

# 解説 多様な管路

## 「水道事業における推進技術の応用例」 アルティミット工法による下り急勾配推進工

てしま さぶろう  
**手嶋 三郎**  
大分市水道局  
管理部次長兼計画課長



えとう よういち  
**衛藤 洋一**  
(株)センコー企画  
常務取締役工事部長



きたに のぶひろ  
**木谷 信博**  
国際エンジニアリング(株)  
工事課長



### 1 はじめに

本市での推進技術の応用については、配水管等の管路工事において、河川横断や国道等の交通量が多く開削工法が困難な区間で、その区間に適合する推進工法により管路工事を行っている。今回実施の「森岡山配水池～下郡地区配水本管布設工事」は平成17年度から口径700mm配水本管（A型鋳鉄管）を更新（耐震化）する事業であり、これまで河川横断の1区間で推進工事を実施した。この区間では玉石等の障

害物が多くあることから、今では施工実績が少ない刃口式推進工法によりさや管呼び径1000の管路工事を実施した。

また、本事業の7・8工区的设计段階で、泥水式推進工法による長距離推進や急勾配推進の施工が可能であるとの情報を得たため、この泥水式推進工法の信頼性や施工性、経済性等を検討した結果、この泥水式推進工法が最も適した工法であると考えた。7工区では400mを超える長距離推進、8工区では17%の急勾配推進を平成25年度より2箇年で実施し開削工法では困難な

区間を比較的スムーズに工事を完了することができた。

今後も老朽管更新や管路耐震化事業等の管路工事は年々増えるとともに、開削工法が困難な区間も多くなることが予想されており、今以上に推進技術を活用した様々な推進工法による管路工事を実施するものと思われる。

### 2 工事概要

本工事は、大分市水道局発注の水道配水本管を敷設するための「さや管を泥水式推進工法（アルティミット工法）で施工」するものである。

工事場所は、大分市のほぼ中央付近であり付近には、東九州自動車道「大分光吉IC」や森岡小学校、曲石仏がある「森岡山」周辺である。写真-1に工事付近全景を示す。

地形概要は標高約60mの台地状であり斜面は比較的急峻である。地質概要は大分層群・滝尾層・片島層に区分され、固結砂・礫・シルトを主体とす

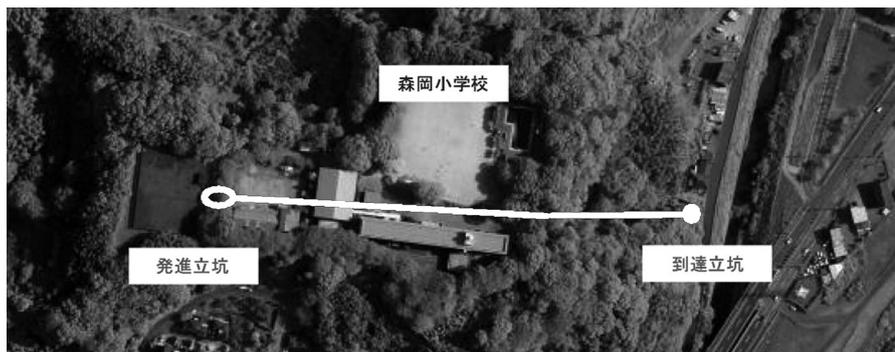


写真-1 工事付近全景

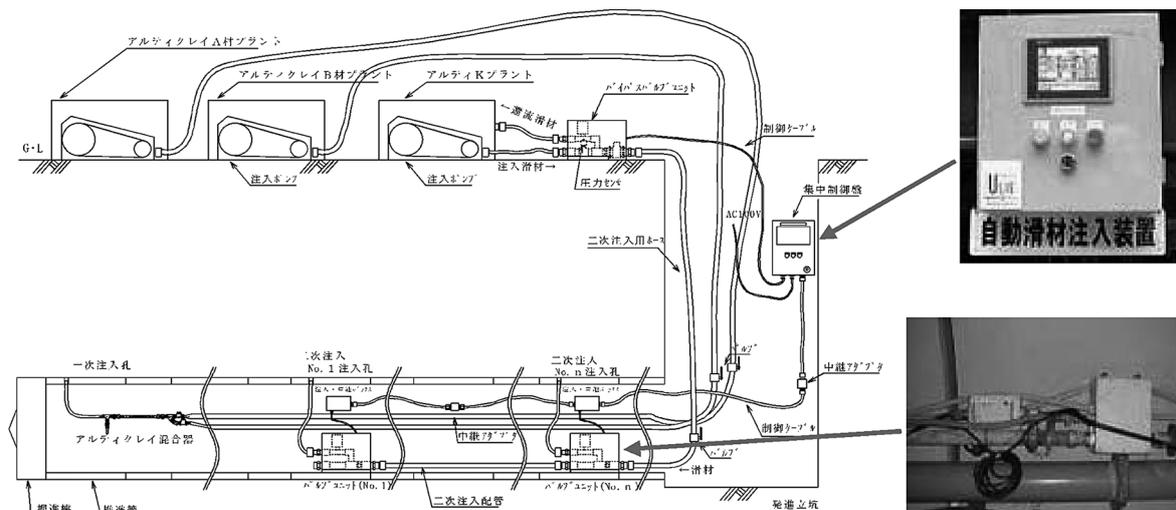


図-1 アルティミット滑材注入システム (ULIS) 概要図

る火砕流堆積物を挟む地質である。

本工事で特筆すべき事項は、山の頂上(上水道タンク)から山裾に向かって、呼び径1000の推進管で推進延長約283m・高低差約48.5m(−170%)という、あまり経験しない施工条件であったことです。1.0mで約17cm下がる勾配で、ヒューム管2.43mで約41cm下がる勾配です。

このような施工条件下ではあったが、工事関係者が一丸となってリスクの抽出と最善の対策を協議し推進工事を完了することができた。

以下に、本工事の特異性とリスク対策としてアルティミット工法の施工技術を報告する。

### 3 下り急勾配を施工したアルティミット工法説明

アルティミット工法は、長距離・急曲線推進工事を円滑に施工するため、従来の泥水式、土圧式工法を基に、多くのシステムや装置から構成されている。さまざまな施工条件に合わせた最適なシステムを選択でき、安全確実で効率の良い推進施工を提供する。

#### 3.1 適用管径

下水道推進用鉄筋コンクリート管の

場合

【泥水式】 呼び径800～3000

【土圧式】 呼び径1000～4000

#### 3.2 主要システムおよび装置

アルティミット工法の主要技術は以下のとおりである。

##### (1) 長距離推進技術

###### ① 拡幅リング

アルティミット工法に使用する掘進機は、カット直後の外殻に溝を切った特殊拡幅リングを装着する。泥水式は、地山と推進管にクリアランスを造成し、掘進機前面から泥水安定液の一部が特殊拡幅リングの溝を通して、推進管周辺のクリアランスに均等に充填される。土圧式では、掘進機前面に注入した添加材の一部が特殊拡幅リングの溝を通して推進管周辺のクリアランスに充填される。このように、泥水・土圧式ともに、特殊拡幅リングと泥水(安定液)、添加材の働きにより第1段階の管外周摩擦抵抗の低減を行う。

###### ② アルティミット滑材注入システム

(ULIS)

アルティミット滑材注入システム(以下、ULIS)による滑材注入は、注入量、注入圧力、注入位置を集中制御し、完全に自動化されている。掘進機直後の

推進管から拡幅掘削量の全量を一次注入してクリアランスを再充填し、さらに二次注入で、推進管外周全域に万遍なく高粘性滑材アルティークレイKを充填することにより、第2段階の管外周摩擦抵抗の低減を倍加するとともに、地山のゆるみを防止する。図-1にアルティミット滑材注入システム(ULIS)概要図を示す。

###### ③ 推進工法用滑材

推進工法に使用する滑材には、次のような性能が求められる。

低摩擦係数：推進力の低減

高粘性：性状の長期維持、圧縮強度

低浸透性：テールボイド内の残存性

低濾水性：滑材の保水性能

低希釈性(耐イオン性)：地下水による劣化の防止

地中環境保全：地盤中に残置した場合の安全性(中性であること)

アルティミット工法は、これらの性能が満足できるように、施工条件、土質および水質に応じた推進工法用滑材を準備している。滑材は、高粘性滑材のアルティークレイKと超高粘性滑材のアルティークレイがある。これらの滑材のPHは、中性であり安全性に優れてかつ地中環境を保全する。写真-2にアルティークレイK・アルティークレイを示す。

## (2) 急曲線推進技術

### ① 曲線対応掘進機

曲線施工では、曲線に見合う拡幅掘削量（余掘り）および曲線外側の側方地盤反力等の算出を行い、曲線造成の確保や管にかかる強度等の検証を行う。

### ② リアルタイム計測システム

曲線施工における測量時間の短縮化と的確な方向制御を目的として、常時掘進機の位置・姿勢計測ができるリアルタイム計測システム（ジャイロコンパス）が装備され、効率の良い精度を可能とする。

### ③ センプラカーブシステム

センプラカーブシステムは、管の継手部に低発泡の推進力伝達材（センプラリング）を上下に設置することにより、曲線区間でも推進合力の作用点を管の中央に近づけるとともに、広い範囲で推進力を伝達し、掘進機の造成した曲線に正確に推進管を追随させる。

センプラリングは、推進計画時に各継手部の推進力を算出し「センプラリング選定ソフト」を用いてその推進力による圧縮応力度が、推進管の許容応力度を下回るように形状、発泡倍率、厚さ等を変化させて検証する。

## (3) その他のシステム、機器

### ① 中央集中管理システム

掘進機の遠隔操作方式とリアルタイム計測により、リアルタイムに掘進機の位置・姿勢計測が可能となり、掘進機が集中制御できる。また、ULISや自動測量システムの選択により管内作業を大幅に軽減できる。

### ② 自動測量システム

推進管内に自動追尾式トータルステーションを複数台設置し、互いの位置を自動計測して、そのデータをパソコンで演算することで、掘進機の位置を正確に把握する。アルティミット工法の測量システムでは、ジャイロコンパスとピッチング計のデータを組み合わせて、

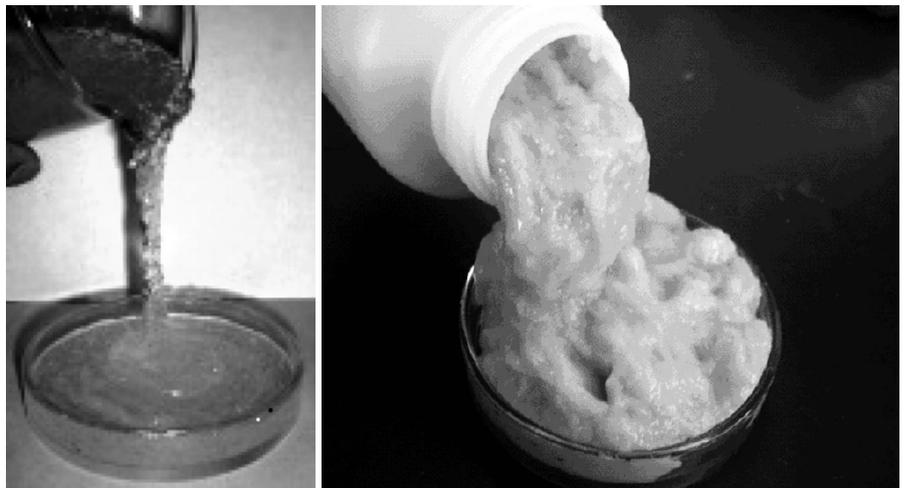


写真-2 アルティミット K・アルティミット クレイ

より精度の高い掘進機先端位置と姿勢をモニターで把握することができる。

本工事では、上記アルティミット工法技術を採用し施工を行った。

## 4 施工事例

### 4.1 工事概要

工事名：森岡山～下郡地区配水本管  
布設（8工区）工事

発注者：大分市水道局

請負者：センコー・敷総合特定建設  
工事共同企業体

工期：平成25年9月26日  
～平成26年12月26日

施工場所：大分県大分市大字曲

工法：アルティミット泥水式推進工  
法

施工：国際エンジニアリング(株)

推進管径：呼び径1000ヒューム管

土質：非溶結凝灰岩・砂礫  
固結砂

推進延長：L = 283.8m

曲線：R = 500m

CL = 87.266m 1箇所

勾配：-170.04‰

泥水配管：4インチ

図-2に平面図、図-3に横断面図を示す。

### 4.2 工事の特異性

本工事は、全路線均一勾配 -170.04‰の他に、推進管路部の土質が非溶結凝灰岩から砂礫層へ変化しその後固結砂・シルトへ変化する地層である。また、搬入路も狭く発進基地作業ヤードも狭小であり、発進立坑も幅が3.5mと狭く、深さが13.2mと深い立坑での作業環境であった。

#### (1) 全路線均一勾配

(-170.04‰)

全路線均一勾配であるため、掘進機の水没および平面曲線を含む急勾配の精度管理が課題となり、対応策を考慮し施工を行った。

#### ① 掘進機水没の課題

全路線均一勾配の下り勾配推進であり、掘削土砂が砂礫であることと水撃作用により排泥管が破損し掘進機水没が懸念された。

#### ② 掘進機水没への対応

掘進機水没対策としては、掘進機と推進管の間に隔壁筒を設置し、掘進機への泥水流入を防止できる構造とした。なお、隔壁筒には掘進機内への出入りができるドアを設け、ドアの一部には測量用および掘進機内が監視できる様に強化アクリル板を装備したドア構造とした。また、発進立坑には非常用水中

ポンプを設置し、推進管内には管内配水用高揚程水中ポンプを装備した。これらの追加装備の結果、掘進機の水没事故も回避できた。図-4に隔壁筒図・写真-3に隔壁筒設置状況を示す。

送排泥管の破損要因である水撃作用の対策は、減圧可能な装置の導入を検討したが、推進管径φ1000mmに設置可能な装置はなかった。よって、掘進機運転時の「急激な送排泥バルブ操作厳禁」で対処した。

### ③推進精度管理の課題

平面曲線R=500mを含む全路線均一170.04‰の下り急勾配推進であり、推進管内径φ1,000mmの環境での測量が懸念された。

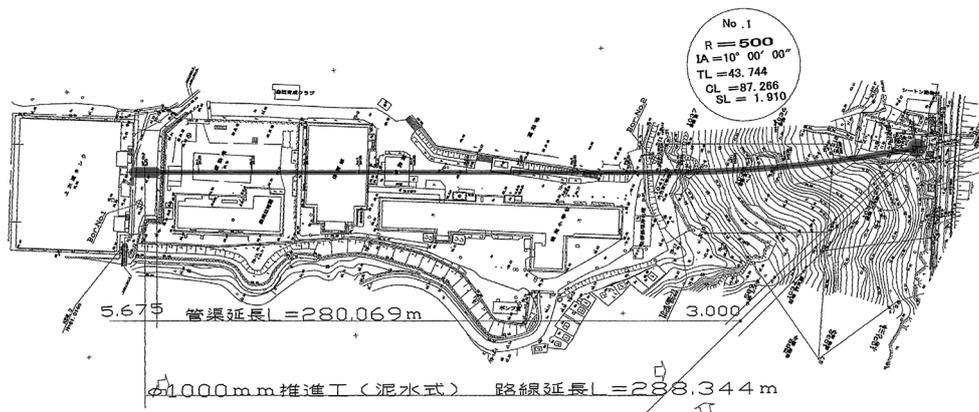


図-2 平面図

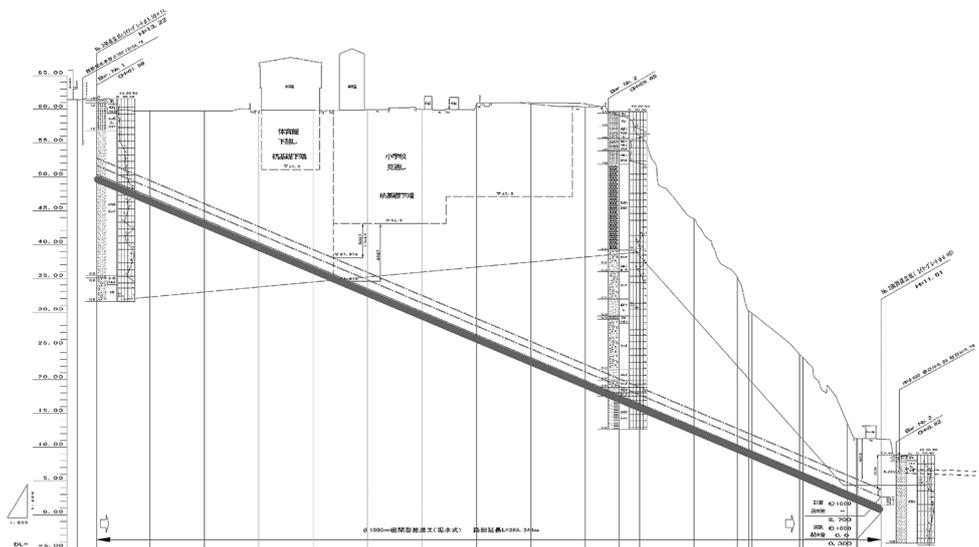


図-3 横断面図

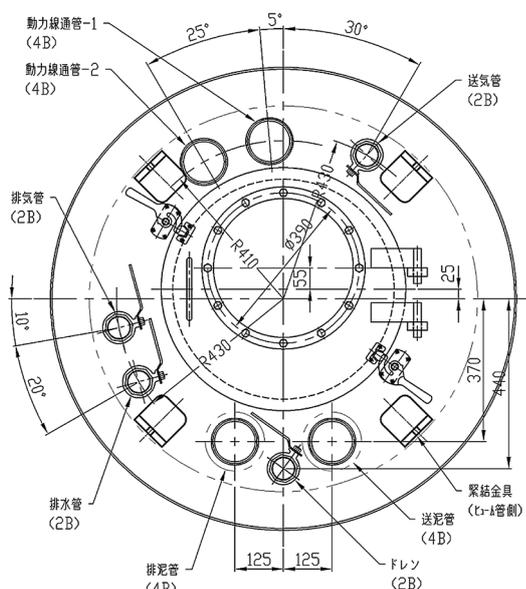


図-4 隔壁筒図

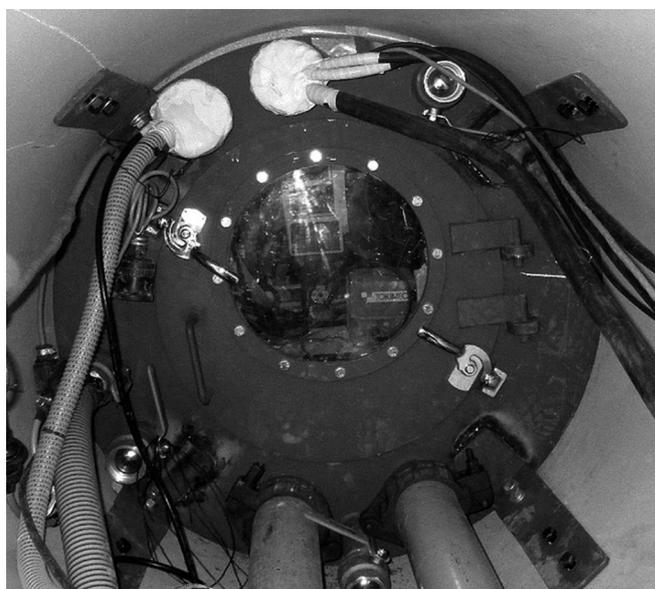


写真-3 隔壁筒設置状況

④推進精度管理への対応

推進管1本で41cmの勾配があるレベル測量は、内径φ1,000mmの狭い管内環境では不可能であった。したがって、上記自動測量システムにて高低差および平面線形の測量管理を行い、到達での精度は-17mm・左9mmと高

精度で到達できた。写真-4に管内の自動測量機設置状況を示す。

(2) 推進管路部の土質変化

推進管路部の土質が、非溶結凝灰岩から砂礫層へ変化しその後固結砂・シルトへ変化する地層の掘削であるため、掘進機二次破碎部(コーン部)の摩耗お

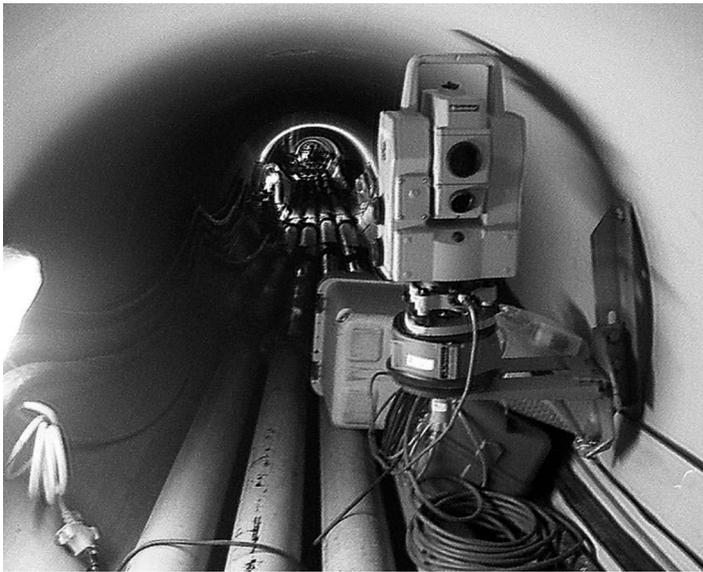


写真-4 自動測量機設置状況

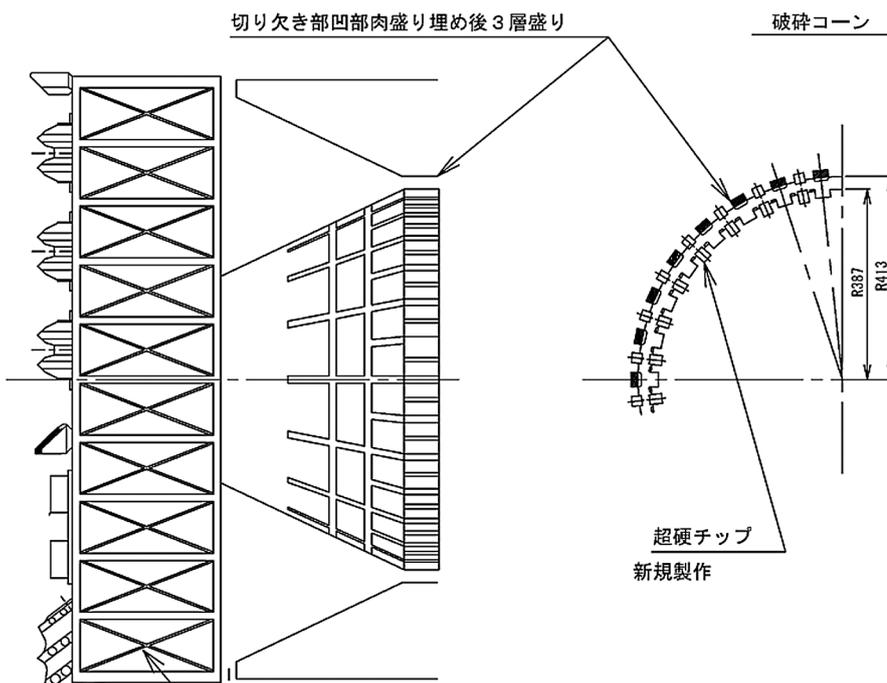


図-5 掘進機二次破碎部改造図

び、掘進機面板閉塞に課題があり、対応策を考慮した掘進機へ改造を行った。

①掘進機二次破碎部(コーン部)

摩耗の課題

岩・礫の強度は不明であったが、岩・礫層による掘進機二次破碎部(コーン部)の摩耗が促進され、掘進不能に陥ることが懸念された。

②掘進機二次破碎部(コーン部)

摩耗への対応

掘進機二次破碎部(コーン部)摩耗対策としては、掘進機一次破碎機能の補強としてローラビット・ケージカッタを追加装備し二次破碎部の負担を軽減させる。また、二次破碎(コーン部)の切欠部の肉盛りおよび、新規に超硬チップを追加装備した。これらの補強・追加装備の結果、到達した掘進機の摩耗状況からも有効な補強・追加装備と考える。図-5に掘進機二次破碎改造図を示す。

③掘進機面板閉塞の課題

掘削後半の固結シルト層による掘進機面板の閉塞が促進され日進量が低下し掘進不能に陥ることが懸念された。

④掘進機面板閉塞への対応

掘進機面板閉塞対策としては、面板開口率を構造上の最大開口率24%に拡大し、特殊面板先端噴射孔による高圧洗浄装置を追加装備した。これらの対応により面板閉塞を起こすことなく到達でき有効であったと考える。図-6に掘進機図面、写真-5に掘進機写真、写真-6に特殊面板先端噴射孔を示す。

(3) 狭小発進基地、狭小・深い

発進立坑の作業環境

搬入路も狭く発進基地作業ヤードも狭小であり、発進立坑も幅が3.5mと狭く深さが13.2mと深い立坑での作業環境に課題があり、対応策を考慮した施工方法および設備の増設を行った。

①狭小発進基地の課題

資機材搬入路は、道路幅員が2.7m

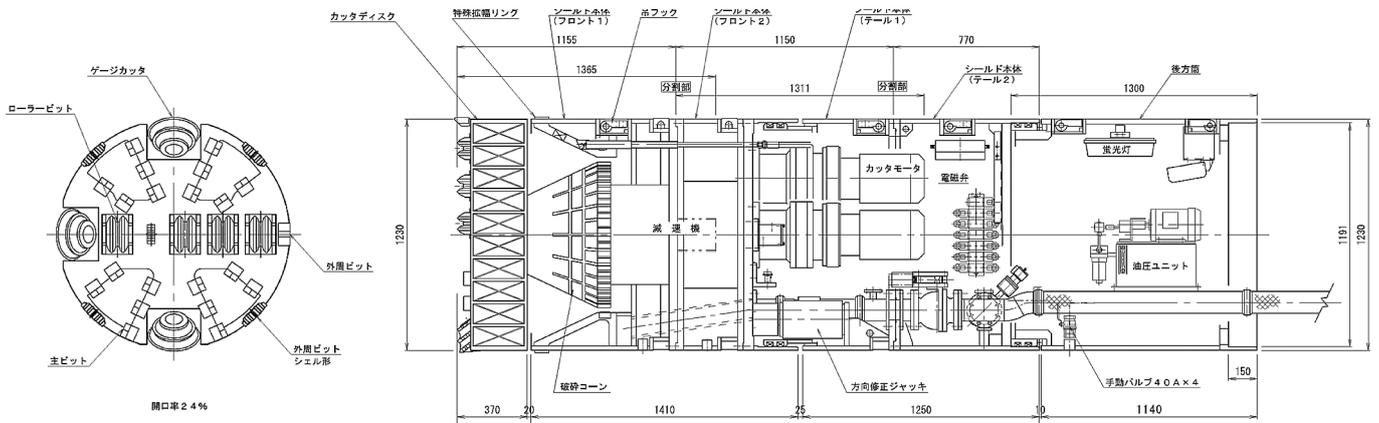


図-6 掘進機図

で離合不可の狭い山道を約1Km登る搬入路である。また、発進基地作業ヤードも、作業ヤード中央に発進立坑が位置し、前後はスペースがなく、左右スペースを使用できるのみであり、推進管の吊降し等に苦慮した。

②狭小発進基地への対応

資機材は、一旦資材仮置き場に搬入し、小型車に積替え小運搬を行った。また、発進基地作業ヤードは、左右のスペースを有効利用するために門型クレーンの設置を推進方向と直角方法へ設置し、推進管の吊降し作業に対処した。図-7に推進設備配置図を示す。

③狭小・深い発進立坑の課題

発進立坑の大きさは、幅3.5m・長さ11.35m・立坑深12.92mのライナープレート発進立坑であり、最少腹起し間隔は1.85mであった。よって立坑内への昇降時の墜落災害を懸念し、昇降設備に苦慮した。また、-170.04%の急勾配発進架台設備にも苦慮した。

④狭小・深い発進立坑への対応

立坑昇降設備は、支圧壁側に昇降梯子を発進坑口側には昇降用エレベータを設置し、2箇所による昇降を可能とし、墜落災害に対処した。図-8に立坑内推進設備図・写真-7にエレベータ設置状況を示す。

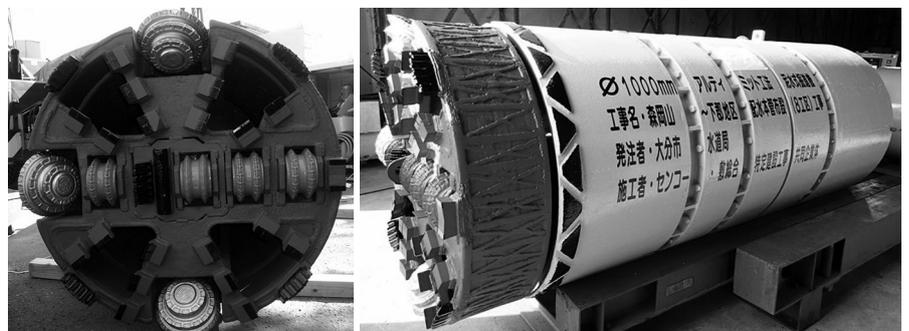


写真-5 掘進機写真

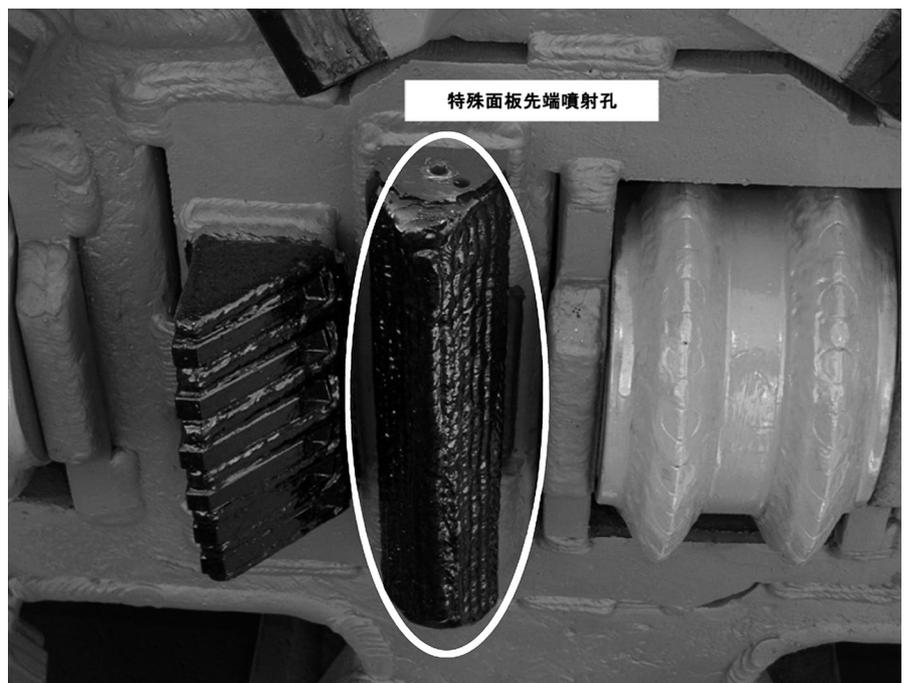


写真-6 特殊面板先端噴射孔

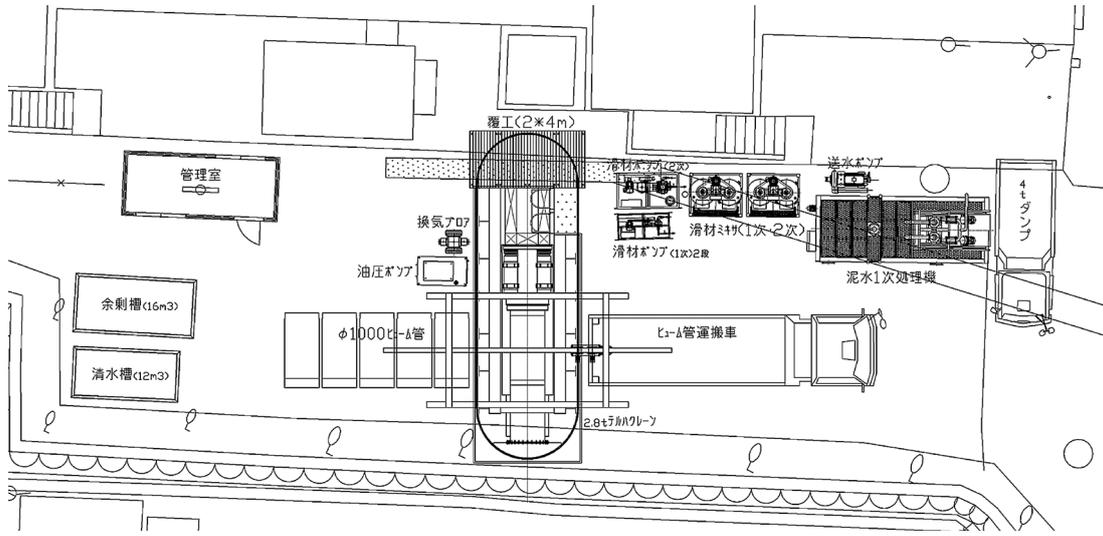


図-7 推進設備配置図

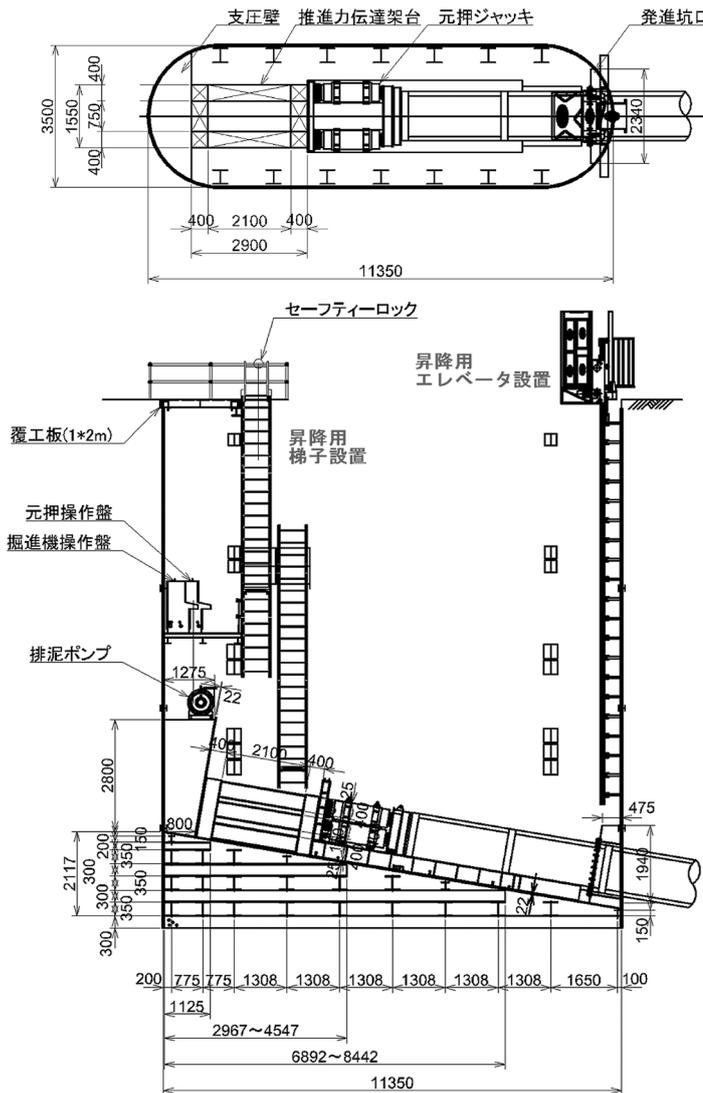


図-8 立坑内推進設備図



写真-7 エレベータ設置状況

## 5 あとがき

本工事は、全路線均一下り急勾配－170.04%という特殊な施工条件であったが、過去の経験を活かし計画の段階から綿密な検討を加えた。このことが実施工においても活かされ、安全に

高精度に工事を完成させることができたと考える。しかしながら、原因不明の管内排泥中継ポンプの故障が発生し、今後の急勾配推進に課題を残すことになった。

本工事を無事完成させるにあたり、関係者の皆様には大変お世話になっ

た。誌上をお借りし厚く御礼を申し上げる次第である。

本工事で得られた種々の課題に対する対応策を、今後の推進工事に活用していきたいと考える。また、本報告文が少しでも皆様の参考になれば幸いである。