

## 谷沢川分水路工事

～複数の高難度工種・同時期施工への取り組み～

伊藤 寛基（安藤ハザマ・東鉄・京急建設共同企業体）

### 1.はじめに

谷沢川は、東京都世田谷区用賀駅付近を上流端とし、多摩川に流下する全長約3.7kmの1級河川である（図-1）。



図-1 谷沢川流域図

流域の土地利用は、流域面積の99%が市街地となっているものの、中下流部には区部で唯一の自然渓谷である等々力渓谷がある。

近年、局地的な集中豪雨が多発し、当該地域においても発生している。本稿は、谷沢川流域の浸水被害に対応することを目的とした【谷沢川分水路】工事の概要について報告する。

### 2.工事概要

本工事は、谷沢川流域の1時間あたり75mm降雨による浸水被害に対応するため、環状8号線、国道246号、世田谷区道の地下にトンネル構造の分水路を築造するものである。

本工事は、世田谷区玉堤二丁目地内の都立園芸高校玉川果樹園に設けた【発進立坑】と、国道246号と首都高速3号線に囲まれた玉川台広場に設けた【到達立坑】の間を、泥土圧シールド工法にて【トンネル】を築造する。また、発進立坑から1,000m地点に、洪水流入時のトンネル内空気を排出する【中間排気施設】（シールド頂部接続）を設ける主要4工種を施工する（図-2）。

工事概要を以下に示す（表-1）。

工事件名	： 谷沢川分水路工事
工事期間	： 自：平成31年3月7日 至：令和5年9月29日
発注者	： 東京都
施工者	： 安藤ハザマ・東鉄・ 京急建設共同企業体



図-2 路線概要図

シールドトンネル		発進立坑		到達立坑	
内径	5.5m	内径	13.9m	10.5m	
外径	6.1～6.03m	外径	15.1m	14.1m	
延長	3,205.5m	深度	29.5m	35.4m	
平面線形	直線および曲線 (R20m×2箇所、R30m×5箇所)	工法	柱列式地下連続壁(CSM工法)	ニューマチックケーソン工法	
土被り	約15～30m	中間排気施設			
工法	泥土圧シールド工法	内径	1.35m		
覆工	合成セグメント、鋼製セグメント	深度	29.5m		
	コンクリート中詰鋼製セグメント	工法	鋼製ケーシング圧入工法+シールド接続部:凍結工法		
		構造	鋼製ケーシング+ステンレス内挿管		

表-1 工事概要

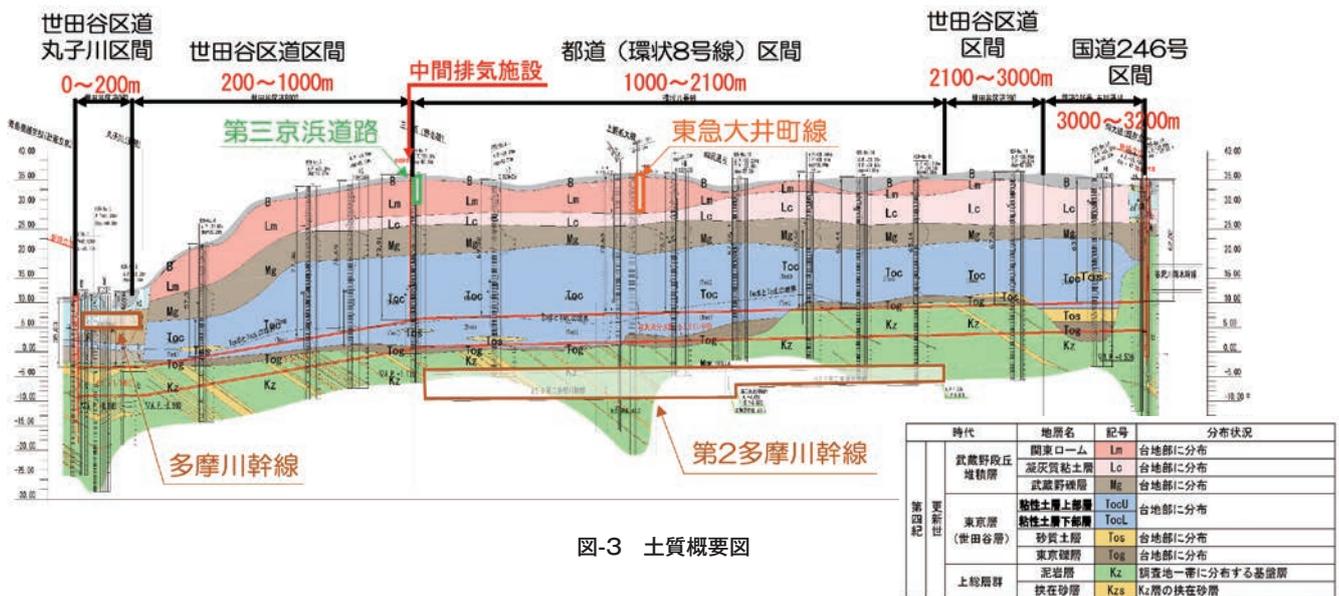


図-3 土質概要図

シールド路線には、第三京浜道路、東急大井町線、環状8号線、国道246号や、多摩川幹線、第二多摩川幹線などの重要構造物がある。また、到達立坑は、首都高速3号線や国道246号と、中間排気施設は、第三京浜道路や環状8号線との近接施工である。

### 3.主要工種概要

#### 3-1 シールド工【発進立坑を起点に施工】

本工事で使用するシールド機の仕様を表-2に、構造図を図-4に、完成写真を写真-1に示す。

シールド掘進対象土質は、発進～約200mは、上総層の泥岩層および砂層の互層である。200～1,000mは、上総層泥岩層、東京層礫層および粘性土層の互層である。1,000～2,100mは、東京層粘性土層～礫層～上総層と変化していく。また、2,100m～到達立坑付近は、上総層泥岩層および国道246号直下部にて東京層砂層および礫層を掘進する。

項目	詳細項目	仕様
シールド機本体	外径	φ6,250mm
	機長	8,015mm(前胴:3,450mm+後胴:4,565mm)
	テールシール	3段(ワイヤーブラシ×1段+発泡ウレタン充填型×2段)
推進装置	シールドジャッキ	1830KN×21本 総推力:38,430KN
中折れ装置	機構	X型(球面中折れ)
	中折れジャッキ	2,000KN×16本
	中折れ角度	13.0°(左右) 1.0°(上下)
掘削装置	装備トルク	常用:4,921.7KN-m(α値=20.2) 最大:5,906.1KN-m(α値=24.2)
	カッター回転速度	0.95rpm
	カッター支持方式	中間支持方式
	カッターモーター	55kw×4P×9台
	カッタースポーク	8本(台形形状)
	カッター外周摩耗対策	耐摩耗鋼板(HARDOX400)取付 コピーカッター2基(常用・予備)
排土装置	余堀装置	コピーカッター-ST=300mm
	スクリュウコンベヤー 排土量	φ570mm(内径)×490mm(フライトピッチ) 149.4m <sup>3</sup> /h

表-2 シールド機主要装備一覧

上総層泥岩層は、一軸圧縮強度778～3,905kN/m<sup>2</sup>と非常に硬質である。東京層礫層は、礫径2～50mm程度を主体としている。

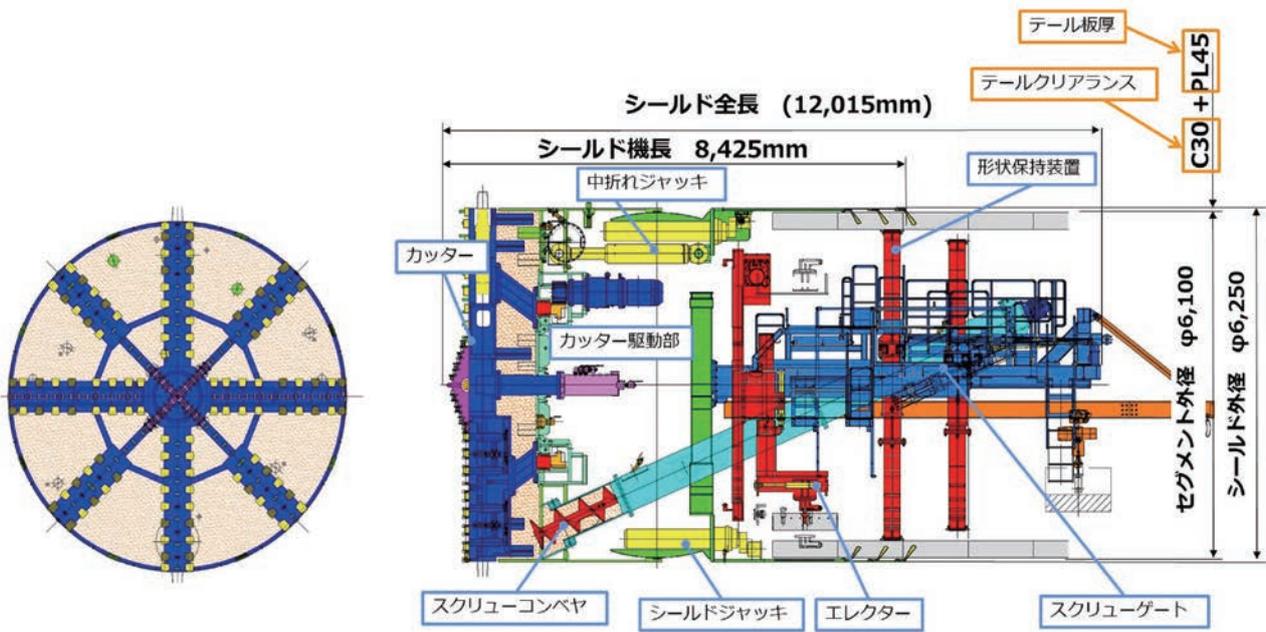


図-4 シールド機構造図



写真-1 シールド機完成写真

先行ビットの許容摩耗量は、高低合計で120mmとした。また、ビットの摩耗量を把握するために、摩耗検知ビットを4個配置した。摩耗検知ビットは、2種類装備し、油圧式を2個（検知間隔20mm）、多段導通式を2個（検知間隔2mm）としている。なお、カッター外周リングとスクリュウコンベア先端部には、耐摩耗鋼板を設置している。

また、到達立坑仮壁には、NOMST壁を採用しているため、長距離掘進後の摩耗したビットでの切削効率低下を考慮し、可動式ビット（写真-1：中央部スポーク×2本）を装備している。可動式ビットは、通常掘進時は、ティースビットより低い高さに位置しているが、到達立坑直前に稼働長：55mmを押し出しジャッキにて先行ビット低タイプ高さまで作動させ、より新鮮なビットにてNOMST壁を切削する目的としている。

テールブラシは、3段配置とし、外側2段については、発泡ウレタン充填型ブラシを採用した。

本シールド工事の特徴は、以下の通りである。

- ①長距離掘進（延長=3,205.5m）
  - ②急曲線施工（R20m（R/D：3.20）、R30m（R/D：4.80））
  - ③土砂圧送方式による長距離排土輸送
- 以下に、①～③に対する対策を示す。

#### ①長距離掘進対策

シールド機カッタースポークを8本装備し、先行ビットとティースビットを高低段差配置した。各ビットの高さは、先行ビット高タイプ：170mm、低タイプ：120mm、ティースビット高タイプ：100mm、低タイプ：80mmとした。

#### ②急曲線施工対応

本工事路線延長約3.2kmの内、急曲線施工部は、7箇所（発進側：4箇所、到達側：3箇所）計画されている（図-1）。

シールド機の中折れ角度は、（左右）13度、（上下）0.5度とし、また、コピーカッターは2基装備し、ストローク300mmとした。

急曲線用セグメントは、鋼製セグメント（R20m用）とコンクリート中詰め鋼製セグメント（R30m用）を採用し、また、外径を70mm

縮径（通常部：φ6.1m→急曲線部：φ6.03m）した（表-3）。

名称・種別	R20用 (IP.1・10)	R30用 (IP.2・3・4・8・9)
項目	鋼製セグメント	コンクリート中詰め鋼製セグメント
セグメント外径	φ6.030mm (縮径量: 70mm)	
分割数	6分割 (K+5)	
主桁厚 (SM490A)	25mm	22mm
リング間ボルト種別	M27 (10.9)	
リング間ボルト数量	2本×42箇所	2本×21本+1本×42本
リング間締結方式	ボルト締結	ボルト+せん断ピン
セグメント幅 (中心幅)	254mm	300mm
テーパ量	94mm	76mm
テーパ角度	0.874度	0.722度
テーパ割合	1:8 (μ=0.871)	1:8 (μ=0.871)

表-3 急曲線用セグメント仕様一覧

急曲線部前後区間は、シールド機中折れ角度変化にともなう施工時荷重によるリング継手への負担軽減を目的として、直線部に急曲線部用セグメントをシールド機長（約8m）配置した。また、この区間に蛇行修正用セグメントを配置し、テールクリアランス管理（総推力抑制）や線形管理の確実性を向上させた。

セグメント外径変化部は、急激な段差によるテールブラシ損傷防止を考慮して外径調整（ラッパ）セグメントを配置した。

### ③長距離排土輸送対策

排土輸送方式は、シールド掘削断面および周辺土質（N値や礫径など）、および路線周辺の重要構造物などを考慮し、掘進中や停止時に発生する可能性があるリスクを最小限に抑制し、より安全に施工するために、添加剤に加泥材を使用する、土砂圧送方式を採用した。

なお、本工事のシールド機外径程度による約3.2kmにもおよぶ長距離土砂圧送は、過去に事例はなく、最大の挑戦となった。

土砂圧送に使用するポンプは、合計8台（P0+P1～Pe（7））である。圧送による土砂輸送は、水平方向に約3.2km+垂直方向：（立坑深度）約25mとなり、輸送圧力不足による配管閉塞を抑制するため、立坑には垂直コンベアを配置した。垂直コンベアを配置することで、輸送圧力不足リスクに対し、速やかにずり鋼車による排土方式の切替が可能となり、リスク回避を図る対策とした（図-5）。

また、排土自体の配管内性状（塑性流動性）が、重要な要因であり、より切羽に近い位置で性状を確認する必要があるため、後続台車後方に配置するP1ポンプには、上部解放型ポンプを採用し、常時監視する体制とし排土性状管理を実施した。

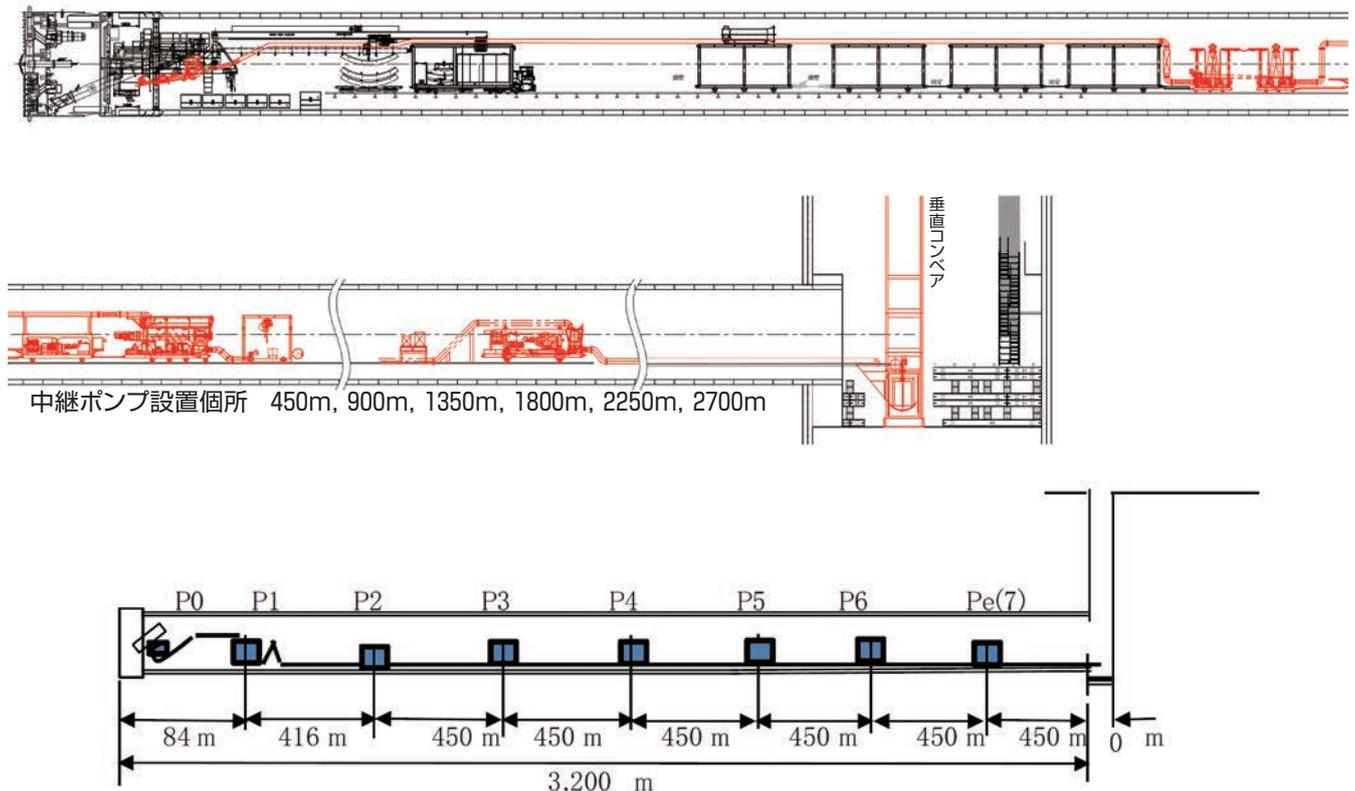


図-5 土砂排土計画図

### 3-2 ニューマチックケーソン工【到達立坑】

到達立坑は、外径14.1m・深度35.4mの規模をニューマチックケーソン工法にて築造している（表-1）。

到達立坑の土質は、地表面から約8mは、埋土・沖積層粘性土層、ローム層が介在している。8～11（15）mは武蔵野礫層であり、谷沢川側（西側）に向けて急激に傾斜している。以降は、全て上総層泥岩層である（図-6）。

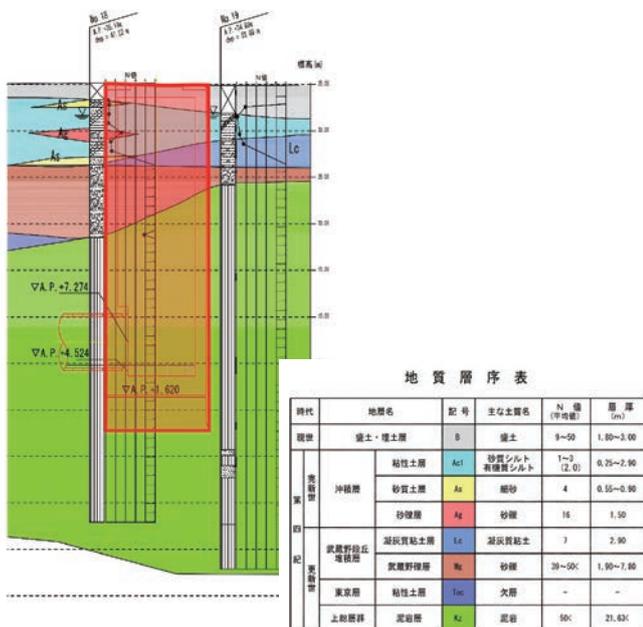


図-6 到達立坑 土質柱状図

本到達立坑工事の特徴を、以下に示す。

①狭隘なヤードにおける重要構造物との近接施工

②ケーソン鉛直精度の確保

以下に、①～②に対する対策を示す。

①狭隘なヤードにおける重要構造物との近接施工

到達立坑ヤードは、国道246号と首都高速3号線に囲まれた世田谷区立玉川台広場に位置している。

ヤード面積は、約1,900㎡であるが、その大部分の約1,400㎡については、首都高速高架下に位置しているため、施工時の上空制限（最低高さGL+7.1m）がある。また、上空制限が無い場所についても首都高速高架や下水道施設との位置関係を十分考慮する必要がある（図-7）。

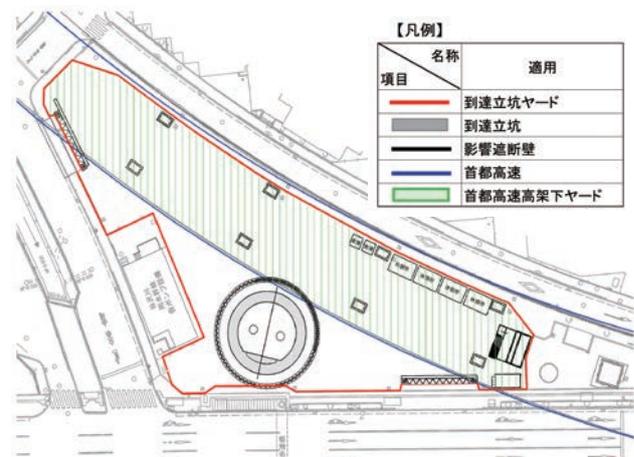


図-7 到達立坑ヤード位置図



写真-2 影響遮断壁（SMW）施工状況

対策として、首都高速高架との離隔（1m）を常時監視するために、橋脚にレーザーバリアを配置した。

影響遮断壁については、SMW施工範囲の一部が首都高速高架下にて施工する計画であったため、低空頭SMW機械を選定した（写真-2）。

ニューマチックケーソンは、深度35.4mを8ロットの分割により施工する計画である。通常、構築と沈設掘削を並行して施工することが主流であるが、本工事は、上空制限やヤード面積を考慮し、各作業時に、各々の設備を段取替える、分離作業方式を採用した。

そのため、揚重作業は、沈設掘削作業用55tクローラクレーンを構築作業でも常時使用する計画とし、また、沈設掘削時の土砂ストック設備は、15㎡ベッセル×3基をその都度配置する計画とした（写真-3）。



写真-3 ニューマッチクレーソン施工状況

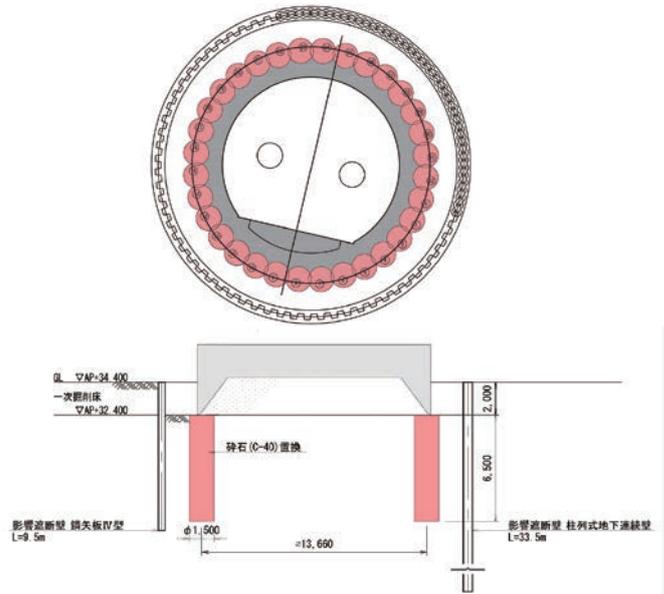


図-8 刃口部地盤改良および先行掘削概要図

## ②ケーソン鉛直精度の確保

到達立坑表層部地層は、図-6に示した通り、上部に埋土や沖積層が介在している。また、本工事ケーソン形状は、円形であるため、特に鉛直精度確保を懸念した。鉛直精度を向上させるためには、ある程度の深度および硬質地盤層に入る前の初期段階で、姿勢を確保する必要があるため、以下の対策を実施した。

### 1) 刃口先端部先行地盤改良

ボーリング調査結果より、表層部の軟らかい地層の分布深度および比較的N値が高い砂礫層の分布深度を把握。その結果、地表面から約8mにて砂礫層上部の位置を確認した。そこで、刃口設置部に先行削孔砕石置換による地盤改良を約8.5mの深度まで全断面実施した(図-8)。

### 2) 影響遮断壁壁内先行掘削

地盤改良終了後、影響遮断壁内を2.0m掘削。刃口設置部に山砂にて土砂セントルを成形し、刃口鋼板を設置した。刃口鋼板設置完了後、影響遮断壁天端部まで砂で埋戻した。

### 3) 細かいピッチによる沈設掘削

口明け掘削完了後、機械掘りによる沈設掘削開始時当初は、1回の沈下深度を約200~250mm程度として、ケーソン躯体の傾斜を抑制する掘削方法を採用した。結果として、大きな傾斜を発生させることなく、沈設掘削を施工した。

## 4.おわりに

本工事は、複数の高難易度工種を同時期に施工している。工事を円滑に進捗させるためには、各担当工事箇所にて効率的な業務遂行かつ綿密なコミュニケーションが重要となる。そのため、Zoomや写真管理ソフト(SiteBox)、電子黒板、施工管理サービス(Buildee)などを積極的に活用するとともに、事務系職員が、積極的に業務に関与することで、技術系職員は、本業である技術的業務に専念できる環境整備を推進した。

JV構成人員は、比較的年齢構成が若く、かつ各工種に対しほぼ未経験者が多い状態でのスタートであったが、早期の環境整備により、新工種着手前の勉強会開催や、各担当との綿密なコミュニケーション創出により、比較的円滑な進捗を確保している。

2022年11月段階にて、到達立坑は最終深度まで沈設完了し、中間排気施設はシールド頂部との切り開きが完了している。シールド工事は、2,800/3,205m超まで進捗している。

最終工期まで1年弱の状況であるが、現環境を維持し、無事竣工を迎えられるよう、JV職員一同邁進する所存である。