

# シールド発進立坑用地の 省面積化システム に関する調査研究（その3）

## 1. 研究目的

密集した市街地でのシールド工事において、発進立坑用地の確保が困難になってきており、また確保できたとしても面積が小さかったり、形状が様々であったり、従来の標準的な設備配置が困難なケースが増えてきている。本研究ではこういった状況に鑑み、シールド発進立坑用地の必要面積を小さくし（省面積化）、様々な用地形状に対応できる技術を開発することを目的としている。本システムは、現時点で図-1に示すように泥水式設備として5つ、土圧式設備として1つ、共通設備として3つのシステムが開発されており、現場の状況や目的に応じて、必要なシステムを組合せて採用することで省面積化が図れる。従来は、ただ単に設備配置を重層化したり、無理に詰めて配置するのに対し、本システムは、安全性、施工性を損なうことなくシールド発進立坑用地の必要面積を縮小し、用地の確保と周辺環境の向上を可能にする技術である。

本研究は、泥水式に加え土圧式に対応できるシステムの開発を進めるとともに、実証施工によりデータを蓄積し、設計マニュアルに反映する。

## 2. 研究体制と経緯

本研究は、平成5年度より本機構と戸田建設株式会社との共同研究として開始された。

平成5、6年度は、省面積化の技術的可能性を探る基礎研究を行った。その結果、リアルタイム切羽安定管理システム、セグメントストックシステム等を提案した。また、省面積化された用地における立坑施工法についても検討している。これらの研究成果としてケーススタディにおいて、泥水式シールドで従来比1/3、泥土圧式で1/2に発進立坑用地の必要面積を縮小できることを確認した。

平成7、8年度は、実証施工に向けて、「リアルタイム切羽安定管理システム」と「濃縮サイクロン」の要素技術の開発研究を行った。そして、実工事での施工性を実証するため、神奈川県大磯町污水幹線の泥水式シールド工事において、前記2つの要素技術を採用し、約50%の省面積化が図られ、安定した性能を確認した。平成9年度は、要素技術の1つである「濃縮サイクロン」について更に様々な土質に対する性能確認のため要素実験を行った他、スパイラルコンベアの土砂搬送能力の性能確認試験を行った。

また、千葉県柏市大堀川右岸第8号雨水幹線の泥水式シールドの現場において「リアルタイム切羽安定管理システム」と「濃縮サイクロン」、そして「スラリー連続改質システム」の3つの要素技術を採用し、実施工における課題と改善策について研究した。

平成10年度は要素技術の研究・開発として、セグメントストックシステム（ドーリー型）の実機の開発と固形回収システムの要素実験を行うとともに、

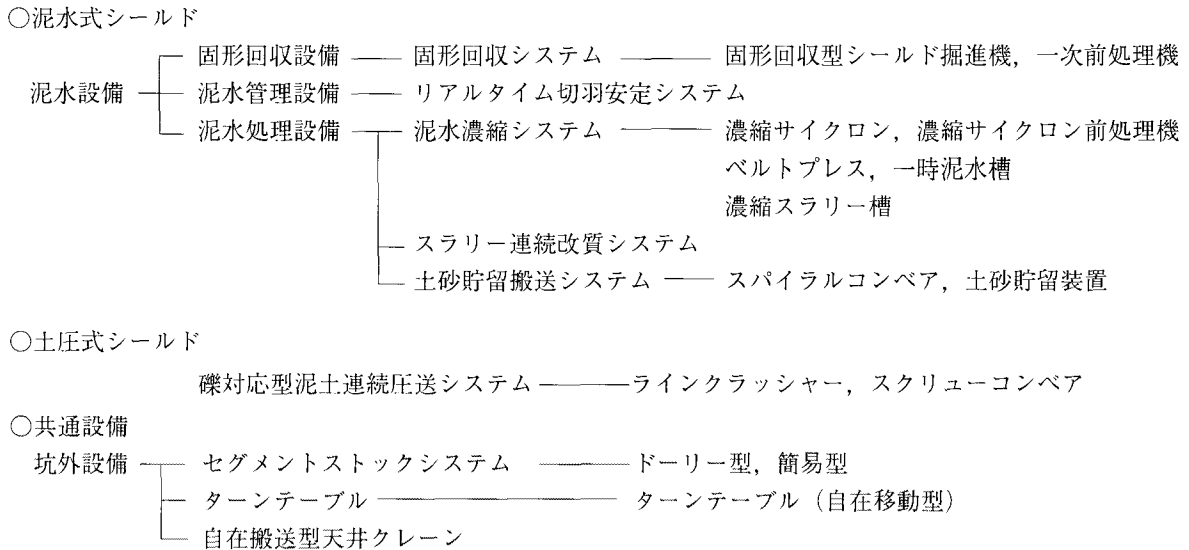


図-1 省面積立坑システムの構成

東京都下水道局中部建設事務所発注の千代田区外神田再構築（秋葉原再構築）工事において、6つの要素技術を採用し、従来面積の1/3の発進立坑用地で実証施工を行った。横浜市下水道局発注の岡村支線工事では、泥水式シールドで発進立坑用地が従来の約1/2の330m<sup>2</sup>と極めて小さい面積で「濃縮サイクロン」を採用し施工した。

また、これまでの研究成果と蓄積したデータをもとに「シールド発進立坑用地を縮小化する省面積立坑システム設計マニュアル（案）[泥水式シールド編]」を作成し、平成11年6月に発刊した。

### 3. 研究内容

平成11年度は秋葉原再構築工事で、採用した要素技術の性能を実施工で確認するとともに問題点を抽出し改良を行った。また、土質により異なる固形回収率や濃縮スラリーの比重等のデータ蓄積を行った。一方、多摩川上流雨水幹線では、省面積立坑システムを初めて土圧式シールドに採用して実証施工を行った。要素技術として、「礫対応型泥土連続圧送システム」と「自在搬送型天井クレーン」を採用し、約300m<sup>2</sup>と非常に狭い異形の立坑用地で施工を行った。

#### 3.1 要素技術の改良

泥水処理設備の負荷軽減と発生汚泥の減量化を目的に採用した固形回収システムでは、N値20以下の

粘性土における固形回収率の向上を目指して、先行ビットの機構の違いによる固形回収率の変化を把握するため、3種類の固形回収型シールド掘進機で施工した。また、泥水処理設備の濃縮サイクロンの性能を確保するために、濃縮スラリーの比重と処理量を調整するアベックスパルプの改良を行った。

##### 3.1.1 固形回収型シールド掘進機

固形回収型シールド掘進機は伸縮可能な先行ビットを備えている。先行ビットで地山を溝状に切削し、次にメインビットで溝間を掘り起こすように切削することで、地山を固形状に切り出す。切削土の形状は、先行ビットの伸縮量、カッターの回転速度、シールドジャッキ速度の3つの項目を、地山の特性に応じて制御することで、排泥管で輸送可能な最大径とする。地山を固形状により多く回収することで、一次処理設備や二次処理設備の負荷が軽減でき、設備の小型化が可能となる。以下に先行ビットに関して実証施工で判明したことを述べる。

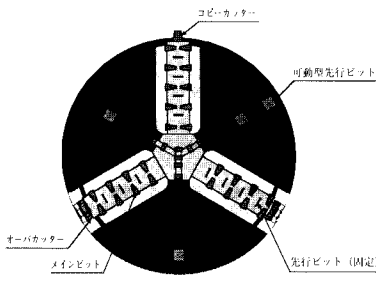
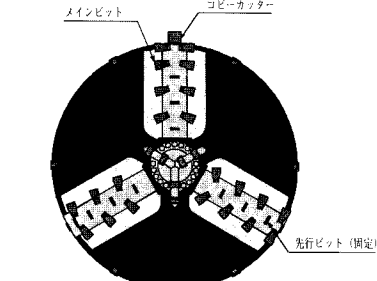
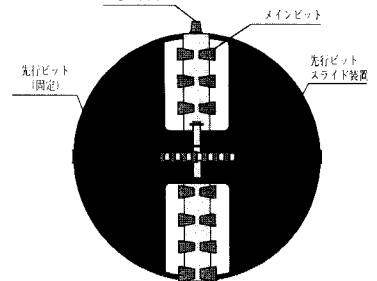
##### (1) 先行ビット伸縮装置

掘削対象地盤が硬質粘性土（土丹）では、施工実績から先行ビットを突出させた場合の方が、固形回収率が向上している。しかし、秋葉原再構築工事のようなN値20以下の粘性土では、伸縮型先行ビットの効果は顕著にみられない。このことから、先行ビット伸縮装置はN値が高いほど固形回収システムに有効な手段であると言える。

##### (2) メインビットの切削幅

秋葉原再構築工事のその1工事では、切削工が口径φ100mmのポンプを通過できる最大寸法となる

表-1 固形回収型シールド掘進機比較表

その1	その2	その3
マシン外径 $\phi$ 3,080mm 	マシン外径 $\phi$ 2,270mm 	マシン外径 $\phi$ 2,270mm 
(特徴) ・固形回収型シールド機 (先行ビット伸縮型) ・切込厚自動制御システム ・スライドフード	(特徴) ・固形回収型シールド機 (ビット固定型) ・カッター回転速度制御装置	(特徴) ・固形回収型シールド機 (先行ビットスライド型) ・切込厚自動制御システム ・排泥管径 5B ( $\phi$ 125mm) ・裏込材流入防止板
(選定理由) ・N値50以上の地山を掘削した際、先行ビット伸縮装置により、固形回収率が向上したため。	(選定理由) ・その1シールド機の固形回収率は、先行ビット伸縮装置による効果が少なく、N値20以下の地山は、メインビット切削幅と切削厚みによる効果が大きいと推測されたため。	(選定理由) ・固形回収土による、排泥管の閉塞を防止するため、メインビットの切削幅を調整できるタイプに変更した。

ように、シールド掘進機のマインビット切削幅を70mm、先行ビットを伸縮型とした。しかし、切削土の厚み（奥行き）を深くすると排泥管において閉塞が発生する可能性があるため、その2工事では切削幅を60mmに縮小し、先行ビットを固定型とした。また、その3工事では、排泥管を拡張して閉塞を防止し、マインビットの切削幅を調整できる機能を持った先行ビットスライド型シールド掘進機を開発し、固形回収率の向上を図った。(表-1)

(3) 先行ビットの使い分け

固形回収型シールド掘進機を採用し、硬度（N値）の低い粘性土を掘削する場合は、伸縮型先行ビットが固形回収率の向上に必ずしも有効ではなく、固定型あるいはスライド型を含めた先行ビットの検討が必要となる。岡村支線工事や秋葉原再構築工事等の実証施工の結果から、掘削する粘性土のN値に対し、適応する先行ビットの種類を判断すると以下のようになる。

- N値50以上の場合 伸縮型先行ビット
- N値50～20の場合 (今後検討)
- N値20以下の場合 固定型先行ビット、スライド型先行ビット

3.1.2 濃縮サイクロン

従来の二次処理設備のフィルタープレスに代わり

余剰泥水を濃縮処理する濃縮サイクロン（図-2）は、アベックスバルブの径の調整により、濃縮スラリーの量や比重を変化させることができる。これにより、余剰泥水の性状が変化しても、目標の比重と処理量が確保できる。

しかし、従来アベックスバルブの径を油圧にて調整していたが、集合サイクロンの個々のバルブ径にバラツキが生じ、目標比重への調整が困難となる場

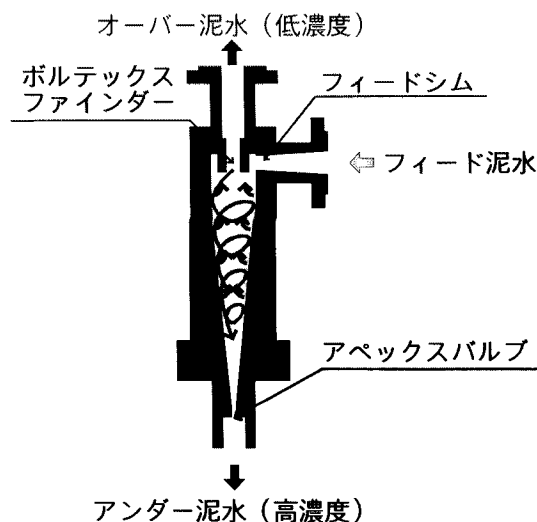


図-2 濃縮サイクロン構造図

合があった。対策として、アベックスバルブの材質等に改良を加え、バラツキをなくし、性能の向上を図った。

### 3.2 要素技術の開発

土圧式シールドは、立坑設備の配置に必要な用地面積が従来の泥水式シールドに比べ小さい。しかし、市街地においては、土圧式シールドの場合でさえも発達立坑用地としての十分な面積を確保することが困難な場合が多く、より小さな立坑用地で施工が可能となる技術が求められている。そこで、省面積立坑システムでは、土圧式シールドの土砂搬出設備と立坑クレーン設備に着目し、「礫対応型泥土連続圧送システム」と「自在搬送型天井クレーン」を開発した。

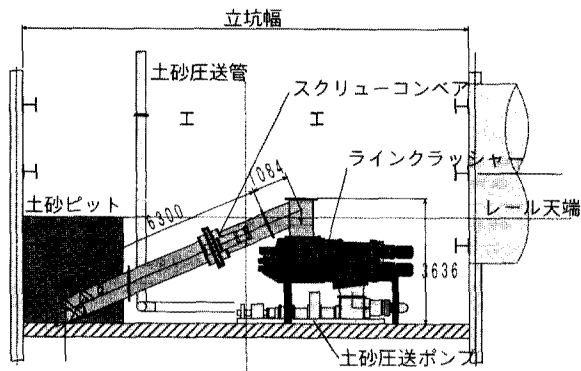


図-3 礫対応型泥土連続圧送システム

#### 3.2.1 礫対応型泥土連続圧送システム

##### (1) 土砂搬出設備の課題

通常、土圧式シールドで礫質土を坑内から搬出す

る場合は、土砂を立坑まで土運搬車で搬出し、土砂ピットに排出する。土砂ピットからは、グラブバケットもしくは垂直バルコンを使用し、立坑上の土砂ホッパーまで土砂を搬送する。しかし、この方法では、防音ハウスの高さが16m程度となり、コストの増大を招くほか、日照や電波障害等の周辺環境に影響を及ぼす。

##### (2) 対応

垂直バルコン等に代わる土砂搬送設備として土砂圧送方式が考えられるが、礫質土の場合、排泥管や圧送ポンプで閉塞が発生する。そこで、スクリーコンベアと礫破碎装置を設備し、圧送ポンプで礫質土の連続的な搬送を可能とした「礫対応型泥土連続圧送システム」を開発した。

##### (3) 礫対応型泥土連続圧送システムの概要

本システムは、図-3に示すように土砂ピットからスクリーコンベアで掘削土を強制的にコンクラッシャーをベースとした破碎装置（ラインクラッシャー）に送り、破碎された礫質土を連続的に圧送ポンプで搬送する。このシステムを採用することで、防音ハウスの高さは12m程度に低減できる。また、立坑下の土砂ピットの容量を増大することで、立坑上の土砂ホッパーの設置台数を減らすことが可能となり、省面積化が可能となる。

#### 3.2.2 自在搬送型天井クレーン

##### (1) 立坑クレーンの課題

立坑上から坑内に材料を搬入する設備は、門型クレーンもしくは天井クレーンが採用される。あるいは、用地形状が異形である場合は、用地を有効に利用するためにタワークレーン等が用いられている。ただし、防音ハウスを設置する必要がある場合は、タワークレーンが使用できない。よって、立坑用地

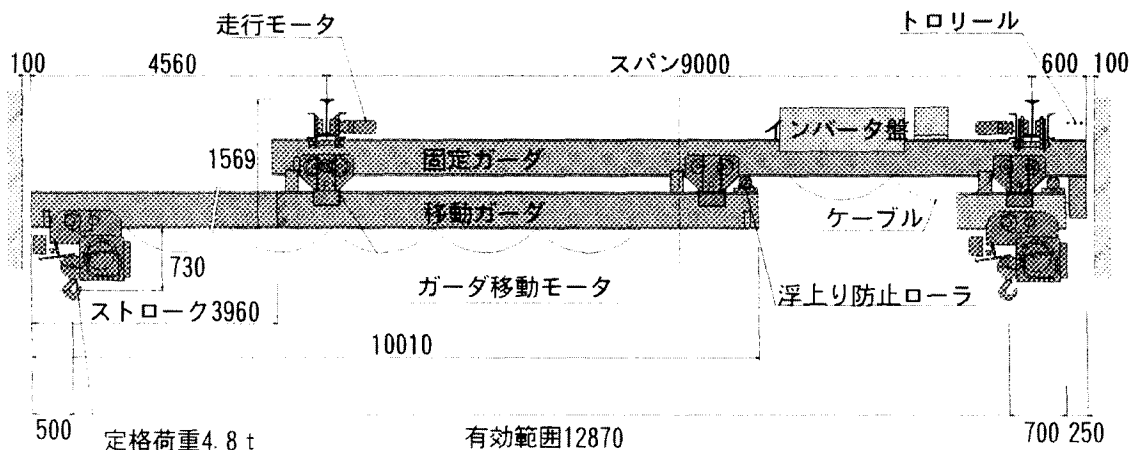


図-4 自在搬送型天井クレーン

の選定は、用地の広さのほかに形状によって大きく制約を受けることとなる。

(2) 対応

門型クレーンもしくは天井クレーンで材料の搬送が可能な範囲は走行レール間となる。その結果、立坑用地の形状が異形の場合、クレーンで移動が必要となるセグメント等の資材は、置けるスペースが限られる。そこで、クレーンガーダの移動を可能とすることで、走行レール間以外の用地も有効に利用できるようにした「自在搬送型天井クレーン」を開発した。

(3) 自在搬送型天井クレーンの概要

自在搬送型天井クレーンは、図-4に示すように固定、移動の2つのガーダで構成されている。固定ガーダが走行レール上を移動し、テルハが設置された移動ガーダが固定ガーダに対してスライドすることで天井クレーンの幅が伸縮する。これにより、従来クレーンの死角となっていた異形立坑用地コーナー部の有効利用が可能となる。

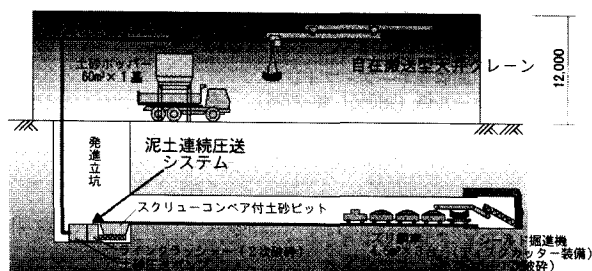


図-5 採用システム

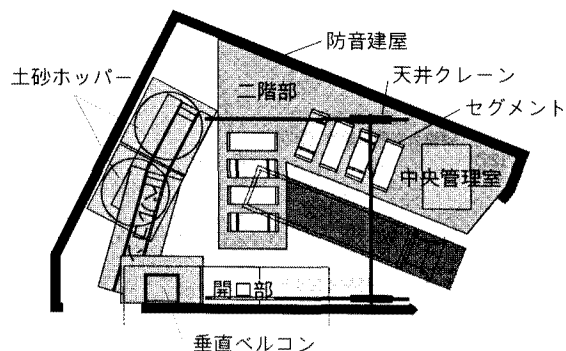


図-6 従来型設備配置図

3.3 土圧式シールドでの実証施工

省面積立坑システムを初めて土圧式シールドに導入した実証施工を多摩川上流雨水幹線で実施した。本幹線の発進立坑用地は約300㎡と非常に狭い上に、形状が異形であることから従来の設備では施工が困難であったため、省面積立坑システムの要素技術を採用した。

(1) 工事概要

- 工事件名：多摩川上流雨水幹線
- 発注者：東京都下水道局流域下水道本部
- シールド掘進外径：φ5,140mm
- 仕上がり内径：φ4,500mm
- 掘進延長：617m（Uターン施工，北線308m，南線309m）
- 土被り：7.7m～2.5m
- 土質：玉石混じり砂礫，礫混じり細砂，粘土質砂礫

(2) 採用システム

本工事で採用された省面積立坑システムの要素技術は、以下の通りである。(図-5)

- ・礫対応型泥土連続圧送システム
- ・自在搬送型天井クレーン

(3) 省面積立坑システムの導入効果

従来の土圧式シールドの設備配置を図-6，これに対し、省面積立坑システムの要素技術を採用した設備配置を図-7に示す。その効果を以下に示す。

① 礫対応型泥土連続圧送システムの採用によ

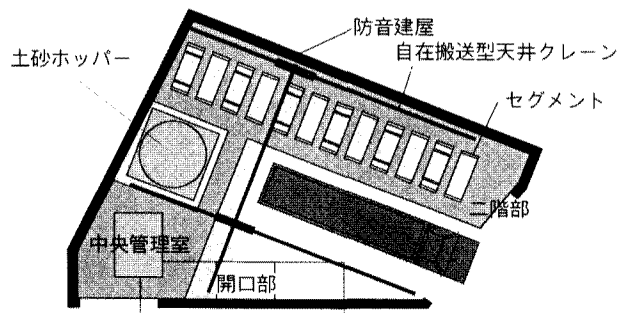


図-7 省面積型設備配置図

り、垂直、水平ベルトコンベアを不要としたため、防音ハウスの高さを16mから13mに抑えることができた。

- ② 自在搬送型天井クレーンの採用により、異形な立坑用地の有効的な利用が可能となった。また、セグメントストック数が4リングから6リングとなり、施工性が向上した。
- ③ 立坑下の土砂ピットの増量による土砂ホッパーの削減と大型車両でのセグメント搬入が可能となり、運搬費が低減できた。

## 4. おわりに

今後は、固形回収システムの確立に向け、固形回収土を流体輸送時に溶解させない「流体輸送技術」の開発を進めるほか、土圧式シールドへの適用も含め、本システムを採用した工事で、データを収集、分析することによって、設備の改良やマニュアルの充実を図りたいと考えている。

---

### ●この研究を行ったのは

研究第二部長	篠田 康弘
研究第二部主任研究員	野地 賢
研究第二部研究員	田中 孝
研究第二部研究員	久保 善央

### ●この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長	中里 卓治
研究第二部主任研究員	市川 裕一
研究第二部研究員	曾我 誠意
研究第二部研究員	加藤 雅治