

# 坑内で掘進機回収

## 坑内回収型上向きシールド工法

川口 雄大

「新今里～寺田町幹線」における特殊マンホールの構築は、施工箇所が大阪環状線（今里筋、南北向き片側3車線）に位置するため、地上から施工を行う場合は、道路使用が可能な夜間作業のみとなる。また、夜間作業時には車道一車線を確保する必要があり、狭い作業ヤードでの施工となる。さらに、一般家屋や病院等の公共施設が多数近接しており、工事期間中の騒音・振動および周辺地盤への影響を最小限に抑えなければならない厳しい施工条件が特徴であった。

上記の施工条件に対応するため、新たに開発した「坑内回収型上向きシールド工法」についての施工事例を報告する。

キーワード：上向きシールド工法、坑内回収、周辺交通環境の改善、周辺地盤への影響低減、新工法

### 1. はじめに

#### (1) 地域特性と大阪市の取組み

大阪平野は、淀川などの土砂の堆積によってできた沖積平野であり、上町台地等の一部を除いて大阪市域の約90%がポンプ排水に頼らなければならない雨に弱い地形となっている。また、市域全体で市街化が進んだ結果、雨水が浸透する地面が舗装化され、雨水の大半が下水道管へと短時間かつ集中的に集められるようになったため、浸水のリスクが高まり、抜本的な浸水対策が必要となった（図-1）。

そのため、大阪市は、主要な下水道幹線、雨水貯留管等合計13路線の新規建設や、ポンプ施設の新増設を進めるとともに、局地排水用マンホールポンプの設置など局地的な浸水対策も同時に進めていた。

#### (2) 本事業概要

「新今里～寺田町幹線」が位置する既設下水管への集水区域は、大部分が中浜処理区内の東成区、生野区であり、大阪市内でも特に雨水排除能力が不足している地域である。

そのため、平成9年度、平成11年度と大規模な浸水被害が発生し、道路交通の円滑性・安全性が著しく損なわれた経緯がある等、市民生活の安全性確保の観点からも、一刻も早い浸水対策が必要であった。

さらに、大阪環状線（今里筋）路下には、地下鉄8号線の延伸が計画されており、開通後に施工する場



図-1 大阪市の地形図と工事箇所位置関係図

合、列車運行の安全確保のための地下鉄トンネル防護工事に多大な費用が必要となるため、全体事業計画の中でも優先着工された。

当事業は、第1期および第2期事業で構成されており、第1期事業では、大阪市生野区林寺2丁目から中川西1丁目に至る内径5.0m、延長3.3km、雨水貯留量6.5万トンの雨水貯留管ならびに特殊マンホールの施工を行った。

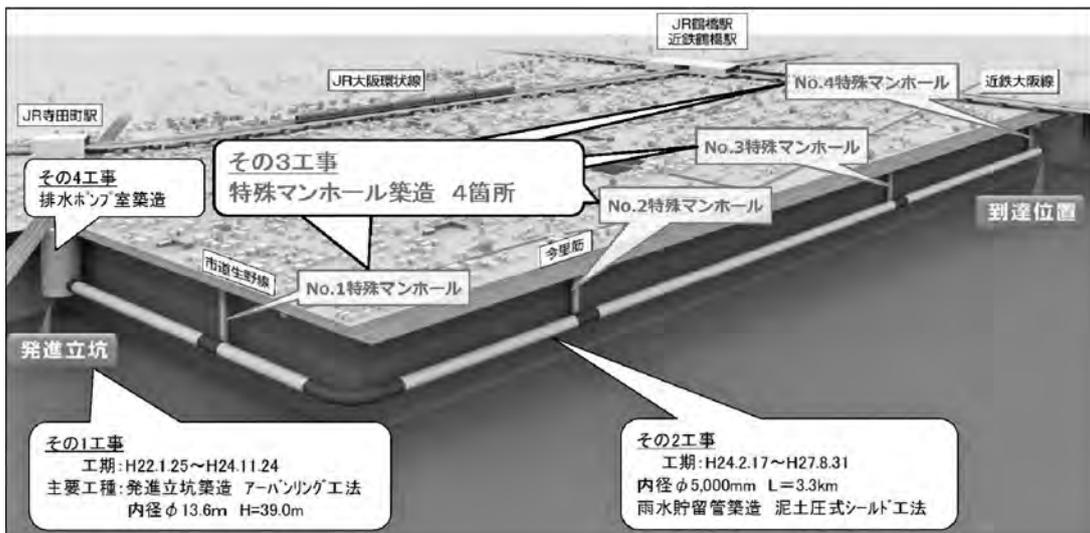


図-2 本事業全体概要・構成図

「新今里～寺田町幹線」第1期事業は、その1工事～その4工事から構成され、それぞれの工事が分割発注された(図-2)。

その1工事は発進立坑工事、その2工事は泥土圧式シールド工法にて延長約3.3km、内径5.0mの雨水貯留管の築造工事であった。

本稿では、引き続き発注された特殊マンホール4箇所を築造するその3工事において、当現場の地域特性、環境特性を考慮した上で改良した新工法の「坑内回収型上向きシールド工法」を導入し、騒音・振動・夜間作業といった近隣住民への影響低減と周辺交通への負荷軽減を実現した施工事例を報告する。

## 2. 工事概要

### (1) 工事概要

本工事は、前述した土被り約23mの雨水貯留管(内径φ5.0mのシールドトンネル)と直上に位置する既設下水管(内径1.0m～3.0m)とを接続する特殊マンホールと呼ばれる中間立坑を4箇所構築する工事である。

本工事での特殊マンホールは、上向きシールド工法により構築する内径φ2,750mm、延長約14.5mの落差工人孔と、開削工法により構築する高さ約8.0mの越流人孔の2つの構造からなる(図-3)。

当該工事箇所の一部は、大阪環状線(今里筋、南北向き片側3車線)に位置するため、地上から特殊マンホールの施工を行う場合は、道路使用が可能な夜間作業のみとなる。また、夜間作業においても車道一車線を確保する必要があり、狭い作業ヤードでの施工となる。さらに、一般家屋や病院等の公共施設が多数近接

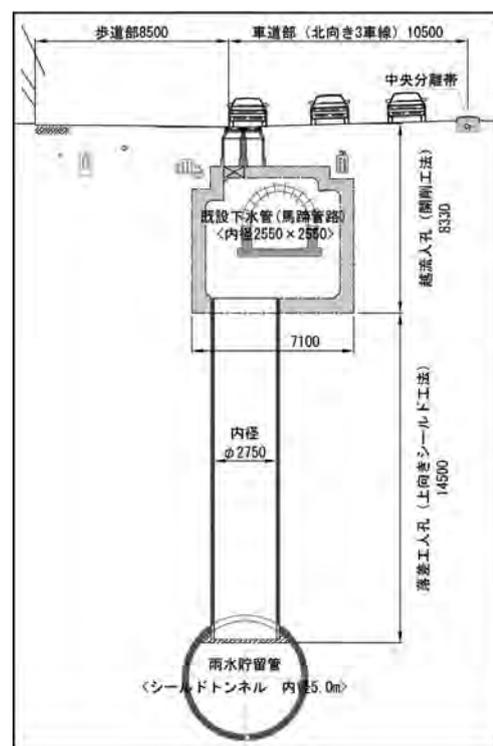


図-3 特殊マンホール断面図

しており、工事期間中の騒音・振動および周辺地盤への影響を最小限に抑えなければならない厳しい施工条件が特徴であった。

そのため、工程短縮と路上の使用期間を短くできる施工法である、「上向きシールド工法」が採用された。

「上向きシールド工法」は、当社などが開発した立坑築造工法であり、既設の本線シールドトンネル内部から地上に向けて上向きにシールドトンネルを構築していく工法である(図-4)。

当工法は、材料の運搬・供給ともに地下の本線シールドトンネル内から行うことで、地上工事を最小限に

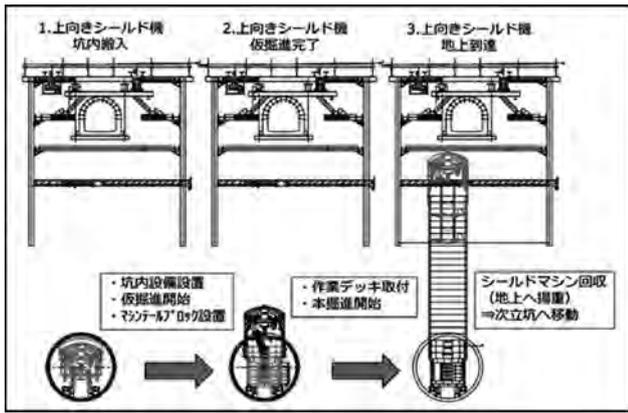


図-4 上向きシールド工法概要図

することができる。また、開削工法と比較して地上での施工期間を短縮でき、近隣住民や周辺道路環境への影響を最小限に抑えることが可能な工法である。

(2) 土層構成

図-5 に本工事の土質縦断図を示す。

上向きシールドで掘進する該当地層の土質は、N値が3～32程度の洪積粘性土層(Tc層、Oc層)とN値30以上の洪積砂質土層(Ts層)の互層が主体となる。また、地下水位はGL-3.0m～5.0mである(図-5)。

本工事での上向きシールドでの掘進は、上記に示すような地層を掘削していくため、数m単位で掘削土の性状が変化していく。そのような土質の急激な変化に短時間で対応できる掘進および排土管理を行う必要があった。

(3) セグメント

本工事の立坑覆工には、二次覆工省略型のコンクリート系セグメントを用いた。セグメントは外径

3,000 mm, 厚さ 125 mm, セグメント幅 500 mm, 分割数は6分割である(図-6)。また、本線トンネルである雨水貯留管との接続部では、接合を考慮して高い合成を有するコンクリート一体型鋼製セグメント(合成セグメント)を採用した(図-7)。

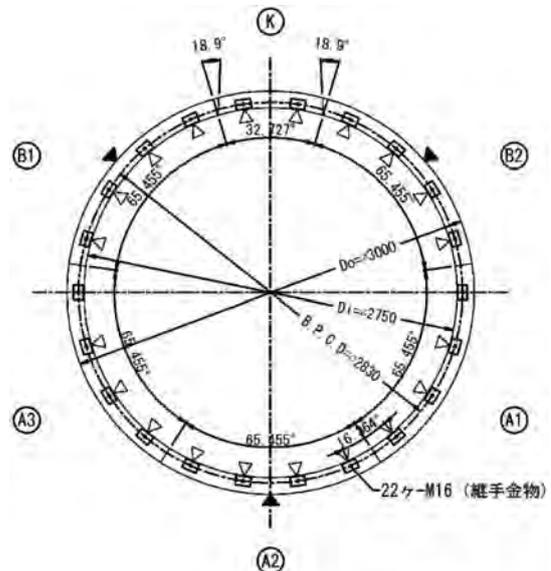


図-6 RCセグメント組立図

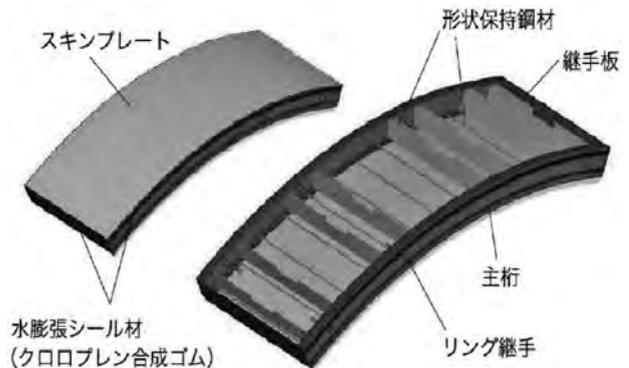


図-7 合成セグメント構造概念図

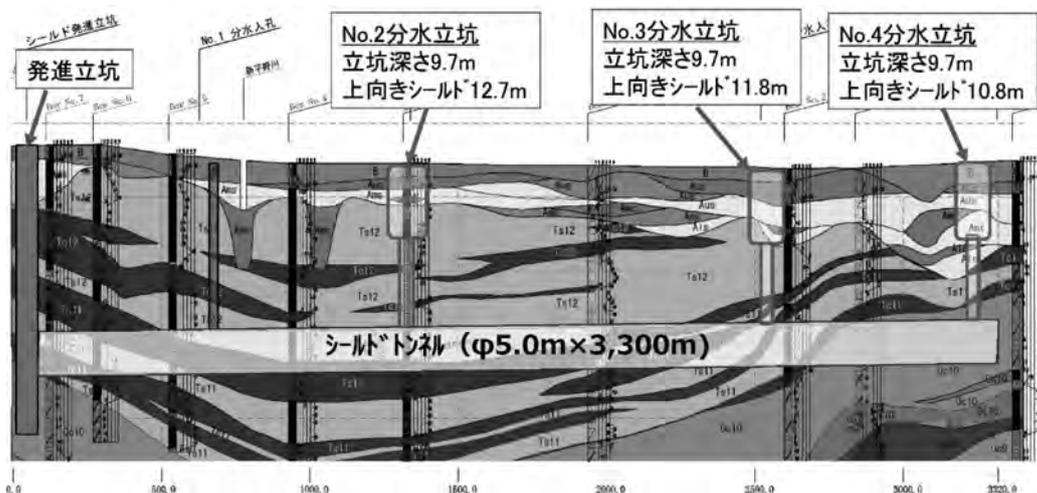


図-5 土質縦断図

### 3. 坑内回収型上向きシールド機の開発

#### (1) 従来工法適用上の課題

当工事における上向きシールド工法での施工では、立坑内の埋設物の下に上向きシールド機が到達するため、上向きシールド機の回収方法が課題であった。

過去の施工実績では、立坑到達後の上向きシールド機は、大型クレーンを用いて地上へ揚重し回収を行ってきた。

しかし、当工事においては、上向きシールド機到達位置の直上および周辺に、供用中の既設下水管、NTT管路および関西電力管路が存在し、直上へ揚重し回収する事は不可能であった。

そのため、当初設計は、上向きシールド機を地下埋設物に干渉しない位置まで立坑内を横移動させた後、地上へ揚重し回収する計画であった（図-8）。

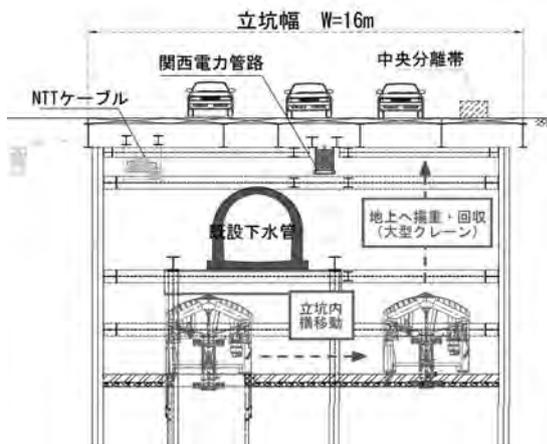


図-8 上向きシールド機回収方法概要図 (当初計画)

この計画は、地上開削立坑の必要面積が拡大するため、大阪環状線（今里筋）の南向き、北向き両車線の同時使用が必要となり、工事による周辺交通環境の悪化が懸念された。

そこで、上記の課題を克服すべく、立坑に到達した上向きシールド機を、発進した本線シールドトンネル内へ吊り降ろすことで回収する「坑内回収型上向きシールド機」の開発を行った。

#### (2) 坑内回収型上向きシールド機概要

本工事で開発した坑内回収型上向きシールド機の特長は以下の3点の機構である（図-9）。

##### (a) 本体の二重構造

上向きシールド機本体は、フード部およびボディ部を外筒部、上部カッタおよび駆動部とシールドジャッキなどを有する内筒部とした二重構造となっており、

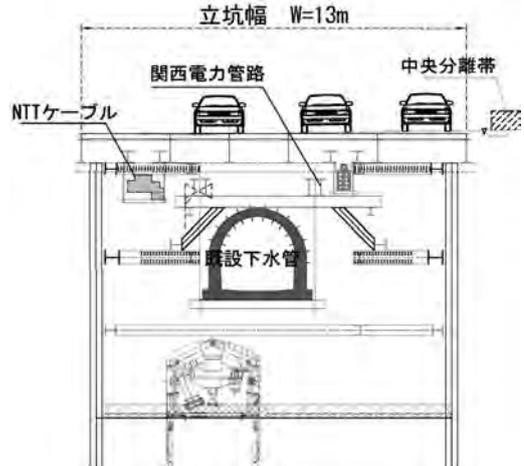


図-9 上向きシールド機到達立坑 (実施工)

固定ピンを取外すことで分割可能な機構とした。

##### (b) シールドジャッキのスライド構造

シールドジャッキにスライド機能を設け、掘削完了後にシールドマシン内筒部にスライドして収納できる機構とした。

##### (c) カッタスポークの分割構造

カッタスポーク外周の接続ピンを取り外すことで分離可能な機構とした。

上記3点の機構により、上向きシールド機の到達後に外筒部と内筒部を分割することで、内筒部を、築造した上向きシールドトンネル内の本線トンネルに向けて吊降ろすことが可能となる。さらに、別途に製作しておいた外筒部を本線シールドトンネル内の上向きトンネル直下に事前に準備しておき、吊降ろした内筒部と外筒部を接続することでマシン組立工程の短縮を図った（図-10）。

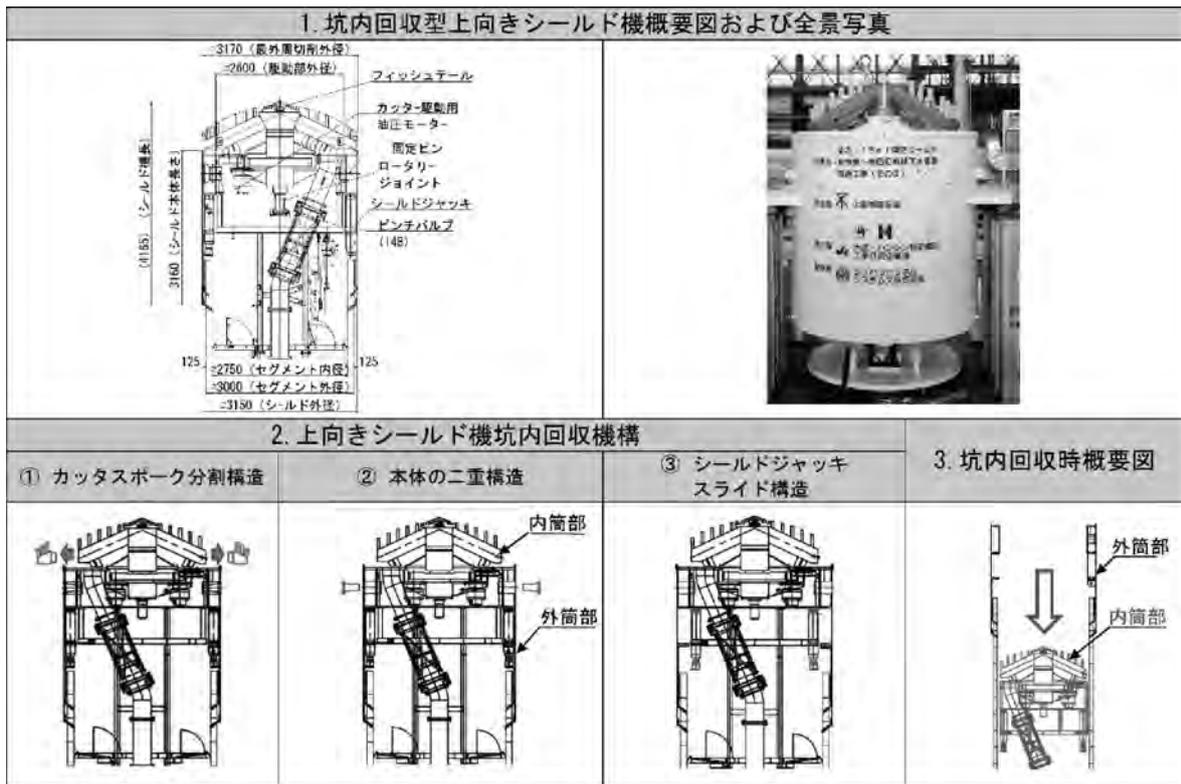
その結果、マシンの到達立坑内での横移動と地上の揚重スペースが不要となり、上向きシールド到達立坑の平面積を約20%縮小することができた。

このことにより、今里筋の北向き2車線の道路使用のみでの施工が可能となり、周辺交通環境への影響についても最小限に抑えることができた。

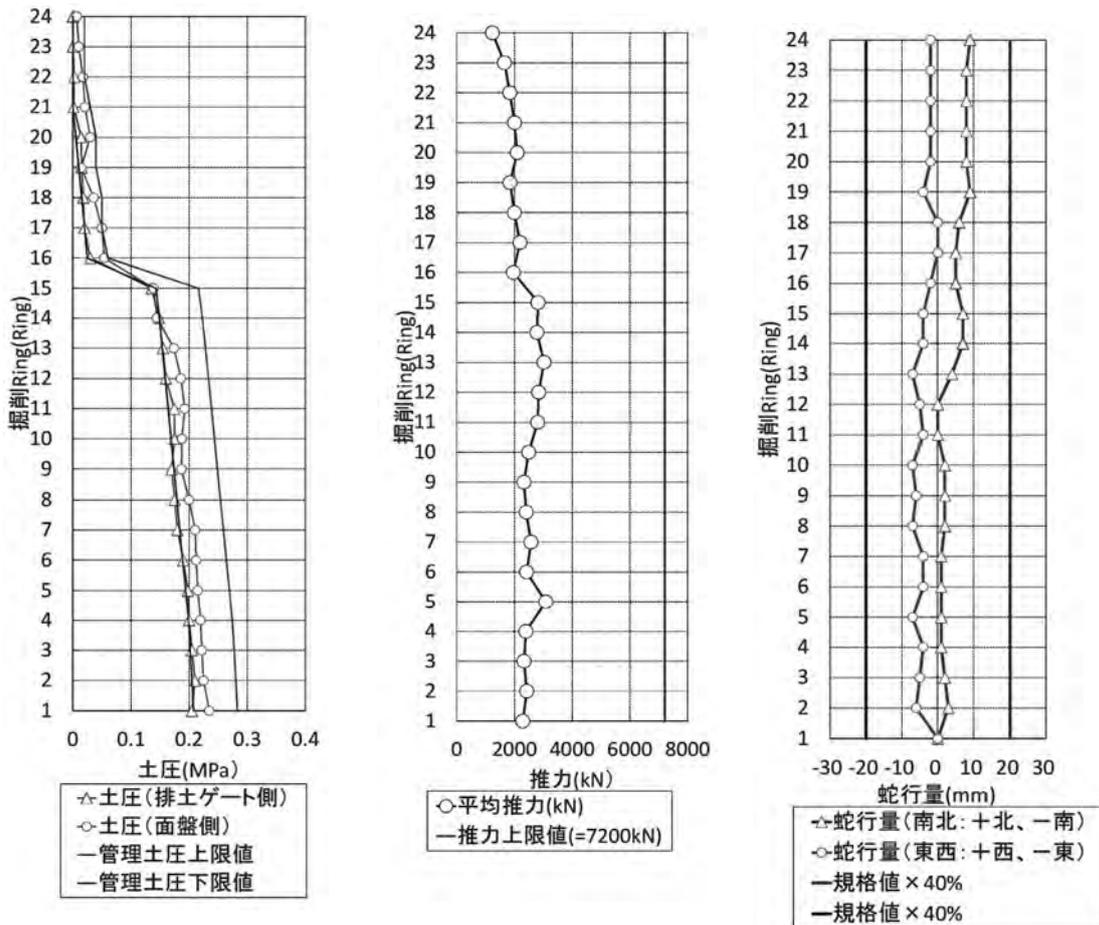
#### (3) 坑内回収型マシンの課題と対策

今までの上向きシールド機と、坑内回収型上向きシールド機の大きな違いは、カッタ駆動部を内筒部に収める二重構造としたことであり、カッタ支持方式を外周支持方式からセンター支持方式へ変更した点である。

その結果、排土管がシールド機中心から周辺に偏心した位置となり、シールド機に作用する土圧が偏り、重心位置が変化すること、さらにシールド機が固定ピ



図一 10 坑内回収型上向きシールド機構造概要



図一 11 上向きシールド立坑施工結果 (No.2 分水人孔施工時)

ンの支持による二重構造のため、固定ピンの遊びによりマシンが偏心することで掘進時の姿勢制御について懸念された。

そこで、実施工においては、上記課題への対策として以下の点に留意して掘進管理を行った。

#### ①加泥材注入管理

想定土質に対する、掘進速度に対応した注入量および土質に適した加泥材の性状を管理し、掘削土砂の塑性流動化を図った。

#### ②排土量管理

排土量を計測し、掘進距離に対して適切な排土量となるよう管理を実施した。

#### ③マシン及びセグメント計測

片番（掘進延長1m）毎にマシンとセグメントの測量を行い、方向確認と修整を実施した。

No.2分水人孔における上向きシールド工の施工実績を示す（図—11）。

切羽土圧については管理値内で推移しており、排土ゲート側および排土ゲート対角側の土圧について明確な差が生じることはなかった。

このことから、切羽土砂の塑性流動化を適切に管理すれば、排土管位置の偏りによる切羽土圧への影響は無いことが確認できる。

次に、施工時のジャッキ推力については約2,000kNで一定に推移しており、上限値の約1/4の値となっている。

このことから、排土量についても適切に管理することで、ジャッキ推力が一定となり周辺地盤を乱すことなく施工を行うことが可能となる。

また、掘進中は地表面の隆起や沈下を起こすことなく施工を完了した。

また、蛇行量については、規格値（±50mm）の約20%の±10mm以内で施工を完了した。

以上の結果より、本工事では、前記①～③の対策を行うことで課題であった土圧の偏りおよび掘進時の姿勢制御について対応することができた。

#### (4) マシン吊降ろし設備の概要

地上到達立坑部では、地下埋設物（下水管、NTT管路、関西電力管路）が支障となり、夜間の道路使用をした上での資機材投入開口部の面積が1m×4m程度に制約された状態であった。

さらに、到達立坑内は床付け面から下水道吊防護鋼材まで約2.5m程度に空頭制限されることが課題であった。

そのため、坑内回収型上向きシールド機の吊降ろし



写真—1 マシン吊降ろし設備立坑投入状況



写真—2 マシン吊降ろし設備設置状況

設備は、組立分解可能な門型の鋼製フレームに電動チェーンブロックを装備して行うこととし、資機材は夜間の狭小な開口部からの搬入を可能とした（写真—1）。

また、複数台の電動チェーンブロックを装備することで揚重設備の低空頭化を図った。

本工事では山留材（H-400×400）を使用した門型鋼製フレームおよび10t電動チェーンブロックを4台使用し、上向きシールド機の坑内回収を行った（写真—2）。

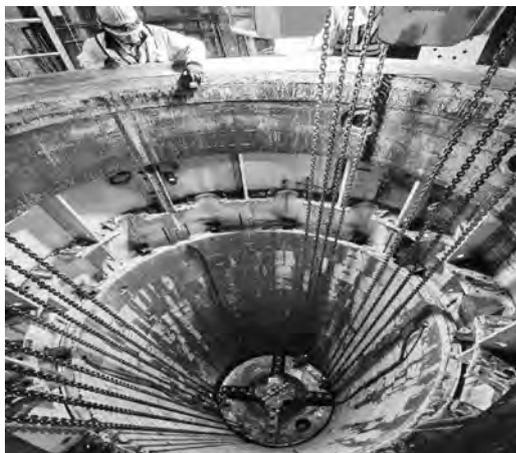
#### 4. 施工実績

吊降ろし設備の設置完了後、まずカッタスポークの分割および上向きシールド機の仮吊りを行い、外筒部—内筒部間のそれぞれの固定ピンを取り外す。

その後、10t電動チェーンブロック4台にて内筒部の吊降ろしを行う。吊降ろし中は、上向きシールド機内筒部の傾斜の発生を抑えるため、吊降ろし長を一定間隔で4点レーザー測距計にて計測し、差が20mm以



写真一3 上向きシールド機坑内回収状況①



写真一4 上向きシールド機坑内回収状況②



写真一5 上向きシールド機坑内回収状況③

内になるように吊降ろし長さの微調整を行った（写真一3、4）。

所定の位置まで上向きシールド機内筒部の吊降ろし完了後、本線シールドトンネル内に先行して配置した上向きシールド機外筒部と固定ピンにて接続を行い、次の施工箇所へと移動した（写真一5）。

施工実績としては、回収準備作業1日（昼夜間施工）、坑内回収作業1日（昼間施工）の計2日で完了した。これは、大型クレーンを用いた地上への回収作業と同程度の施工日数である。

また、回収費用についても、大型クレーン等が不要になったため、従来工法と比較して回収作業費用の低減が図れた。

## 5. 今後の展望

「坑内回収型上向きシールド工法」の開発によりシールド機回収時の大型クレーンが不要となる。このことにより、上向きシールド工法の利点である地上作業による周辺交通環境への負荷軽減、ならびに近隣住民への影響低減への、更なる改善が可能となった。

今後、需要の増加が見込まれる都市部でのインフラ整備事業は地上での制約条件が多いため、地上工事量の大幅縮減、周辺環境への影響低減を可能とする当工法が対応策の一助になると考えられる。

## 謝 辞

「坑内回収型上向きシールド工法」の開発および施工にあたり、多岐に亘りご指導、ご支援を頂戴した関係各位に厚く御礼を申し上げます。

JICMA

### 【筆者紹介】

川口 雄大（かわぐち ゆうた）  
大成建設  
関西支店  
工事主任

