低段幹線に接続管開口部を削孔する必要があるが、セグメントが補強されていないため、管内からの補強作業が必要となる。しかし、直近人孔では最大 1132ppm の硫化水素が測定されており、管内へ立ち入るのは危険な状態であった。また、1km を超える長大スパンのため換気も難しい。そこで、第二低段幹線に立ち入らずに切り替え人孔を構築することとして工法の検討を行った。



図 2 八重洲幹線切替概要図

3.1 接続方法の検討

まず、シールド内の補強をせずに接続可能な接続管の検討を行う。シールド管の場合、既設管外径に対して開口径が 20% 以下であれば断面欠損による強度低下が許容範囲となる。第二低段幹線の外径 φ 3550 mm から開口径は最大 φ 710 mm、使用可能な管は最大 φ 600 mm（外径 φ 630 mm）である。設計流量を流すためには 5 本必要であるが、エア抜き兼非常用 1 本を加えた 6 本の φ 600 mm を幹線に接続することとした。接続工法としては、最も安全で確実に施工可能な鋼管さや管工法を採用した。各接続管の離隔については、シールド管の接続管に対して影響範囲（応力伝達範囲）は 3D 以内に収まるため、施工誤差と削孔余掘りを考慮した 1500 mm の離隔を取るよう配置した。

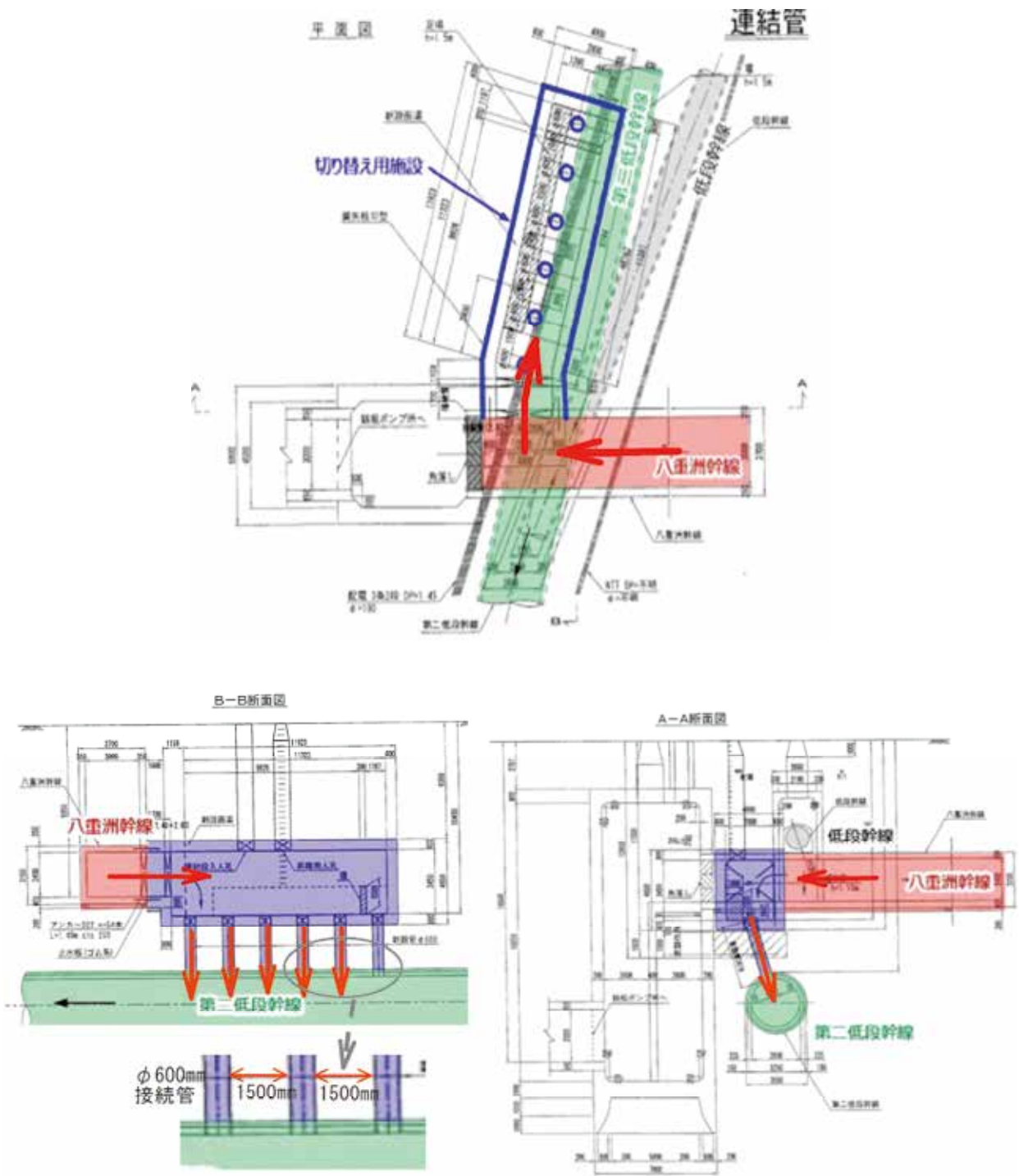


図3 八重洲幹線切替人孔構造図

3.2 水理実験による構造照査

計画した切り替え人孔の取水構造が変則的であり、適切な導水・取水機能を確保しているか検証するために水理模型実験を行った。水衝により流況の乱れが確認されたため、導流壁の構造を修正した結果、計画流量に対して想定どおりの流下能力が確保されていることを確認した。

4. 設計上の留意事項・ポイント

大規模取水人孔の設計において最も重視すべきポイントは、作業の危険性が最大となる工程を安全・確実に施工するための施設配置、工法選択である。事例1では、土被り50mの大深度高水圧下における幹線接続の検討を紹介した。接続作業は非常に作業の危険性が高いため、工法の選定にあたっては安全性の確保を最優先に、最も実績が豊富で確実と思われる凍結工法と刃口推進との組み合わせを採用した。事例2では、高濃度の硫化水素による危険性を回避するため、接続幹線内に入らずに取水人孔を築造できるように変則的な形状を選択することとなった。水理的な確実性を担保するため模型実験により確認を行っている。

また、いずれの事例も高水圧や硫化水素に対する安全性確保のため構造、施工規模が大型化した。過密な道路交通、輻輳する地下埋設物などの悪条件下において施工スペースを確保しなければならないため、交通、道路、各企業管理者との協議を重ねる必要があり、施工ステップごとの綿密な施工計画の立案・確定までに約1年を要した。

大規模取水人孔の設計に当たっては、紹介事例のように厳しい現場条件に遭遇し検討が行き詰まるが多々ある。大深度ゆえ安全性、確実性の確保が高度に要求されるため、新技術など積極的に検討する一方で既存の技術を組み合わせることで解決を図ることが設計の妙である。今後もより困難な設計が増えていくと考えられ、数値流体解析(CFD)や3DモデリングによるCIM手法を取り入れるなどして、これまで以上に柔軟な発想を引き出し、厳しい現場条件を克服していくことが求められている。