

シールド発進立坑の省面積化 システムの開発に関する研究

1. 研究の目的

密集した市街地でのシールド工事では、地上部の立坑用地の確保が難しくなっており、特に道路下を掘削し進む上下水道、地下鉄、および共同溝等のシールド工事では、一般車両の通行に支障をあたえず、かつ安全管理のしやすい省面積によるシールド施工技術が求められている。

本研究では、このような状況において、狭い用地での発進立坑用地の確保と同時にそれに伴う用地難の解消、工事の安全性、および周辺環境の向上等を目的し、発進立坑用地を従来の面積から1/2～1/3に縮小するシステムを開発するものである。

2. 研究内容

2.1 研究概要

本研究は、(財)下水道新技術推進機構と戸田建設(株)との共同研究で行っており、研究期間は、平成5年10月1日より平成11年3月31日の予定である。

平成5、6年度はシールド工事の発進立坑用地を省面積化するために、その技術的な可能性を探る等の基礎研究とモデル現場設定による計画、設計までを行った。省面積化に必要な研究項目を下記に示す。

- (1) 両工法共通設備 : ターンテーブル, セグメントスタッカー, 自動搬送設備

- (2) 泥土圧式シールド工法 : 立坑内土砂ピット, 土砂搬送システム, 連続固化システム
- (3) 泥水式シールド工法 : リアルタイム切羽安定管理システム, 濃縮サイクロン
- (4) 狭隘用地での立坑施工法 : 中空圧入ケーソン, 地盤改良併用深礎工法

平成7、8年は実際の現場にて、泥水式シールド工事のなかでリアルタイム切羽安定管理システムと濃縮サイクロンの実証実験を行い、研究に進めている。

さらに、平成9、10年では、上記の実証実験を踏まえ、省面積化の技術マニュアル、並びに積算マニュアルの作成を行う。

2.2 今年度の研究項目

平成7年度の研究としては、泥水シールド工法での省面積化システムに最も必要となる要素技術について、実証実験を行った。その内容は以下の2項目である。

- (1) リアルタイム切羽安定管理システム
- (2) 濃縮サイクロン

これらの他に、セグメントスタッカー、二階建防音ハウス、ターンテーブル等の技術もあるが、建設業や他産業で既に用いられていることもあり、特に今回要素技術として確認の必要なものに絞って行った。

3. 要素技術実証実験

3.1 要素実験の目的

要素実験の目的は、以下のとおりである。

- (1) 要素技術採用による省面積化効果の確認
- (2) 機器の性能確認
- (3) 施工データの蓄積
- (4) 機器の改良

3.2 実証実験の対象工事の概要

(1) 工事概要

要素技術の実証実験を行う工事の概要は、神奈川県中郡大磯町下水道事業の下水道幹線の一部であり、大磯町（高麗，東町，大磯地内）に、泥水式シールド工法により、工事延長：469mの下水道管渠（汚水幹線，セグメント外径：φ2000mm，仕上がり内径：φ1350mm）を築造するものである。

工期は平成7年9月から平成9月3日である。

今回のシールド工事を行う地層は、主に頁岩層を掘進する状況であるが、中間部で砂レキ層，頁岩層の互層から砂レキ層へ，さらに砂レキ層と頁岩層の互層へと変化しており，固い頁岩層に合わせ掘進スピードが上がらない時に透水性の高い砂レキ層を掘進することになり，難易度の高い工事であるため，適切な泥水管理が必要となった。

(2) 工事内容

1) シールド工事

工 法	: 泥水式シールド工法
シールド機外径	: 2,140mm
セグメント外径	: 2,000mm
工事延長	: 469.0m
土被り	: 4.5~4.9m

2) 立坑築造工

発進立坑	: 9.6m（横）×4.6m（縦）×7.1m（深さ）
到達立坑	: φ5.5m（内径）×6.5m（深さ）

シールド標準断面図を図-1に示す。

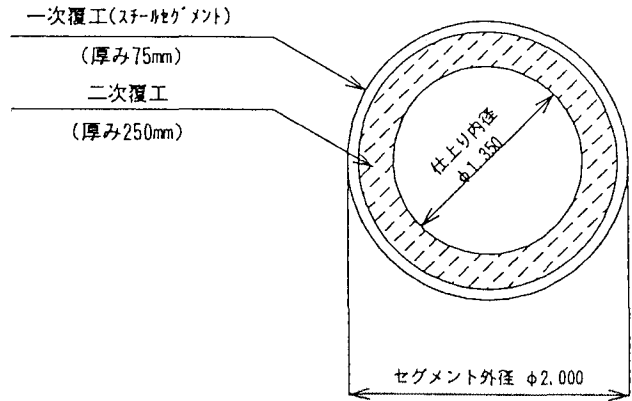


図-1 シールド標準断面図

検討の結果，従来地上で行っていた切羽の安定のための泥水管理をトンネル内のシールドマシン後方の送泥管内で直接行うことが可能となった。

(1) 切羽安定管理システム

1) 粘性による方法

水の粘性を上げると，地山の空隙を泥水が通りにくくなり，この抵抗が圧力損失である。つまり，粘性と上げれば，圧力損失が大きくなり，加圧力は短距離で地山に伝達される。地山の表面がカッタービットに切削されても，泥水の浸透域が切削された長さだけ，前方に延びることによって切羽の安定は引き続き確保されることになる。

2) 目詰りによる方法

目詰りという考え方は，従来から用いられてきたが，地山の表面での止水が目的であり，泥膜と同様，カッタービットによって削り取られてしまう。しかし，目詰り剤の粒径を調整することにより，地山の内部で目詰りを起こさせることがわかっている。

リアルタイム切羽安定管理システムでは，送泥管内に目詰り剤を投入することを可能とすることにより，トンネル内に設備することが可能となった。

3) リアルタイム切羽安定管理システムの効果

リアルタイム切羽安定管理システムの効果としては，地上の設備をトンネル内に持ってくることによる省面積化だけでなく，リアルタイムな調泥も大きな効果の一つである。従来の地上

4. 要素技術の機能

4.1 リアルタイム切羽安定管理システム

泥水式シールド工法での省面積化には，「泥水設備」の縮小化が有効である。しかし，従来の泥水比重管理主体の管理方法では，これまで以上の縮小化が難しい。そこで，粘性主体の泥水管理の導入により，全体設備の縮小化を図ることとした。検討にあたり，まず粘性主体の切羽安定機構を検討し，次に粘性の連続的な測定方法と泥水調整方法を検討した。

設備による作泥管理では、切羽での変化に対して対応するために、調整槽内で泥水を調整し、流速2m程度で切羽へと送泥されることになる。例えば1kmの距離のシールドでは送泥だけに500秒(約8分)の時間が必要である。

しかし、リアルタイム切羽安定管理システムでは、後方台車(切羽より60m)で瞬時に調整し切羽へ送ることが可能となるため、30秒で対応することが可能となる。

4) リアルタイム切羽安定管理システムの構成

リアルタイム切羽安定管理システムは、送泥管に取り付けた攪拌装置(1)、増粘剤及び目詰り剤の添加装置(2)、増粘剤と目詰り剤の貯蔵タンク(3)(4)、送泥管に取り付けた連続粘性測定装置(5)からなり、これらは全てシールドマシン後方の後方台車に設備された。(図-2参照)

リアルタイム切羽安定管理システムでは送泥管内に増粘剤と目詰り剤を直接投入し、送泥管内で攪拌混合することにより、シールドマシンの後方台車で調泥する。増粘剤は攪拌直後に送泥管内に設置した粘性計により測定し、増粘剤の添加量をフィードバック制御している。

4.2 濃縮サイクロン

(1) 2次処理の方法

泥水の2次処理の方法には主に加圧濾過方法(フィルタープレス)が用いられている。フィルタープレスは脱水性能は良いが、バッチ処理のため、設備が大きくなる。また、脱水後ケーキ状により、1次処理した残土と処理方法が異なるため、ダンプトラックへの積込施設を設けなければならない。これらの泥水シールドの設備用地の多くを

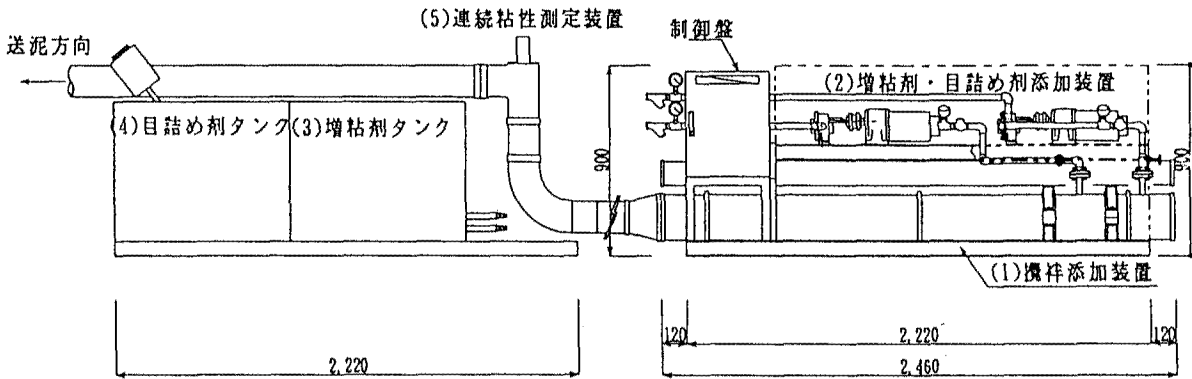


図-2 リアルタイム切羽安定管理システム図

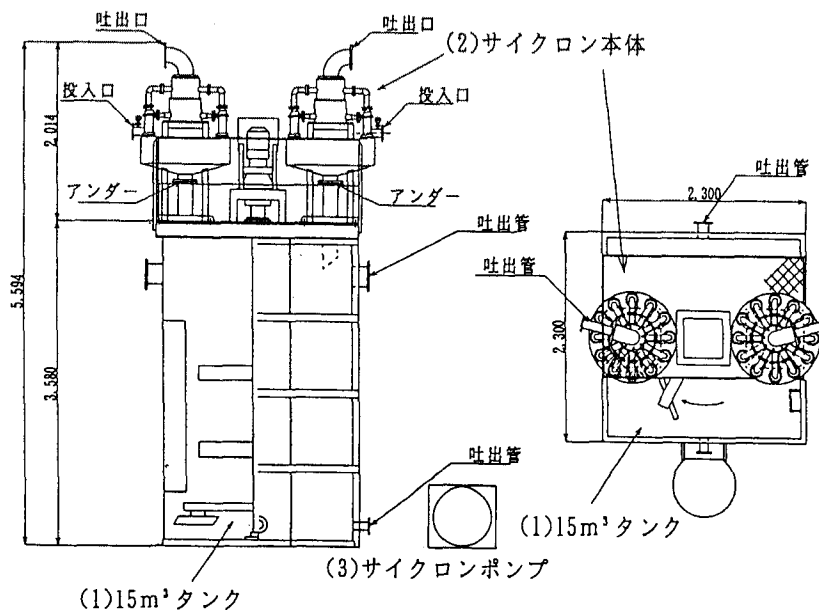


図-3 濃縮サイクロン設備図

標準型泥水式シールド設備

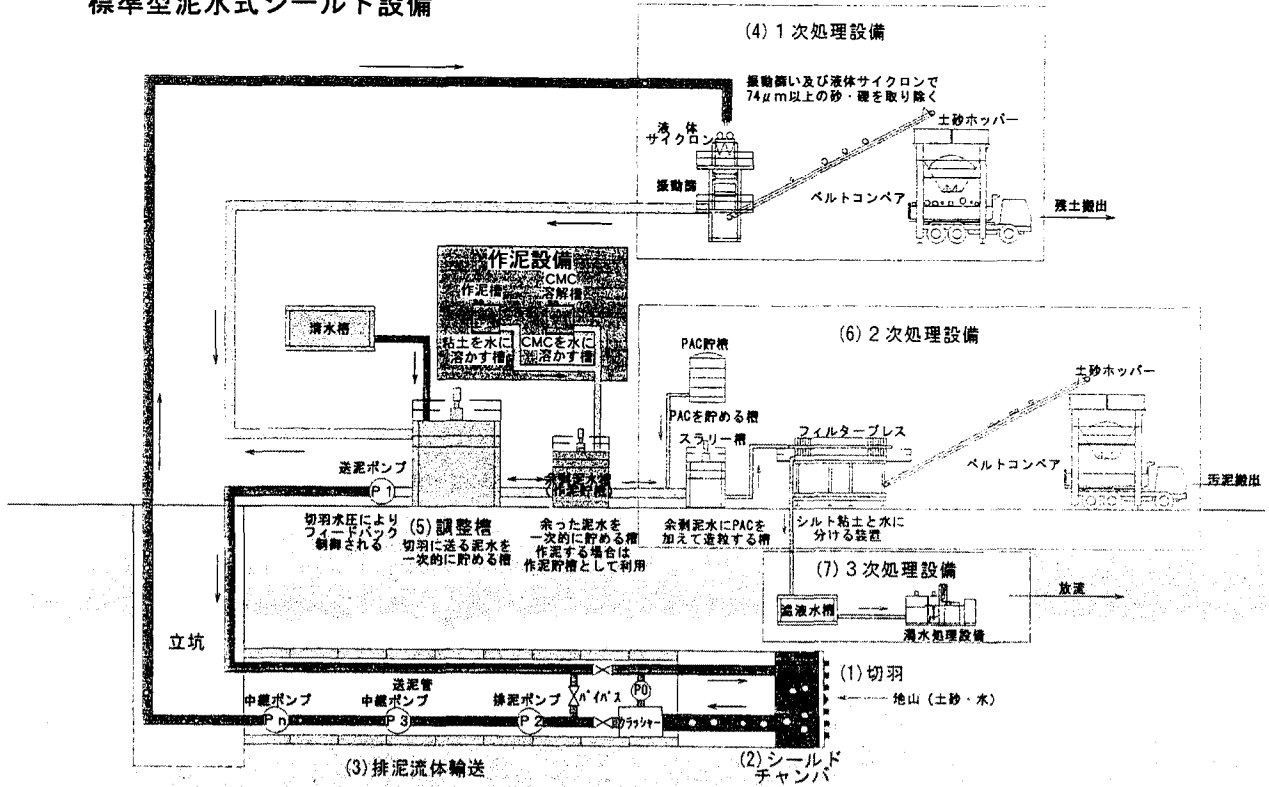


図-4 標準型泥水式シールド設備図

省面積型泥水式シールド設備

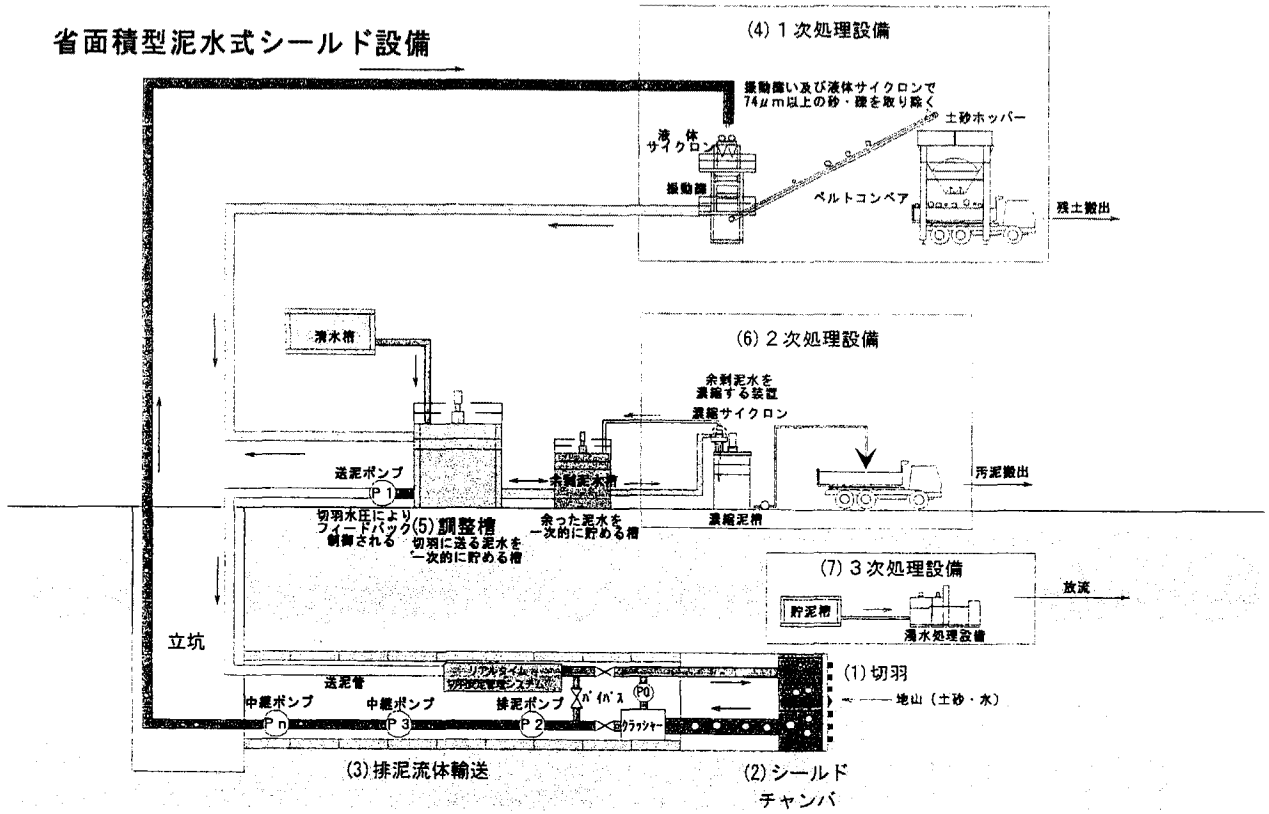


図-5 省面積型泥水式シールド設備図

標準型設備配置図

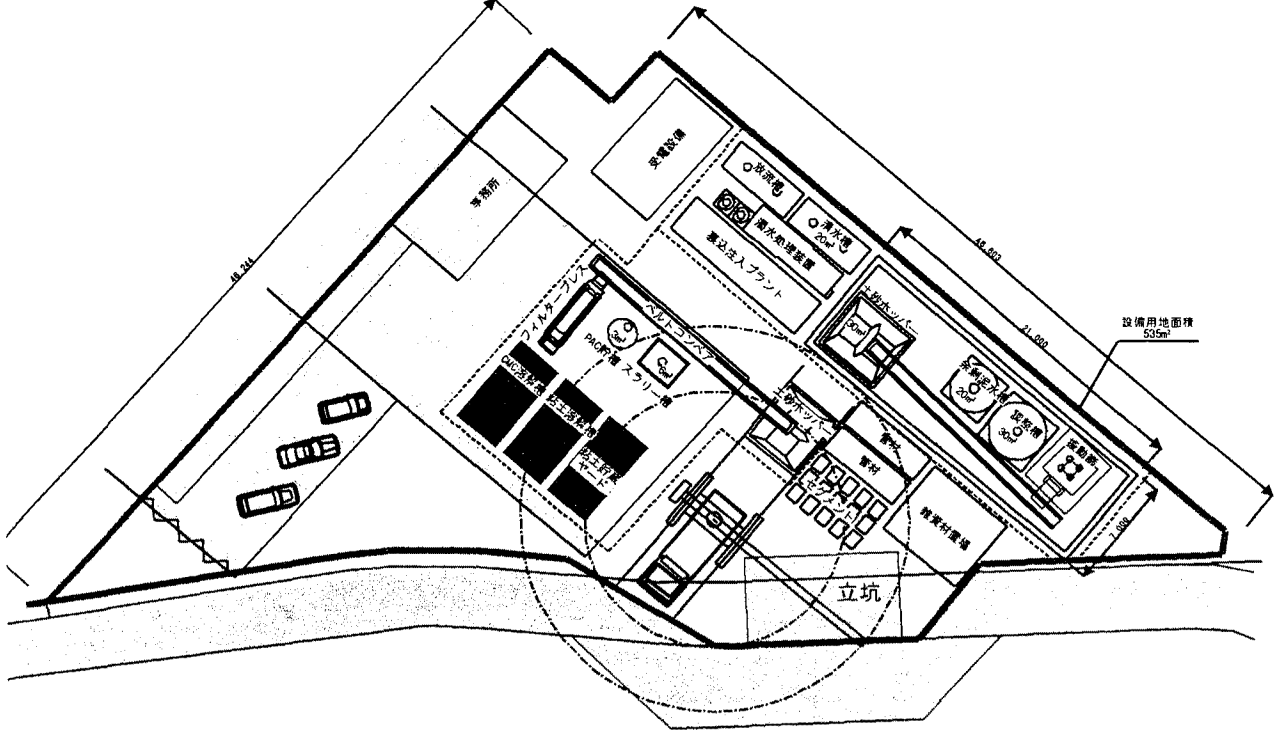


図-6 標準型設備配置図

省面積化システム設備配置図

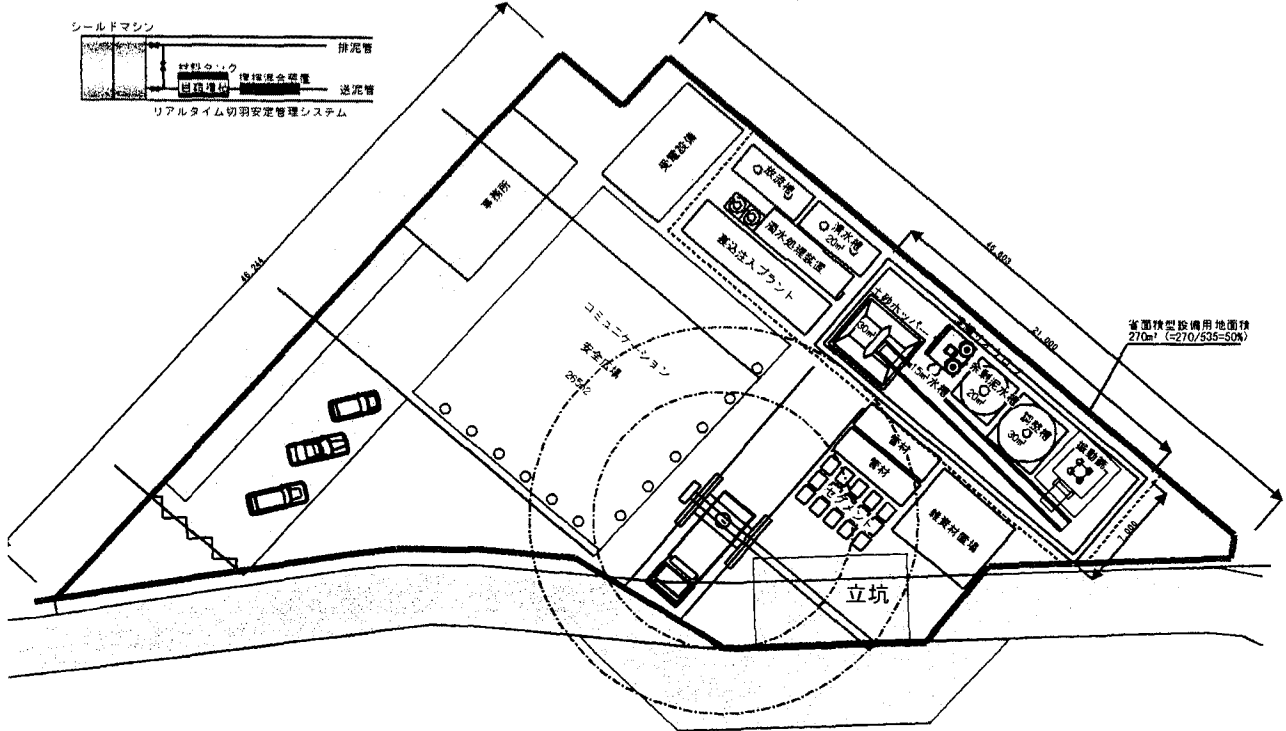


図-7 省面積化システム設備配置図

占めており、省面積化の障害になっている。

省面積立坑で用いる濃縮サイクロンは、大きな設備面積を占めるフィルタープレスに替わる2次処理設備である。濃縮サイクロンはフィルタープレスよりも脱水後の比重が2割ほど低下するが、設備が非常に小さく、濃縮後もスラリー状なため、残土ホッパーやベルトコンベアが必要なくなる。ダンプトラックへの積込はポンプ圧送により行い、濃縮後のスラリーは攪拌翼付きのタンク内にストックされている。

(2) 濃縮サイクロンの構成

濃縮サイクロンは攪拌翼付き15m³タンク(1)、サイクロン本体(2)、サイクロンポンプ(3)で構成されている。

余剰泥水槽に貯められた余剰泥水はサイクロンポンプにより、サイクロン本体に加圧送水される。泥水はMD 2型サイクロン12台により分級され、サイクロンアンダーより、濃縮された泥水がタンク内に貯められる。サイクロンオーバー泥水は余剰泥水槽にもどし、再利用する。

5. まとめ

シールド発進立坑用地として、標準型と省面積型を比較する。まず、断面図としては、標準型泥水式シールド設備図を図-4に、省面積型泥水式シールド設備図を図-5に示す。また、配置図では、標準型設備配置図を図-6に、省面積化システム設備配置図を図-7に示す。

ここで、省面積化システムでの設備面積は270m²となり、標準型での535m²に比べて約50%の縮小化が図れた。

6. 今後の予定

今後は、今回の泥水式シールド工法での実証実験の結果を整理し、各システムの実証化をはかることと、技術マニュアル並びに積算マニュアル作成を行う予定である。

● この調査に関する問い合わせは

研究第二部長
研究第二部主任研究員
研究第二部研究員

藤田 昌一
伊藤 紀夫
森岡 真一