

シールド発進立坑の 省面積化システムの開発に関する 共同研究

1. 研究目的

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ながら進む上下水道、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。

本研究は、このような状況に鑑み、発進立坑用地の確保と同時に工事の安全性、および周辺環境の向上等を目指し、発進立坑用地を1/2～1/3に削減できるシステムを開発するものである。そこで、省面積化に必要な4つの主要素技術のうち、「リアルタイム切羽安定管理システム」と「濃縮サイクロン」を使用した実証工事を平成7,8年度に行った。

本年度の研究は、この成果を分析し、本技術の実用性を検証した。なお、他の2つの要素技術は、「泥土改質システム」と「セグメントストックシステム」である。

2. 研究の経緯

シールド発進立坑用地の省面積化システムの研究は、平成5年度より(財)下水道新技術推進機構と戸田建設株式会社と共同で開始された。平成6年度は泥水式シールド工法と泥土圧式シールド工法との両工法

について、内径4,000mmの場合のケーススタディを行い、従来型の1/3まで省面積化ができるシステムを開発した。平成7,8年度は、神奈川県大磯町での泥水幹線工事において泥水式シールド工法での省面積化の実証施工を行った。

本研究の年度別の概要を以下に整理する。

- (1) 平成5,6年度：基礎研究とモデル現場設定による計画・設計
 - ・省面積化のための方法を「共通設備」・「泥水式シールド工法」、「泥土圧式シールド工法」および「発進立坑の施工法」に分けて検討し、その技術的可能性を探るなどの基礎研究を行い、かつモデルケースを設定し、その計画・設計を行った。
- (2) 平成7,8年度：実際の工事現場における施工性の実証研究
 - ・実際の工事現場において、省面積化の発進立坑を築造し、かつシールド掘削を進めながら、その施工性、安全性等について、今後の課題及び改良すべき内容を整理した。

3. 研究内容

3.1 研究概要

省面積化システムの要素技術には、大別して、

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
3. 泥土改質システム
4. セグメントストックシステム

がある。このうち、3, 4, は機械設備であり、技術的に成熟している分野であるため実証施工の必要性は少ない。しかし、1, 2, は土質条件等予想し得ぬ条件に対応するため、現場での実証施工が必要である。従って「リアルタイム切羽安定管理システム」と「濃縮サイクロン」の実証施工を行うこととした。また、両工法は泥水式の技術であるため、泥水式シールド工法での実証を行うこととした。

3.2 現場の実証施工の内容と研究成果

省面積化システムを現場で実証するにあたり、シールド機が砂礫層および、砂礫層と凝灰岩層との境目を通過し、且つ、ほぼ直角に近いR=15mの曲線が3箇所もあるため、切羽圧を確実に保持する事ができる泥水式シールド工法を採用した。

次に省面積化システムの要素技術としては、以下の内容を採用した。

- ・リアルタイム切羽安定管理システム
- ・濃縮サイクロン

また、他の要素技術である「泥土改質システム」と「セグメントストックシステム」は、立坑が浅い(約7m)ことや地質状況により採用していない。

次に工事概要としては、セグメント外径：2,000mm, 仕上がり内径：1,350mm, 工事延長：469.0mである。

① リアルタイム切羽安定管理システム

リアルタイム切羽安定管理システムは、切羽の安定管理を泥水の比重で管理する従来の方法に対し、泥水の粘性を管理する方法である。これによって切羽の安定性の維持が容易になると同時に、地上設備の大幅な削減が可能となった。システム構成は、添加攪拌装置、連続粘度計、増粘剤、目詰り剤貯蔵タンク、伝送制御表示装置、及び計測記録装置によって成り立っている。

このシステムはトンネル坑内のシールド機の後方の台車にセットされており、切羽の掘削とともに移動するものである。

また、大磯幹線の制御システムは、**図-1**に示すA, B, C, D, Eの5つの装置から構成されている。

中央管理室のオペレーターは中央監視盤(C)、表示盤(D)とコンピュータ(E)の画面を見ながら、掘削状況と送泥水の状況や掘削乾砂量、掘削偏差流量の変化を監視しながら、増粘剤、目詰り剤の添加量を調整する。これらの操作は全て掘削情報とともに(E)のコンピューターに保存、経時変化として表示され、掘削状況が改善されるまで、この操作は繰り返される。

今回、大磯幹線の路線では、発進後約100m区間の砂からの頁岩層への地層の変化と、中間部の砂レキ層から頁岩層への地層の変化に対して、頁岩

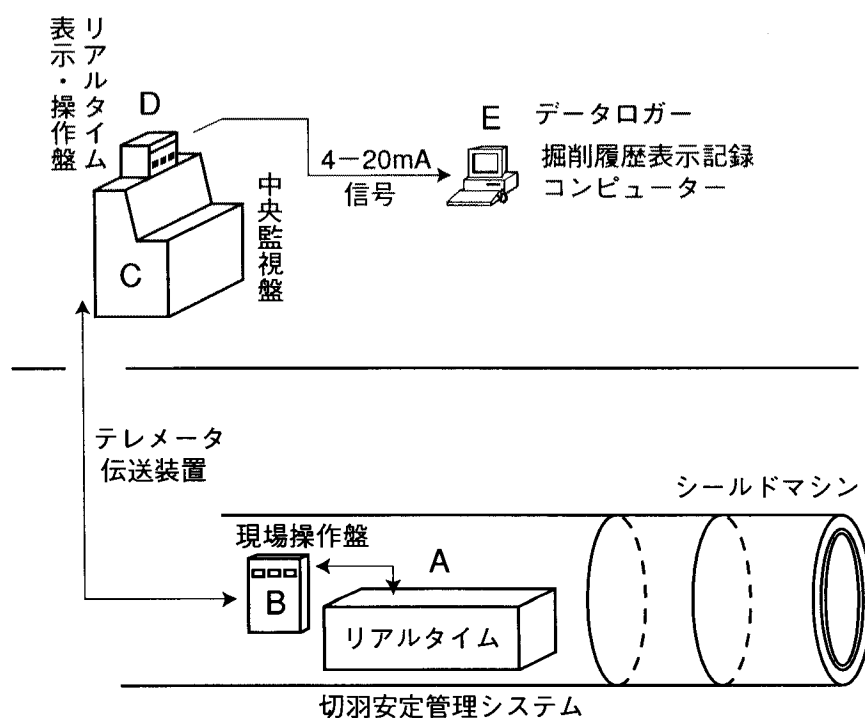


図-1 リアルタイム切羽安定管理システム

に合わせた遅い掘削速度で砂礫層を掘削するという、従来では困難とされていた施工を、作泥設備を無くし、リアルタイム切羽安定管理システムによる粘性管理のみで順調地施工できたことで、リアルタイム切羽安定管理システムはその機能を十分に発揮したといえる。

また、「送泥粘度を15~20CP（センチポアズ単位）で管理し、逸泥傾向が見られた場合、40~50CPまで泥水粘度を調製し、それでも逸泥が収まらない場合目詰剤を投入する。」という管理基準を設定し、掘削管理を行った結果、逸泥状態や切羽の崩壊傾向は生じず、地表面沈下も観測されなかった。

図-2に頁岩層掘削時における掘削状況を示す。

8.0~8.5CPという低粘度で掘削しているにもかかわらず、切羽が安定し、掘削状況が安定していることがわかる。

② 濃縮サイクロン

現場で採用した濃縮サイクロンは、集合サイクロン（MD2型12本）、サイクロンポンプ、及びストレーナーから構成されている。この濃縮サイクロンは泥水処理の二次処理設備であり、従来から使用されているフィルタープレスに替わる装置である。特徴としては、設備面積が小さく、連続処理が

可能であり、濃縮後がスラリー状のため積込み設備（土砂ホッパーやベルトコンベア）が不要になる。また、処理が全て流体のため設備配置は自由となる。図-3に濃縮サイクロン装置全体図を示す。

濃縮サイクロンの効果としては、

- a. 連続処理が可能（設備が小さい）
- b. 濃縮後がスラリー状のため積込み設備（土砂ホッパーやベルトコンベア）が不要
- c. 処理がすべて流体のため設備配置が自在（空いている場所に収納可能）
- d. 凝集のための薬剤が不要
- e. 機構が単純なため、メンテナンスが少ない。（洗浄等が必要ない）

の5点があげられる。特に省面積化システムではa, b, c, の利点を活かすことによって、立坑用地の縮小を目指すものである。

本実証現場での濃縮サイクロンの採用により、実際の現場余剰泥水での濃縮効率を確認し、実施工上の問題点を確認した。

③ 発進立坑用地の省面積化

本実証工事では、「リアルタイム切羽安定管理システム」と「濃縮サイクロン」を採用したため、「作泥設備」と「フィルタープレス」の設備が変更になった。

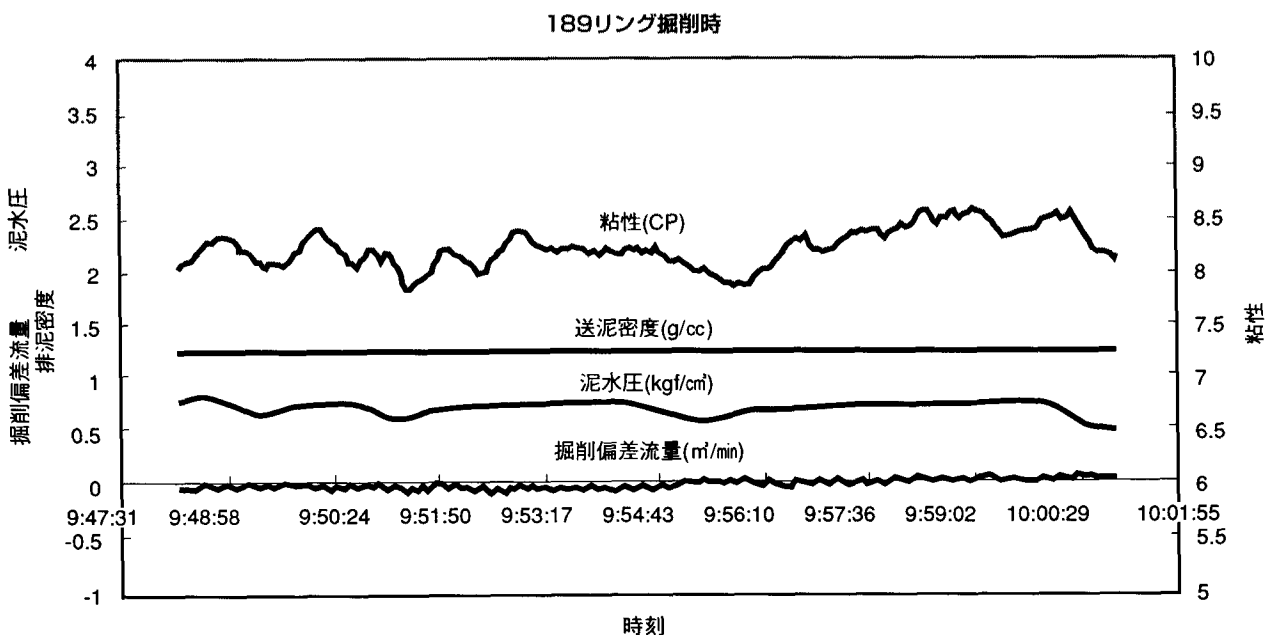


図-2 中央管理室での管理状況

「作泥設備」は「リアルタイム切羽安定管理システム」として坑内シールドマシンの後方へ、「フィルタープレス」は「濃縮サイクロン」として防音ハウス内の土砂ホッパー横にそれぞれ移動した。

において標準型では535m²必要であった用地が270m²まで縮小でき、結果として、資材搬入ヤード横の地下構造物部分約260m²がコミュニケーション安全広場として確保することが可能となった。図-4に標準型と省面積型の平面図を示す。

この2つの要素技術を使用した結果、設備面積に

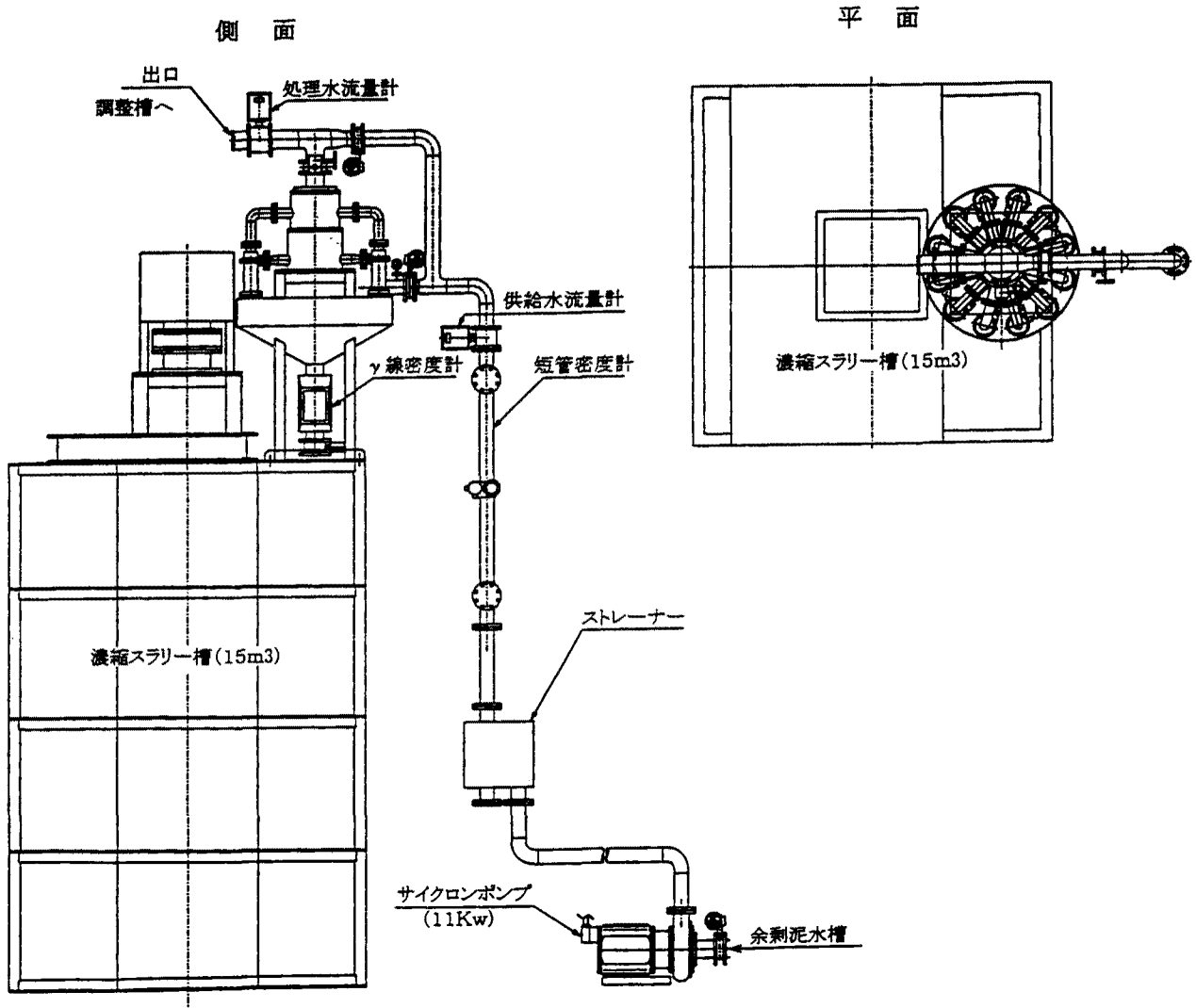


図-3 濃縮サイクロン装置全体図

4. まとめと今後の課題

4.1 リアルタイム切羽安定管理システム

砂レキ層から頁岩層への地層の変化に対して、作泥設備を無くし、リアルタイム切羽安定管理システムのみで、頁岩に合わせた遅い掘削速度で砂礫層を

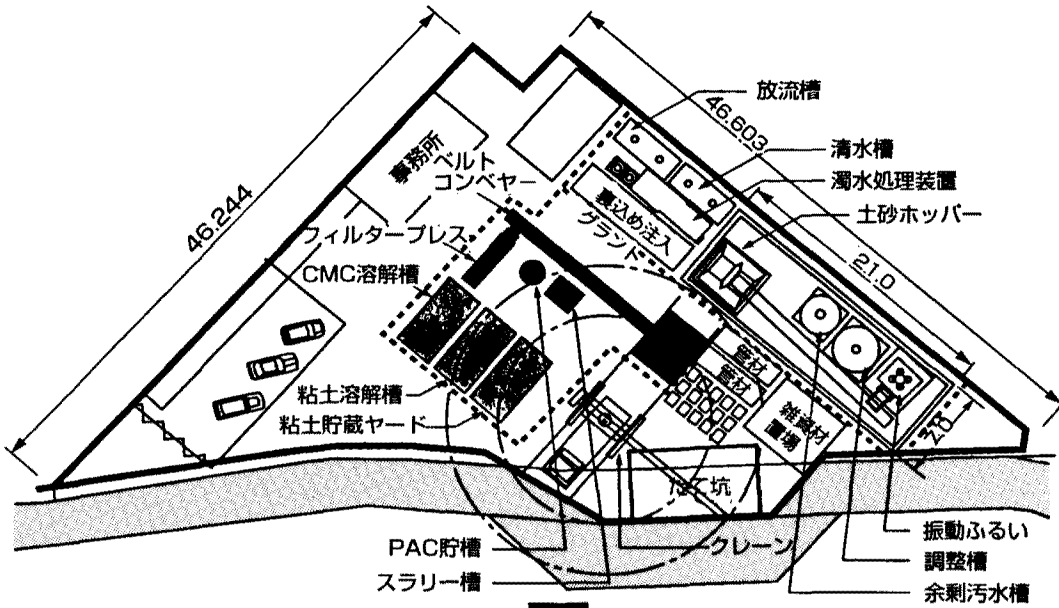
順調に掘削できたことから、リアルタイム切羽安定管理システムの有効性が確認された。反面、逸泥状態や切羽の崩壊傾向が生じなかったため、目詰剤の効果の確認ができなかった。

今後の課題としては、より多くの現場採用実績による性能確認があげられる。

今後より多くの現場がリアルタイム切羽安定管理

●たて坑用地の比較平面図（大磯污水幹線工事の場合）

[標準的な泥水式シールド工法の設備：535m²]



[省面積型泥水式シールド工法の設備：270m²]

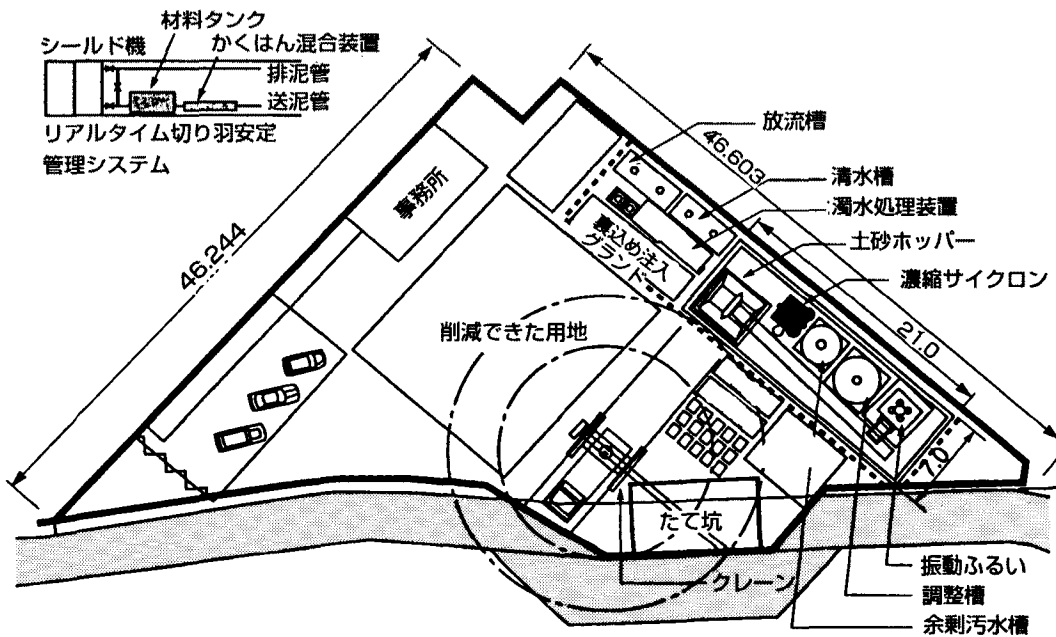


図-4 標準型と省面積型の平面図

システムを採用することで、システムの有効性、安定性を立証していきたい。更に逸泥に対する目詰剤の効果を確認することも必要である。

また、設計手法における現場の問題は、薬剤の使用量である。実験室レベルでの使用量の想定は可能だが、土質や地下水の成分などにより変化する可能性があるため、より多くの現場採用実績によって薬剤の使用量と効果の関係データを蓄積することが必要である。

4.2 濃縮サイクロン

実証施工を通しての今後の課題としては、

1. 坑内雑排水の処理
2. 濃縮泥水の処理
3. サイクロンの自動制御

があげられる。

まず、坑内雑排水であるが、従来の施工では坑内雑排水は濁水処理装置での処理の他にフィルタープレスでの処理も行っていた。しかし、濃縮サイクロンでは、サイクロンオーバー泥水を掘削用泥水として再利用するため、裏込水等が混入した坑内雑排水の

処理は泥水劣化の原因となるため処理できない。

従って、濁水処理能力はこの点もふまえて計画する必要がある。

次に、濃縮泥水の処理であるが、大磯幹線では濃縮泥水はタンク車で搬出し、建設汚泥として処分していた。しかし、建設汚泥の処分場は容量的に限界があるため、今後このシステムが増加した場合、受け入れ体制が追いつかない。そこで、費用的なメリットは無いが、濃縮泥水の固化処分を考える必要がある。

最後に、サイクロンの自動制御であるが、自動化により常に均質な濃縮性能を確保することで、固化のためのコストの削減も可能になると考えられる。

5. 今後の予定

今後は未実施の要素技術も含め、より多くの実証工事の実績を積み重ね、各システムの改良をし、さらに技術マニュアルと積算マニュアルの作成を行う予定である。

●この研究に関する問い合わせは 研究第二部長 前田 正博
 研究第二部主任研究員 伊藤 紀夫
 研究第二部研究員 森岡 真一