

22. 泥水式シールド工事用泥水処理システムの開発

佐藤工業(株)：*谷口 和之・佐藤 潔
大浦 修三

1. はじめに

泥水式シールド工法などの掘削地山の安定と掘削土の輸送に泥水を循環して使用する工事においては、泥水処理が重要であり、その処理能力によって、工事工程を左右することもある。泥水処理は、通常一次処理、二次処理及び三次処理に分けられる。二次処理は一般的にフィルタープレスが用いられ、処理能力の他にも種々の問題がある。フィルタープレスで脱水された処理土（脱水ケーキ）は、強度が小さく、雨水等により泥土化することが多く、土質材料として有効利用するには難点がある。近年の建設残土・汚泥の増大と処分地の減少などの現状から、これらの有効利用を考えた場合、処理土が土質材料として利用可能な性状を有するようにすることは、最も必要な条件と考えられる。このような要求に対応すべく、泥水式シールド工事を対象とした泥水処理システムを開発した。

本報告では、開発したシステムの概要と従来システムとの比較について述べる。

2. 開発システムの概要

2-1 システムの構成

本システムは、図-1に示すように、「一次処理工程」と「二次処理工程」から構成される。

「一次処理工程」には通常の振動フルイと一次サイクロンを、「二次処理工程」には二次サイクロンと固化装置を用いる。

シールド切羽から送られてきた排泥水を、一次処理工程において、砂分礫分（粒径74 μ mを越える）を除去したあと調整槽に貯留する。「二次処理工

程」では、シールドの掘削に伴い、濃度の上昇した調整槽の泥水を、二次サイクロンで高濃度泥水と低濃度泥水に分級する。その後、高濃度泥水を余剰泥水槽に貯留し、固化装置で固化処理する。また低濃度泥水は調整槽にもどしたあと、再びシールド切羽に循環させる。

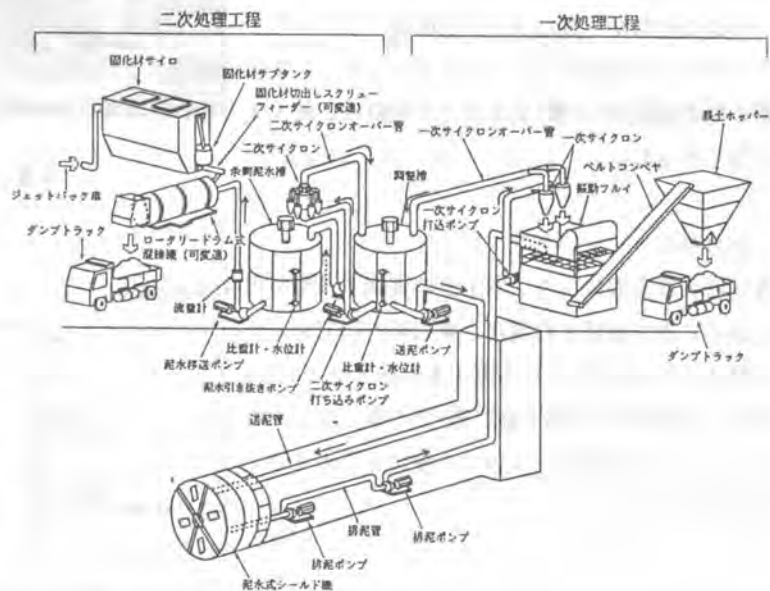


図-1 システムの構成

2-2 泥水制御の原理とその方法

シールド掘削に伴い、調整槽の泥水の絶対量・比重・濃度は徐々に増加するが、これは掘削地山に含まれている74 μ m以下の固形分と水分が原因である。そこでこの固形分と水分を除去するため、調整槽の泥水を二次サイクロンに打ち込み、分級・濃縮する。二次サイクロンでは、通常の一次サイクロンで使用されているものより筒径が細く、非常に小さな粒径の土粒子まで分級できるものを用いている。二次サイクロンでアンダーフローする高濃度の泥水は、余剰泥水槽に貯留し、オーバーフローする低濃度泥水は再び調整槽に循環する。その結果、調整槽の泥水比重は低下調整される。これら高濃度泥水と低濃度泥水の物性の一例を表-1に示す。

表-1 泥水の物性の一例

泥水種類	粒度組成	供試泥水性状		サイクロンMD-3'		サイクロンMD-2	
		比重	FV	アンダー-跡		オーバー-跡	
				比重・濃度	比重・濃度	比重・濃度	比重・濃度
A	S:15%	1.20	20.7	1.73 ; 66	1.12 ; 17	1.63 ; 62	1.16 ; 26
	M:67%	1.25	21.7	1.73 ; 67	1.16 ; 23	1.73 ; 69	1.15 ; 22
	C:18%	1.30	23.0	1.74 ; 68	1.23 ; 31	1.75 ; 70	1.10 ; 13
B	S:12%	1.20	23.4	1.78 ; 71	1.18 ; 26	1.55 ; 59	1.12 ; 20
	M:45%	1.25	28.4	1.79 ; 72	1.19 ; 28	1.63 ; 64	1.17 ; 24
	C:43%	1.30	凝縮	1.68 ; 65	1.27 ; 37	1.64 ; 65	1.22 ; 31

S:砂分, M:シルト分, C:粘土分, FV:ファンネル粘性(単位 sec), 濃度(単位%)



図-2 物質収支計算例

これらは泥水処理の物質収支上重要な要素であり、図-2に物質収支計算例を示す。比重調整後の泥水量は計算例の通り、初期の送泥水量を上回っている。これは二次サイクロンによる処理では初期比重にまで低下させるだけで、掘削地山に含まれていた固形分と水分の一部が残るためである。そこで、比重調整終了後の泥水を、そのまま調整槽から引き抜いて、余剰泥水槽に送り込み、泥水量の調整を行う。従って、余剰泥水槽内では二次サイクロンアンダーの高濃度泥水と、比重調整された泥水が混合されることになる。この混合比は掘削地山の土質条件などにより変化するので、調整槽内の泥水比重と泥水量を制御するため二次サイクロン打込ポンプの運転、及び、泥水引き抜きポンプの運転を行う。

2-3 泥水固化の方法

調整槽の泥水を濃縮処理した結果、余剰泥水槽には調整槽より比重の高い泥水が貯留されることとなり、これを固化装置に移送後、固化処理する。固化装置には、土圧式シールド工事の泥土処理用に当社が開発したロータリードラム式混練機を用いる。本装置の特徴は次の通りである。

- ①供給泥水量、固化材添加量及び混練スピードが調節できる。
- ②最大50ml/hrの処理が可能である。
- ③ドラム内部には特殊な攪拌翼が取り付けられているため混練効率が良い。
- ④装置全体がコンパクトである（全長7.7m、全巾2.0m、全高2.3m）ため用地の制約を受けない。

固化装置の全景を写真-1に示す。

実際の工事に際しては、目標強度と養生時間の設定に応じて固化材の種類・添加量を選択するため、あらかじめ室内試験で求めておいてから実施することとしている。

ここでは、室内試験結果の一例を図-3に示す。この試験では、ダンプの運搬性を考慮して、養生時間を3時間に、コーン指数 q_c を 2kgf/cm^2 に設定した。また、固化材として、石灰系の“グリーンライム”（カルシード社製）及びセメント系のうち強度発現の早い“アルサイト”（不二サッシ社製）を用いた。

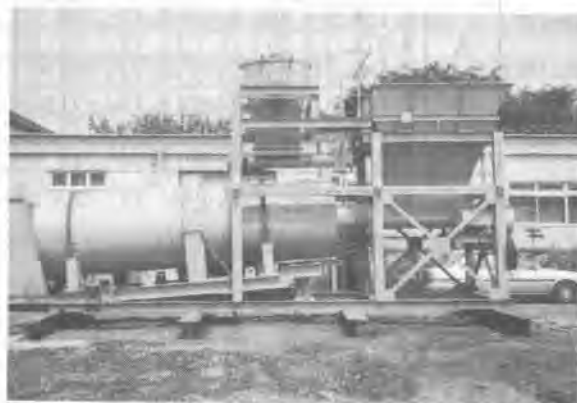


写真-1 固化装置の全景

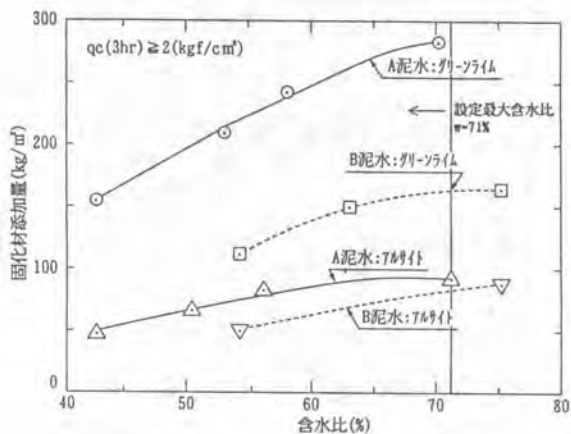


図-3 $q_c(3\text{hr}) \geq 2\text{kgf/cm}^2$ となるのに必要な固化材添加量～含水比の関係

3. 従来システムとの比較

開発システムを実用化するための検討として、シールド外径・施工延長など、シールドの工事規模を数ケース想定し、必要処理装置・占有面積及び処理コストについて試算し、従来システムの場合と比較した。

3-1 必要装置及び占有面積

従来のフィルタープレスはバッチ処理であり、処理能力が小さく、さらに凝集剤添加量や、掘削土質条件が変化した場合はその処理能力が低下する場合が多い。また、ろ水の余剰分は放流処理されるため、排水基準を達成させるための三次処理装置を必要とする場合がある。これに対し、本開発システムは連続処理で、処理能力が大きいため、スラリー槽、フィルタープレス、ろ水槽、処理土貯留ホップ及び三次処理装置などを必要としないので、装置全体の設置面積及び容積を大巾に縮小できる。

物質収支計算結果をもとに、処理システムの各装置の容積・台数・占有面積を試算すると、シールド径φ3～10mの工事に対する試算の結果、開発システムの占有面積は従来システムの55～40%となった。

3-2 処理コスト

前記で求めた処理装置を基に、組立・解体費、機械・材料・電気・運転・残土処理・借地費などの各処理コストについて試算した結果、開発システムは装置費及び関連費を低減できる。ランニングコストについては固化材を使用するため、材料費が従来システムより高くなった。トータルコストは従来システムの75～90%となった。表-2に開発システムと従来システムの総合比較を示す。

4. おわりに

泥水式シールド工事用に開発した泥水処理システムについて述べてきたが、基礎的な試験や検討の結果、次のような特徴を有することが確認された。

- ①連続処理ができる。
- ②占有面積・時間当りの処理能力が十分に高い。
- ③省力化が図れ、維持管理が容易である。
- ④処理土の強度を任意に設定できる。
- ⑤処理コストが安い。

この技術は建設省建設技術評価制度の平成二年度公募課題に応募し、評価を受けた結果、実用の域に達していると認められたものであり、当初の開発

目標は達成されたと考えている。現在、実施工への適用に向けて準備を進めている段階であり、実施後その詳細については、あらためて報告したい。

表-2 システムの総合比較

開発システム	項目	従来システム
強度の調節が自由にでき、雨水等で変化しない	処理土の性状	強度は十分でなく、雨水等により泥土化する
非常にコンパクトで、小さい	占有面積・容積	据付面積及び容積が大きい
連続処理なので、大きい	時間当りの処理能力	バッチ処理なので、小さい
固化材コストが必要となるが、処理土を有効利用できるので、トータルコストは安い	処理コスト	産業廃棄物処理を行うので、処理コストは高い
自動化が容易で、省力化がはかれる	維持・管理	自動化の為にはコストがかかり、機械には専門の運転手を要す
機械配置の条件がなく、設備能力の変更が容易である	その他	機械配置の条件があり、設備能力の変更は困難である