

泥水シールド工事における画期的な泥水二次処理剤自動添加システムの開発

田口 雅章*

Masaaki Taguchi

1. はじめに

本工事は、セグメント外径 ϕ 3,500 mm のシールドトンネル（延長4,057 m）を泥水式シールドで施工するものである。本工事にて、画期的で効率的な泥水二次処理剤自動添加システムを開発したので、概要と施工結果を報告する。

2. 工事概要

工事名 桂川右岸流域下水道幹線管渠工事（雨水南幹線管渠）
 発注者 京都府環境部流域下水道事務所
 工事場所 京都府長岡京市勝竜寺樋ノ口地内～向日市鶏冠井町南金村地内
 工期 平成27年3月25日～平成31年3月25日
 工事内容 泥水式シールド（シールド外径 ϕ 4,040 mm）
 仕上り内径 ϕ 3,500 mm（二次覆工省略型）
 工事延長L=4,068.5 m（土被り20.4～23.3 m）
 平面線形R=30 m～R=200 m
 発進防護工
 発進・中間（二重管ダブルパッカー工法）
 到達（凍結工法）
 インバート工L=4,059 m，V=921 m³

3. 課題とその工夫

(1) 問題点と開発課題

排泥管で地上の泥水処理プラントに送られた泥水は、サンドコレクターでふるいにかけて砂分（一次処理土）と泥水に分離される。この分離された泥水は調整槽に送られ、比重・粘性調整後、再び、送泥管で坑内に送られる。この調整によって生じたシルト粘土分を含む濃度の高い余剰泥水は、圧搾フィルタープレスによって水分とシルト粘土分に分離され、脱水ケーキ（二次処理土）となって排出する。本工事では全断面が粘性土となる掘削区間に備え7.3 m³ 圧搾フィルタープレスを2基装備したが、以下の問題点が生じる懸念が拭えなかった。

- ① フィルタープレスでの余剰泥水処理がクリティカルパスとなり、掘進の進捗が低下する。
- ② 泥水二次処理剤として従来のPAC（ポリ塩化アルミニウム）を使用すると、脱水ケーキは、高含水比（50～60%）となり、脱水ケーキ搬出量が多くなる。
- ③ PACは強酸性のため、酸性ろ液を希釈水として使用すると、安定した泥水希釈ができず、酸性水の処理に時間がかかる。

これらの問題点を解決するために、土質に見合った泥水二次処理剤の選定と、泥水二次処理剤自動添加システムの開発により、泥水二次処理剤使用量の低減と、建設汚泥である脱水ケーキの削減を図り、環境負荷の軽減とコストダウンを試みた。

(2) 泥水二次処理剤の選定

本工事では、泥水二次処理剤の選定として、従来のPACとDMDAC系（商品名TG スコール、比較品A）の3種類の泥水試験を行い、TG スコールを選定した。

(3) 泥水二次処理剤自動添加システムの開発

従来の泥水二次処理剤添加方法では、余剰泥水性状の変動に伴い、泥水二次処理剤の添加量が過剰（低比重の場合）、過小（高比重の場合）になっていた。

本工事では、余剰泥水槽比重と移送量に連動して、懸濁粒子量に見合った適正な泥水二次処理剤の添加量および濃度を可変させる自動添加システムを開発した。

本システムの利点を以下に示す。

- ① 土質に合った適正な泥水二次処理剤の添加量、濃度が調整できる。
- ② 泥水二次処理剤の選定として、DMDAC系泥水二次処理剤、従来のPACの切替えが容易にできる。
- ③ 泥水二次処理剤の過剰添加によるコストアップを抑制できる。
- ④ 泥水二次処理剤の添加量を抑えることで、良質なろ液による泥水希釈が可能となる。
- ⑤ 泥水二次処理剤の添加量の最適化が図れ、サイクルタイムの削減が可能となる。
- ⑥ 脱水ケーキの含水比を低減させることにより、脱水ケーキ（建設汚泥）の発生量削減を図れる。

本システムの概要を以下に示す。

- ① 泥水二次処理剤が添加される前の余剰泥水槽比重、余剰泥水槽からスラリー槽に移送される時の流量を計測し、この2点のパラメーターより、泥水二次処理剤の濃度と添加量を自動演算する。図一1に泥水二次処理剤自動添加システムフローを示す。
- ② TG スコールは、高濃度原液（40%）を自動希釈することにより、泥水性状に応じて最適な濃度と

*西日本（支）洛西シールド（出）

なる様制御し、より効果の高い泥水の凝集を得ることが可能となる。

- ③ 対象泥水中的の懸濁粒子 (SS) 1 ton あたり, PAC は 25.0 kg/sst, TG スコールは 2.0 kg/sst の添加量を基本とする (現場泥水凝集試験より)。
- ④ 泥水二次処理剤用のポンプと希釈水用のポンプをコンパクトにユニット化した添加装置は、狭隘な場所にも設置可能である。
- ⑤ 操作については、非常に容易で中央制御室内にて操作可能、図-2 に泥水二次処理剤自動添加システム操作モニタを示す。

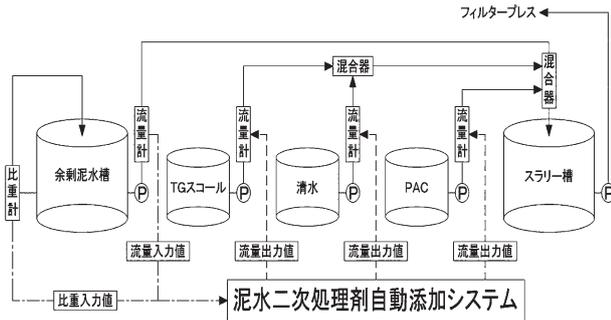


図-1 泥水二次処理剤自動添加システムフロー

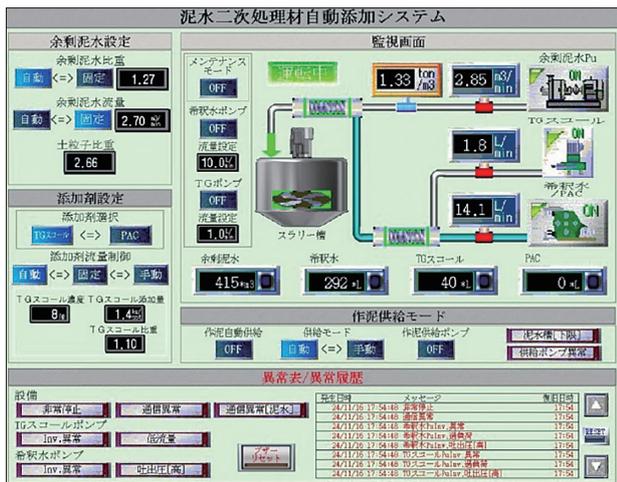


図-2 泥水二次処理剤自動添加システム操作モニタ

(4) システムの開発効果

- ① TG スコール添加量は、砂礫層主体区間では、脱水ケーキ含水比を維持しながら 0.5 kg/sst まで低減できた。一方、全断面粘土層区間では、最大 4.0 kg/sst を添加することで、サイクルが確保できた。最終的に当初計画の 2.0 kg/sst の添加量が、平均 1.21 kg/sst (40%削減) まで低減が可能になり、薬剤のコスト低減に繋がった。
- ② 従来見過ごされていた泥水二次処理剤の添加量を『見える化』したことで、経験の少ない職員もシステム運用が可能になり、脱水ケーキ発生量削減を図ることができた。
- ③ 懸濁粒子の性状 (シルト系, 粘土系) により、添加する泥水二次処理剤の切換え (DMDAC 系,

PAC) を容易に行うことができた。

- ④ 本工事の物質収支計算では、設計時 PAC 使用で含水比 55% で脱水ケーキを計上している。今回実績の脱水ケーキ平均含水比は 30% まで低減できた。設計と実績の含水比の差 (25%) は余剰水分量 5,213 t 分の削減となり、当初計画に対して 16% (重量比) の脱水ケーキ削減が可能になった。図-3 に脱水ケーキ搬出実績図を示す。
- ⑤ 設計と実績のコスト比較としては、泥水二次処理剤自動添加システムのイニシャルコスト、泥水二次処理剤使用料、脱水ケーキ収集・運搬・処分費の差額を考慮すると 12% の削減が可能になった。
- ⑥ プレス施工サイクルは、従来の PAC に比べ 70 分短縮になり、20 回/日の施工が可能となった。

表-1 システム運用結果一覧表

項目	削減量
脱水ケーキ発生削減量	5,213 t 削減 (16%削減) (脱水ケーキ重量比)
泥水二次処理剤使用削減量	16,552 kg 削減 (40%削減) (TG スコール)
コスト削減量	12%削減 (システム設備費, 薬剤費, 脱水ケーキ収集・運搬・処分費)
フィルタープレス 施工サイクル	1 サイクル 70 分削減 (47%削減) (プレス回数 12 回/日 → 20 回/1 日)

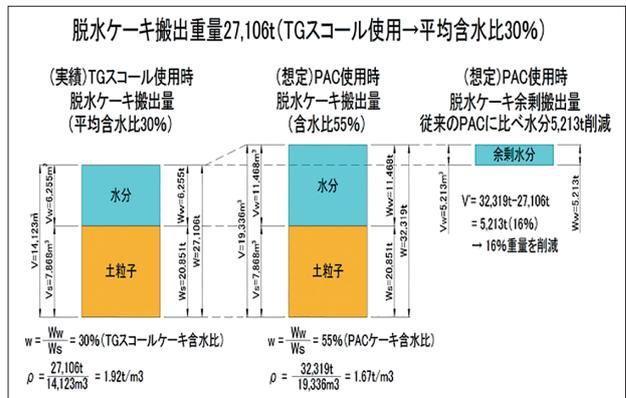


図-3 脱水ケーキ搬出実績図

4. おわりに

本システム開発は、従来技術に比べ泥水式シールド工事における高速掘進および建設汚泥の減容化を可能とするもので、省力化、コスト削減だけでなく、ますます厳しくなりつつある建設汚泥の廃棄問題の一助になるものと考えます。

謝辞. 本技術開発では、西松建設のトンネル委員会等多くの方にご指導いただいた。深く感謝し、お礼申し上げます。