

省面積立坑システム工法

－技術資料－

令和 2 年 8 月

シールド工法技術協会

はじめに

シールド工法技術協会では取り扱っている工法はいずれも多くの実績があり、信頼できる最先端技術および工法であります。現在の社会的要求である地上や地下施設への影響が少なく地球環境にもやさしい技術として、さまざまな地盤やトンネル形状にも対応できるものであります。

これらの工法による工事におきましては、当該工事の目的や構造物の内容、施工期間や施工条件、施工環境などを十分に考慮した上で、設計および施工方法を検討しなければなりません。

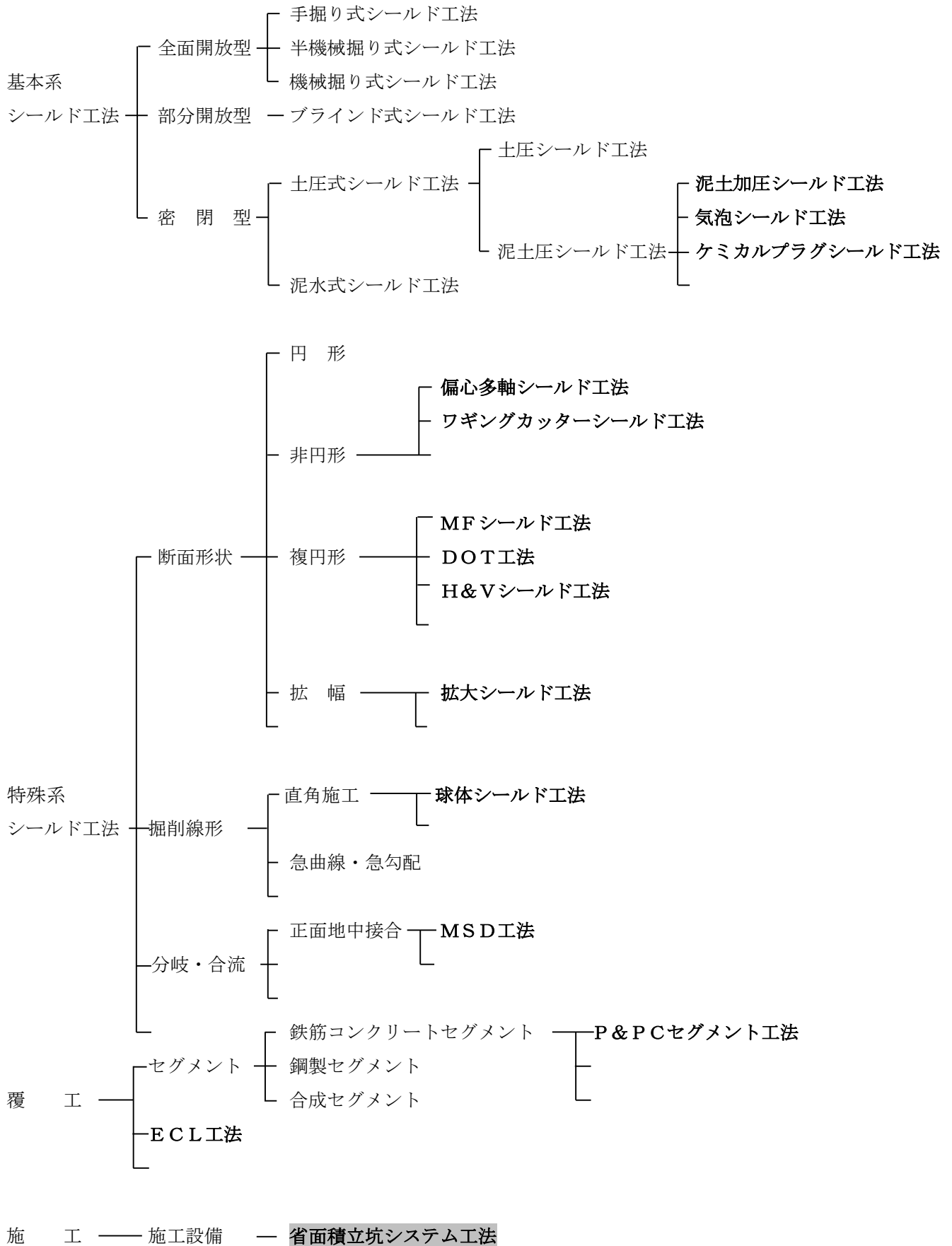
今回の改訂では、協会登録工法の位置付けを更新致しました。（「省面積立坑システム工法」追加）

皆様がシールド工法技術協会に登録しているシールド工法の採用にあたり、適正かつ合理的な計画、設計および施工を行うための資料として本書を大いに活用していただければ幸いに存じます。

令和2年8月

〔省面積立坑システム工法の位置付け〕

シールド工法における省面積立坑システム工法の位置づけを下記に示す。



本技術資料は、「シールド発進立坑用地の省面積システム 技術マニュアル【改訂版】」－2008 年 12 月－（発行）財団法人 下水道新技術推進機構 の一部を抜粋した資料である。

目 次

第 1 章 総 則

第 1 節 目 的

§ 1 目 的	1
§ 2 技術資料の構成	2

第 2 節 適用範囲

§ 3 適用範囲	3
----------------	---

第 3 節 用語の定義

§ 4 用語の定義	4
-----------------	---

第 2 章 省面積システムの概要

第 1 節 省面積システムの構成

§ 5 省面積システムの構成	5
----------------------	---

第 2 節 省面積システムの効果

§ 6 省面積システムの効果	8
----------------------	---

第 3 節 省面積システムの特徴

§ 7 泥水設備の特徴	9
§ 8 坑外設備の特徴	10

第 4 節 省面積システムの設計

§ 9 省面積システムの設計手順	11
------------------------	----

第 3 章 泥水設備の設計

第 1 節 泥水設備の設計手順

§ 10 泥水設備の設計手順	12
§ 11 泥水設備の選定	13
§ 12 設計条件の整理	14
§ 13 物質収支計算	15
§ 14 機器仕様の選定	17
§ 15 泥水設備の配置計画	18

第 2 節 固形回収システム

§ 16 固形回収型シールド	19
§ 17 一次前処理機	21

§ 18	掘削土の監視システム	22
§ 19	固形回収率	24
第 3 節 リアルタイム切羽安定管理システム		
§ 20	リアルタイム切羽安定管理システム	25
§ 21	調泥材	26
第 4 節 泥水濃縮システム		
§ 22	泥水濃縮システム	28
§ 23	分級前処理機	30
§ 24	濃縮サイクロン	31
§ 25	濃縮デカンタ	32
§ 26	濃縮プレス	33

第 4 章 坑外設備の設計

第 1 節 坑外設備の設計手順

§ 27	坑外設備の設計手順	34
§ 28	坑外設備の選定	35
§ 29	設計条件の整理	35

第 2 節 坑外設備仕様の決定

§ 30	セグメントストックシステム	36
§ 31	自在移動型ターンテーブル	40
§ 32	自在搬送天井クレーン	41

第 3 節 坑外設備の配置計画

§ 33	坑外設備の配置計画	42
------	-----------------	----

第 5 章 施工設備の管理

第 1 節 施工設備の管理

§ 34	施工設備の管理の目的	43
------	------------------	----

第 2 節 泥水設備の管理

§ 35	固形回収システムの管理	44
§ 36	リアルタイム切羽安定管理システムの管理	45
§ 37	泥水濃縮システムの管理	46

第 3 節 坑外設備の管理

§ 38	セグメントストックシステムの管理	48
------	------------------------	----

第1章 総 則

第1節 目 的

§ 1 目 的

本技術資料は、泥水式または土圧式シールドの施工における発進立坑に必要な用地面積の縮小化（省面積化）および泥水式シールドにおける泥水処理工程の省力化と建設汚泥の発生量抑制・減量化にかかわる技術的事項について示すものである。

【解 説】

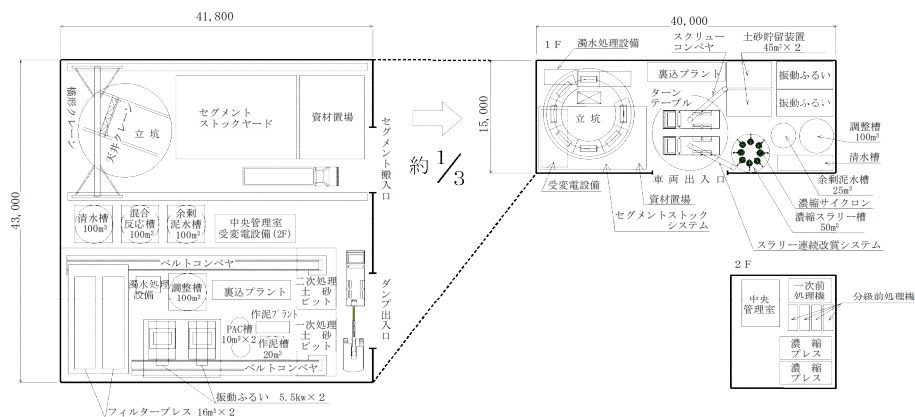
省面積システム（以下、「本システム」という。）は、設備の処理効率の向上と小型化を行い、立坑等の空間を有効利用することにより、発進立坑用地を泥水式シールドでは従来必要とされる面積の 1/3（土圧式シールドでは 1/2）にまでに縮小化（省面積化）する技術である。

本システムの適用概略を図 1-1 に示す。

（泥水式シールド工法）

従来型
（面積 $A \approx 1,800\text{m}^2$ ）

省面積型
（面積 $A \approx 600\text{m}^2$ ）



（土圧式シールド工法）

従来型
（面積 $A \approx 1,300\text{m}^2$ ）

省面積型
（面積 $A \approx 600\text{m}^2$ ）

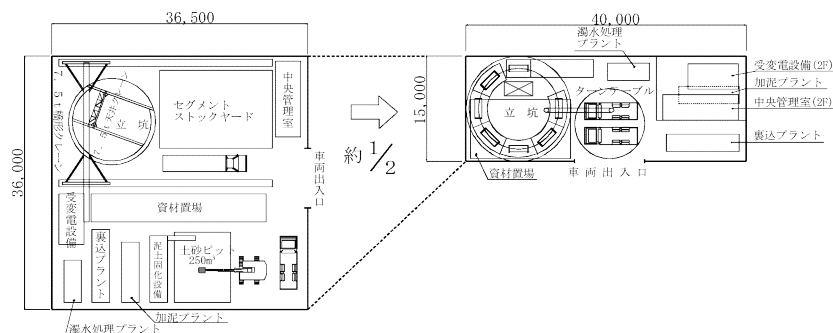


図 1-1 省面積システム適用概略

§ 2 技術資料の構成

本技術資料は、泥水式シールドと土圧式シールドの省面積システムについての技術的事項から構成されている。

【解 説】

本技術資料は、図 1-2 に示すように構成されている。

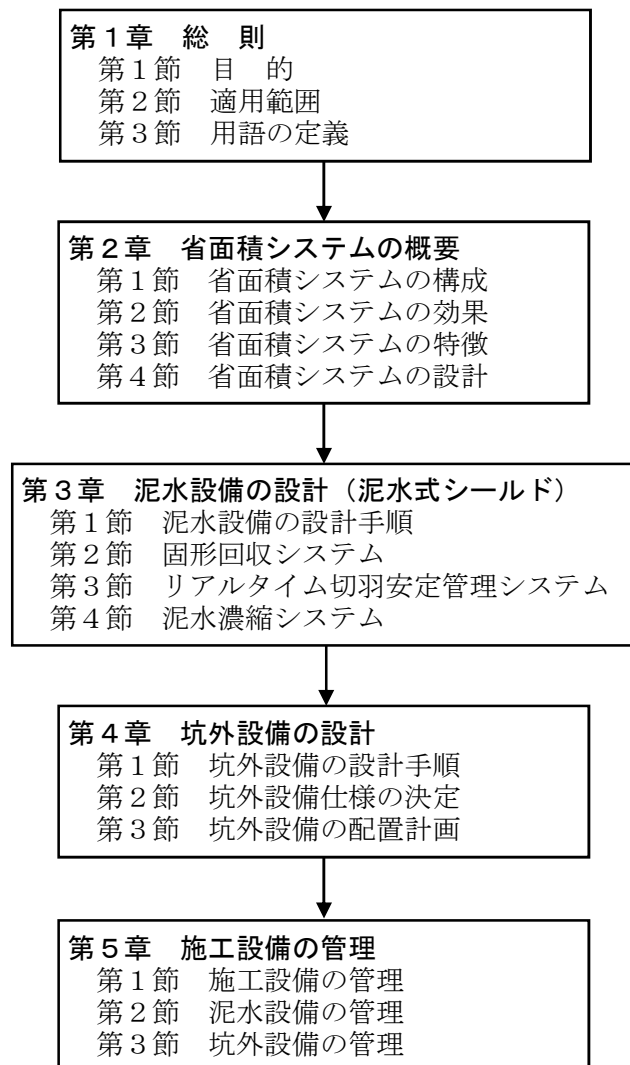


図 1-2 技術資料の構成

第 2 節 適用範囲

§ 3 適用範囲

本技術資料の適用範囲は、以下に示すとおりである。

- (1) 仕上り内径 1,350～5,000mm の泥水式または土圧式シールド工事
- (2) 従来の泥水式および土圧式シールドが適用可能な土質

【解 説】

(1) 仕上り内径 1,350～5,000mm の泥水式または土圧式シールド工事

本技術資料は、一般的なシールド工法による下水道管径を考慮して、仕上り内径が 1,350～5,000mm のトンネルに適用する。仕上り内径が 5,000mm を超えるシールド工事に適用する場合には、別途検討が必要である。

(2) 従来の泥水式および土圧式シールドが適用可能な土質

従来の泥水式および土圧式シールドの適用土質とは、粘土、シルト、砂、砂礫、泥岩である。本システムの各設備は土質により、以下の採用の適否がある。

- ① 泥水式シールドに関するもの：§ 11 参照

また、本システムの実施に当たっては、従来のシールド工法の実施と同様に関連法規を遵守しなければならない。

第3節 用語の定義

§ 4 用語の定義

本技術資料で取り扱う用語を以下のように定義する。

(1)省面積システム（省面積型）

シールド工事において発進立坑用地の縮小化を目的に開発した技術および設備の総称をいう。

(2)従来型システム（従来型）

省面積システムに対し、標準設計として従来から採用されている技術および設備の総称をいう。

(3)固形回収量

泥水に溶解しないで、回収される粘土塊の量をいう。

(4)固形回収率

固形回収が可能な土質においてその掘削量に対する固形回収量の割合をいう。

(5)前処理回収量

固形回収された地山が泥水に溶解せず、一次前処理機により回収される量をいう。

(6)濃縮スラリー

泥水濃縮システムから発生する二次処理土をいう。

(7)アンダー泥水

濃縮サイクロンおよび濃縮デカンタで濃縮された泥水をいう。

(8)濃縮ケーキ

濃縮プレスで処理されたケーキをいう。

(9)分級点

サイクロンにおいて、アンダー泥水とオーバー泥水に含まれるある粒径の土粒子の割合（％）が 50:50 になる粒径をいう。

分級点以上の土粒子はアンダー泥水に多く、分級点以下の土粒子はオーバー泥水に多くなる。

(10) CMC

CarboxyMethylCellulose（カルボキシメチルセルロース）の略語。泥水の調泥剤（増粘剤）として広い範囲で利用される。切羽の泥壁形成性が向上し、地山の安定に効果が得られる。

第2章 省面積システムの概要

第1節 省面積システムの構成

§ 5 省面積システムの構成

省面積システムは、以下に示す設備により構成される。

- (1) 泥水設備（泥水式シールド）
 - 1) 固形回収システム
 - 2) リアルタイム切羽安定管理システム
 - 3) 泥水濃縮システム
- (2) 坑外設備（共通）
 - 1) セグメントストックシステム
 - 2) 自在移動型ターンテーブル
 - 3) 自在搬送天井クレーン

【解説】

省面積システムは、泥水式シールドには泥水設備（「固形回収システム」、「リアルタイム切羽安定管理システム」、「泥水濃縮システム」）が採用できる。

坑外設備（「セグメントストックシステム」、「自在移動型ターンテーブル」、「自在搬送天井クレーン」）は、泥水式および土圧式シールドに共通して採用が可能である。

(1) 泥水設備（泥水式シールド）

泥水式シールドに採用する泥水設備は、図 2-1 に示すように「固形回収システム」、「リアルタイム切羽安定管理システム」、「泥水濃縮システム」から構成される。また、泥水設備の標準フローについて図 2-2 に示す。

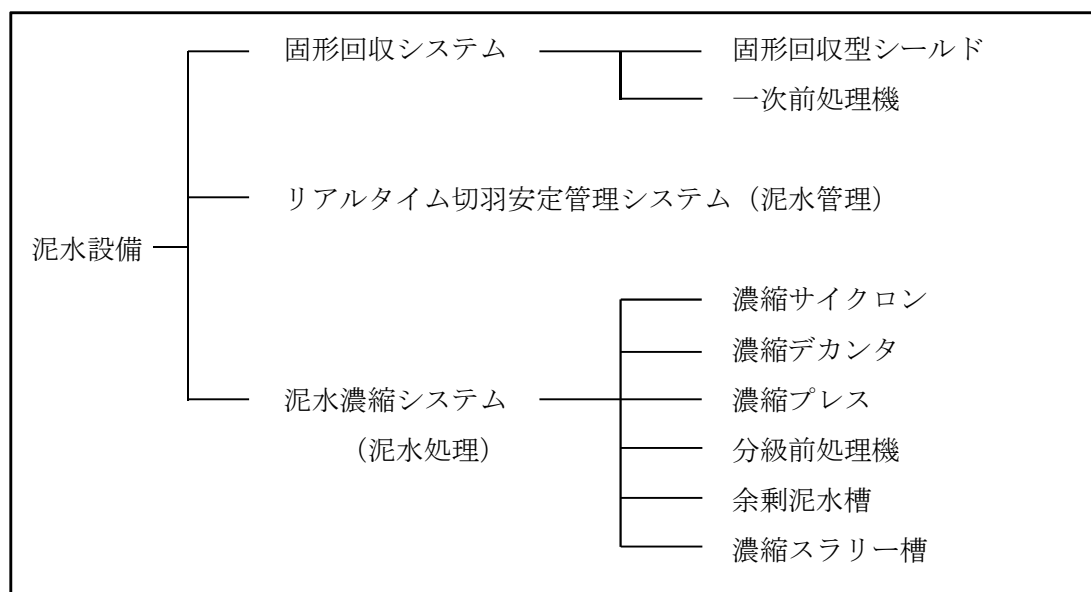


図 2-1 泥水設備の構成

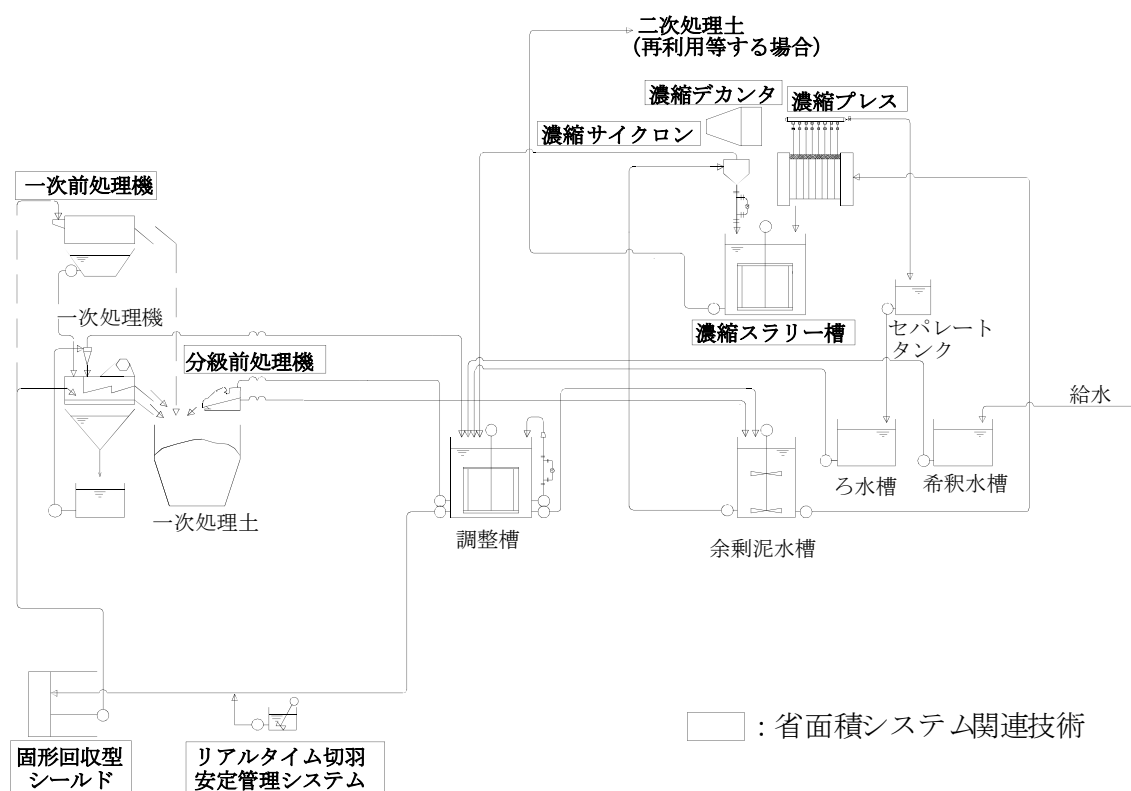


図 2-2 泥水設備の標準フロー

1) 固形回収システム

固形回収システムは、固形回収型シールドと一次前処理機により構成される。固形回収型シールドは、地山を排泥管で輸送可能な最大径に切り出すために、先行溝掘りビットの伸縮量、カッター回転速度、シールドジャッキ速度の3つの制御項目を地山の特性に応じて管理し、切削土の形状や回収量を最適な状態に維持する。

2) 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、添加攪拌装置、連続粘度計、調泥材貯蔵タンク、伝送制御表示装置、計測記録装置で構成されユニット化されている。

3) 泥水濃縮システム

泥水濃縮システムは、従来型の二次処理設備であるフィルタープレスに代わる設備である。

(2) 坑外設備（共通）

泥水式と土圧式シールドに共通して採用できる坑外設備は、セグメントストックシステム、自在移動型ターンテーブル、自在搬送天井クレーンで構成される。本設備は泥水式シールド、土圧式シールド双方に適用できる共通の設備である。

坑外設備の構成を図2-3に示す。

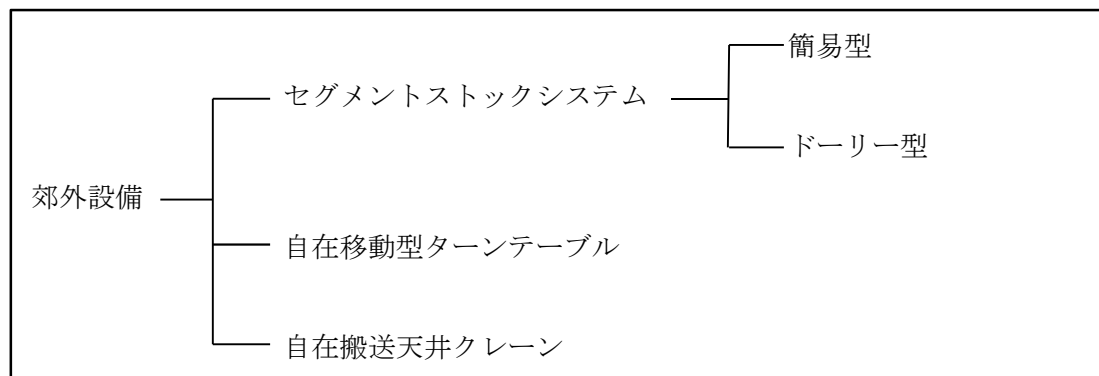


図2-3 坑外設備の構成

1) セグメントストックシステム

簡易型とドーリー型の2つの型式があり、発進立坑用地においてセグメントを立体的に配置するものである。

2) 自在移動型ターンテーブル

狭い立坑用地内への工事車両の移動を容易に行えるようにする設備である。

3) 自在搬送天井クレーン

桁長さを可変にすることで、長方形の形状の用地でない場合でも、用地内の隅々にまでクレーン作業が行えるようにする設備である。

第2節 省面積システムの効果

§ 6 省面積システムの効果

省面積システムにより，泥水式シールド工法に導入効果が得られる。また，泥水式シールド，土圧式シールド両工法に共通した導入効果も得られる。

【解 説】

本システムの導入によって，以下に示す効果がある。

〔泥水式シールド〕

- ① 一次処理土を積極的に増加させ建設汚泥の発生量を抑制できる。
- ② 二次処理設備の負荷軽減により設備が小型化できる。
- ③ リアルタイム切羽安定管理システムを坑内あるいは地上に設置することによって，地上の作泥設備が不要となり省面積化が図れる。
- ④ 二次処理土を再利用しやすい性状に処理できる。
- ⑤ 泥水性状の変更を瞬時に言い，より安定した切羽管理ができる。

〔 共 通 〕

- ⑥ セグメントの立体的保管により，広いセグメントヤードが不要となる。
- ⑦ 狭い立坑用地においても，ターンテーブルにより搬出入車両の動線が確保できる。
- ⑧ 狭く異形の発進立坑用地形状でも効率的に設備配置ができる。

第3節 省面積システムの特徴

§ 7 泥水設備の特徴

泥水設備の各システムの採用により省面積化を図ることができる。

- (1) 固形回収システム
- (2) リアルタイム切羽安定管理システム
- (3) 泥水濃縮システム

【解 説】

(1) 固形回収システム

固形回収システムは、地山を固形状態で切り出すことで、泥水への切削土の溶込み量を少なくして、二次処理設備の負担を軽減する。また同時に、二次処理設備を小型化でき、環境保全に配慮し、二次処理土（建設汚泥）の発生量を抑制することができる。

(2) リアルタイム切羽安定管理システム

従来型では、1 km を超えるような長距離掘進を行った場合、地山の変化に伴う泥水性状の変更には数十分の長い時間が必要であった。

リアルタイム切羽安定管理システムでは、泥水粘度の自動計測と調泥材の注入により、適切な泥水性状の変更を瞬時に行うことができ、より安定した切羽管理を行うことができる。また、従来型の作泥設備をユニット化して後続台車に搭載するため、これまで地上に置かれていた作泥槽、増粘材溶解槽、材料貯蔵ヤード等が不要となり地上立坑用地の省面積化が可能となる。

泥水式シールドにおける切羽の安定メカニズムは、泥膜、粘性、目詰による方法の3つがあるとされているが、本システムでは、粘性による方法を主体としている。土質によっては、目詰による方法を採用する。

(3) 泥水濃縮システム

泥水濃縮システムは、従来型のフィルタープレスに代わる設備である。泥水処理能力が高く設置面積が小さくて済む。濃縮スラリーは、貯留、搬送が容易である。

凝集剤等の薬剤が混入していないため、流動化処理土の原料としての使用にも適している。

§ 8 坑外設備の特徴

坑外設備の各システムの採用により省面積化を図ることができる。

- (1) セグメントストックシステム
- (2) 自在移動型ターンテーブル
- (3) 自在搬送天井クレーン

【解 説】

(1) セグメントストックシステム

セグメントストックシステムには、ドーリー型と簡易型の2つがある。

セグメントストックシステムは、立坑用地が狭く、セグメントストックヤードの確保が困難な場合でも、セグメントの立体的な配置によって省面積化を図ることができる。

(2) 自在移動型ターンテーブル

自在移動型ターンテーブルの採用により、狭い発進立坑用地内への動線を確保し、同時に複数台の搬出入を行うことができる。このため、用地形状や設備配置、道路条件に合わせた計画が可能となる。

(3) 自在搬送天井クレーン

自在搬送天井クレーンの採用により、矩形以外の発進立坑用地でも効率的に設備配置ができ、立坑用地を無駄なく利用することで省面積化が可能となる。

第4節 省面積システムの設計

§ 9 省面積システムの設計手順

省面積システムの設計に当たって、泥水式シールドでは泥水設備、泥水式、土圧式シールドでは坑外設備の設計を行い、従来型との施工性、経済性、環境保全、安全性および工程等の観点から総合的に比較検討を行う。

【解 説】

本システムの設計は、図2-6に示す設計手順により行う。

周辺環境条件および施工条件の確認の後、泥水設備（泥水式シールドの場合）、坑外設備の設計の順で設計する。

周辺環境条件は、立地条件、支障物件、地盤条件、環境保全の項目について調査する。調査は、計画、設計、施工の各段階で、検討に必要な基礎資料を得るために行うものである。調査の結果は、システム採用の可否、環境保全対策等の検討、工事の規模や内容の決定資料となる。

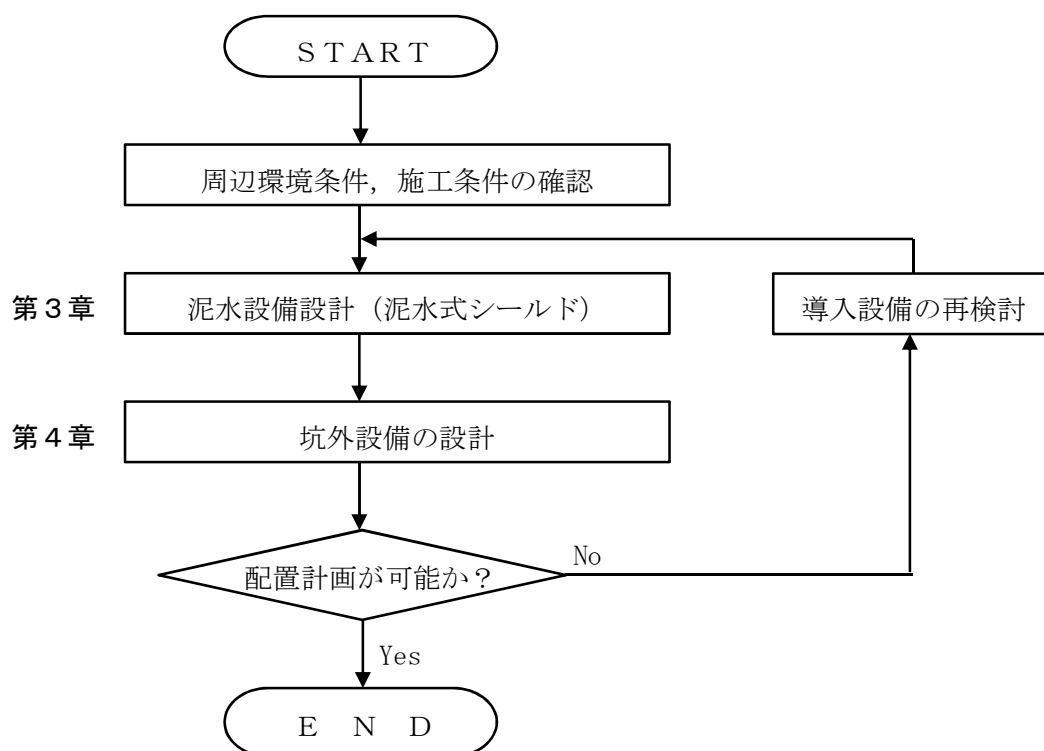


図2-6 省面積システム設計手順

第3章 泥水設備の設計

第1節 泥水設備の設計手順

§ 10 泥水設備の設計手順

泥水設備に選定するシステムは施工性、経済性および環境保全等を考慮して検討する。

【解 説】

泥水設備は、図3-1に示す設計手順に従って設計する。

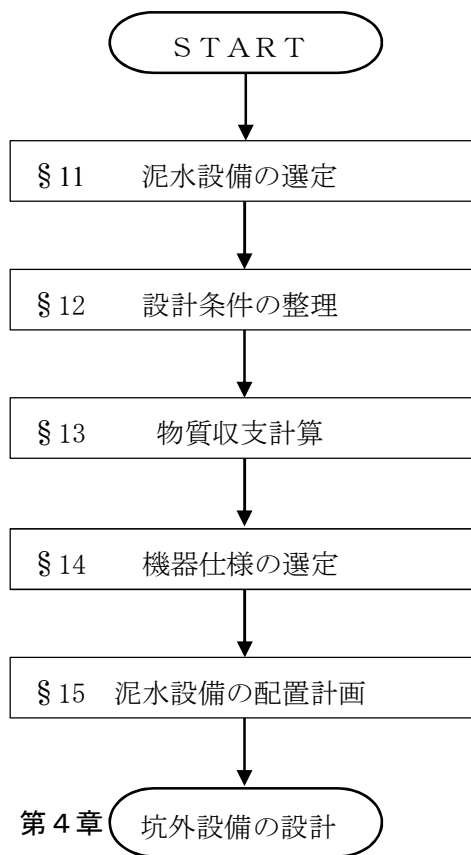


図3-1 泥水設備の設計手順

§ 11 泥水設備の選定

泥水設備は，地盤条件，施工条件に基づき選定する。

【解 説】

各システムの土質に対する適用の可否は，表 3-1 を参考に選定する。

表 3-1 各システムの土質に対する適用の可否

システム名称	粘性土	泥 岩	砂	砂 礫
固形回収システム	△	△	×	×
リアルタイム 切羽安定管理システム	○	△	○	○
泥水濃縮システム	○	○	△	△

〔凡 例〕 ○：適用可

△：土質条件により検討の必要あり

×：適用不可

注記) 上表は，単一土層での場合であり，同一断面に複数の土質が現れる互層の場合は総合的に評価しなければならない。

§ 12 設計条件の整理

泥水設備の設計条件は，地盤条件，施工条件に基づき整理する。

【解 説】

泥水設備の設計において，特に必要となる具体的な検討対象および設計条件を表 3-2 に示す。

表 3-2 各システムの検討対象および設計条件

システム名称	検討対象	設計条件
固形回収システム	先行溝掘りビット の形式	掘進延長，土質，N 値，砂礫層の有無
	一次前処理機の採否	土質，N 値，含水比，固形回収率
リアルタイム 切羽安定管理システム	調泥材の種類 調泥材の添加量	土質，15% 粒径，粒度分布，透水係数， 含水比，送泥流量
泥水濃縮システム	各機器の台数	シールド外径，掘進速度，セグメント幅， 日進量，固形回収率，低減係数，粒度分布， 含水比，土粒子真比重

§ 13 物質収支計算

泥水設備の仕様，台数および残土処分量等を決定するために，以下の項目に示す設計条件に基づいて物質収支計算を行う。

- (1) 工事条件
- (2) 土質条件
- (3) その他

【解 説】

§ 12 で設定された設計条件のうち，物質収支計算に使用するものを以下に示す。また，泥水循環フローを図 3-2 に示す。

(1) 工事条件

シールド外径，掘進速度，セグメント幅，日進量，送泥流量

(2) 土質条件

粒度分布，含水比，土粒子真比重

(3) その他

固形回収率，低減係数

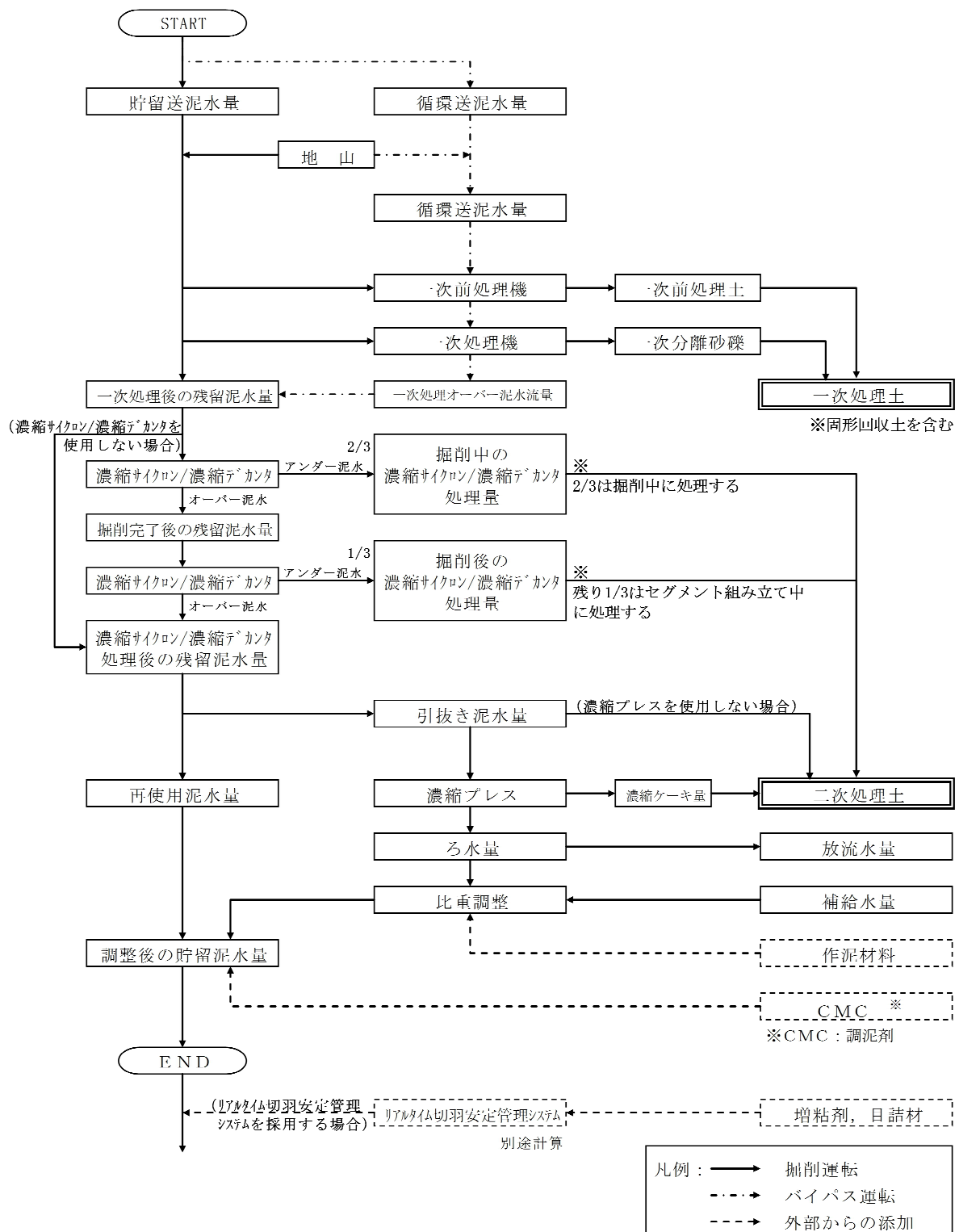


図3-2 泥水循環フロー

§ 14 機器仕様の選定

各機器の仕様は、物質収支計算による算定結果に基づき選定する。

【解 説】

泥水設備の各機器の仕様は表 3-3 に示すとおりである。

表 3-3 泥水設備の各機器の仕様

■：省面積システム関連機器

機器名称および型式		仕 様			
		設備能力	出力 (kW)	重量 (t)	摘 要
一次前処理機	I 型	4 m ³ /min	69.7	6.3	
	II 型	6 m ³ /min	126.4	7.5	
一次処理機	I 型	30 t/hr	33.0	8.7	2.0m ³ /min
	II 型	40 t/hr	69.0	11.6	4.0m ³ /min
	III 型	60 t/hr	101.0	12.7	6.0m ³ /min
	IV 型	80 t/hr	132.0	18.7	8.0m ³ /min
比重調整器（還流差圧式）		—	3.70	—	サンプリングポンプ出力
リアルタイム切羽安定管理システム		—	0.3	1.2	
分級前処理機		1.5 m ³ /min	7.0	0.3	
濃縮サイクロン		供給泥水量 42 m ³ /hr アンダー泥水量 2.1m ³ /hr	11.0	0.5	アンダー泥水比重 1.5
濃縮デカンタ	標準	供給泥水量 30 m ³ /hr アンダー泥水量 9.0m ³ /hr	56.0	6.7	アンダー泥水比重 1.5
	小型	供給泥水量 8 m ³ /hr アンダー泥水量 2.1m ³ /hr	18.5	2.3	アンダー泥水比重 1.5
濃縮プレス		ろ室容積 0.7 m ³ サイクルタイム 20min/回	52.5	17.0	濃縮ケーキ比重 1.45
濃縮スラリー槽 余剰泥水槽 調整槽	泥水槽 (丸型)	10 m ³ /15 m ³	2.2/3.7	2.0/2.6	
		20 m ³ /25 m ³	3.7/5.5	3.4/3.6	
		30 m ³ /35 m ³	5.5/5.5	4.1/4.5	
		50 m ³	5.5	7.8	
清水槽	丸型	10 m ³ /15 m ³	—/—	1.6/2.2	
	or	20 m ³ /25 m ³	—/—	2.7/2.8	
	角型	30 m ³	—	2.9	
中和装置		10 m ³ /hr	1.13	0.50	炭酸ガス

§ 15 泥水設備の配置計画

以下に示す泥水設備は，立坑用地の形状，周辺環境を考慮して配置を計画する。

- (1) 一次前処理機，一次処理機
- (2) 濃縮サイクロン，濃縮デカンタ，分級前処理機，濃縮プレス

【解 説】

下記の泥水設備の配置計画に当たっての留意事項を示す。

(1) 一次前処理機，一次処理機

一次前処理機や一次処理機は，積込み装置の位置も考慮して計画する。

(2) 濃縮サイクロン，濃縮デカンタ，分級前処理機，濃縮プレス

濃縮サイクロンおよび濃縮デカンタは，濃縮スラリー槽にアンダー泥水が直接流下するように，濃縮スラリー槽の上に配置することが望ましい。

分級前処理機は，濃縮サイクロンおよび濃縮デカンタの近くに配置する。

濃縮プレスは，濃縮ケーキが濃縮スラリー槽に直接投入できるように配置する。

なお，各設備の配置図は本章 p.31～p.33 の図 3-14，図 3-15，図 3-16 を参照されたい。

第2節 固形回収システム

§ 16 固形回収型シールド

固形回収型シールドの設計に当たっては、先行溝掘りビットについて検討する。

【解 説】

固形回収システムは、掘削土を泥水に溶解させないように回収することにより余剰泥水の発生を抑制するシステムである。

地山を固形状態で切り出すには、図3-3に示すように先行溝掘りビットにより溝状切削を行い、その溝間の凸部をティースビットで切り出すことにより行う。なお、ティースビットによる切り出しは、図3-4に示す切込厚さや切り出す固形の大きさに影響する。

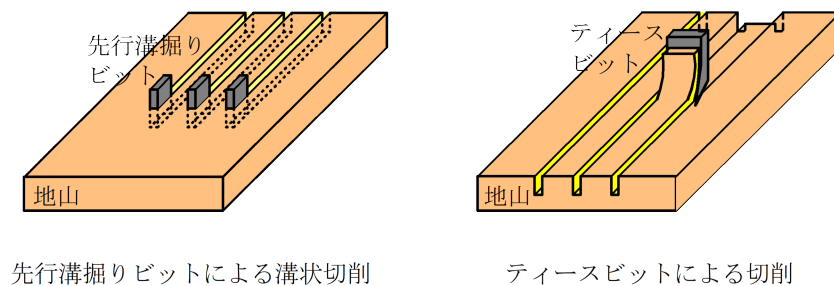


図3-3 固形回収システムによる切削方法

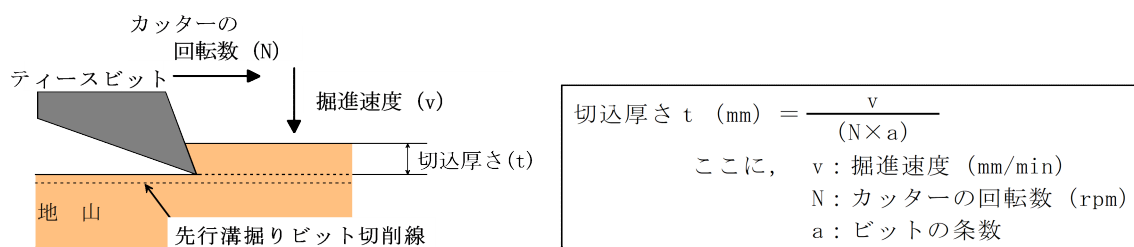


図3-4 切込厚さ

固形回収型シールドは、先行溝掘りビットで溝状切削を行い、続いてティースビットで溝間を切削することにより、地山を固形状に切削する。したがって、先行溝掘りビットはティースビットの両側を通るように配置する必要がある。

先行溝掘りビットは、ティースビットの切削深さよりも常に先行して切削する必要がある。先行溝掘りビットには、伸縮型と固定型があり土質条件や掘進延長等の工事条件により適切なものを選定する。

例えば前半に砂礫層、後半に粘性土が現れる場合、伸縮型先行溝掘りビットを採用し砂礫層では先行溝掘りビットを縮めて通常に掘削し、粘性土層では先行溝掘りビットを伸ばして固形回収を行うように計画する。なお、外周部を除いた固形回収部のティースビット切削条数は1条～2条切りとする。

固形回収型シールドの概要を図3-5に示す。

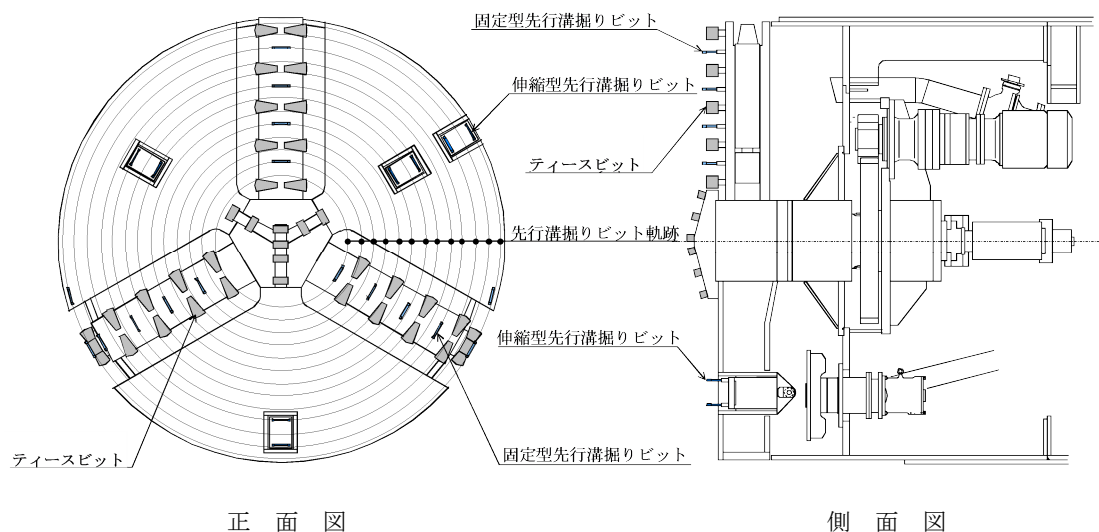


図3-5 固形回収型シールドの概要

§ 17 一次前処理機

一次前処理機の設計に当たって、物質収支計算により求められる所定の処理量に応じて選定する。

【解 説】

一次前処理機は、固形回収率が大きい場合に排泥水処理工程の最初の段階で、固形回収された切削土と泥水を分離し、一次処理機の負荷低減の目的で適用する。

一次前処理機の構造（回転ドラム型）およびその仕様を図 3-6、表 3-4 に示す。

一次前処理機には、目詰まり防止用のシャワー洗浄管が設備されていて、場合によっては一次前処理機の代替えとしてローヘッドスクリーンを使用するケースもある。

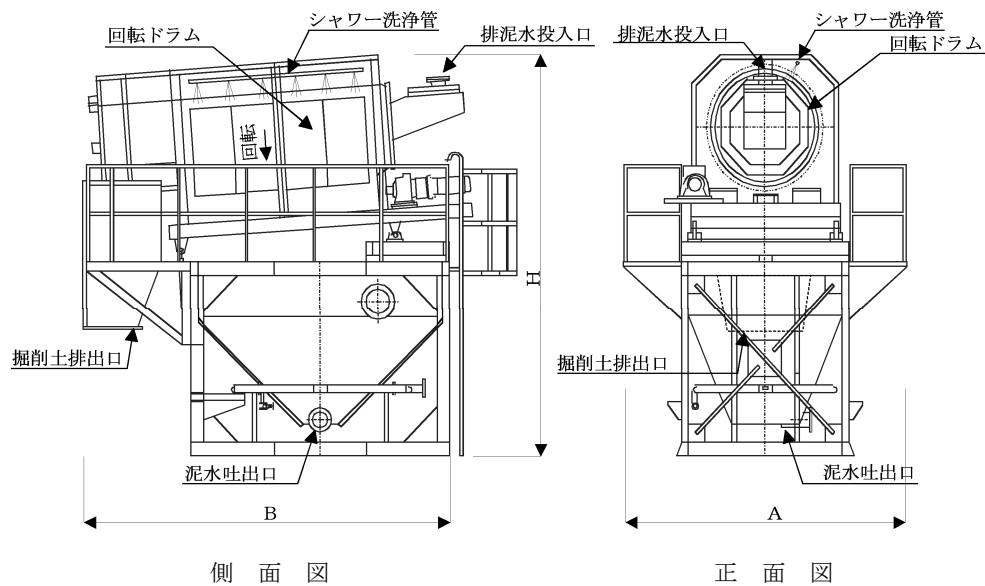


図 3-6 一次前処理機の構造（参考図）

表 3-4 一次前処理機の仕様

型 式	規 格	A(mm)×B(mm)×H(mm)
1 型	4 m ³ /min	3,500×4,400×4,500
2 型	6 m ³ /min	3,500×5,300×4,800

§ 18 掘削土の監視システム

掘削土の監視システムは、以下のシステムで構成され、所定の固形回収量を確保する。

- (1) 固形回収測定システム
- (2) 前処理回収量の計測システム

【解 説】

固形回収を行う際、固形回収量を確保するために排泥水への溶込みも考慮して、なるべく大きく保つことが望ましい。また、回収土塊の寸法については排泥管が閉塞しないように管理する必要がある。これらに留意して回収された掘削土の監視を行う。

土質条件、掘進条件等を考慮し掘削土の監視により固形回収量が最大となるように、図 3-7 に示す先行溝掘りビット伸縮量、カッター回転速度、シールドジャッキ速度を制御する。

掘削土の監視は、固形回収測定システム、前処理回収量の計測システムにより行う。

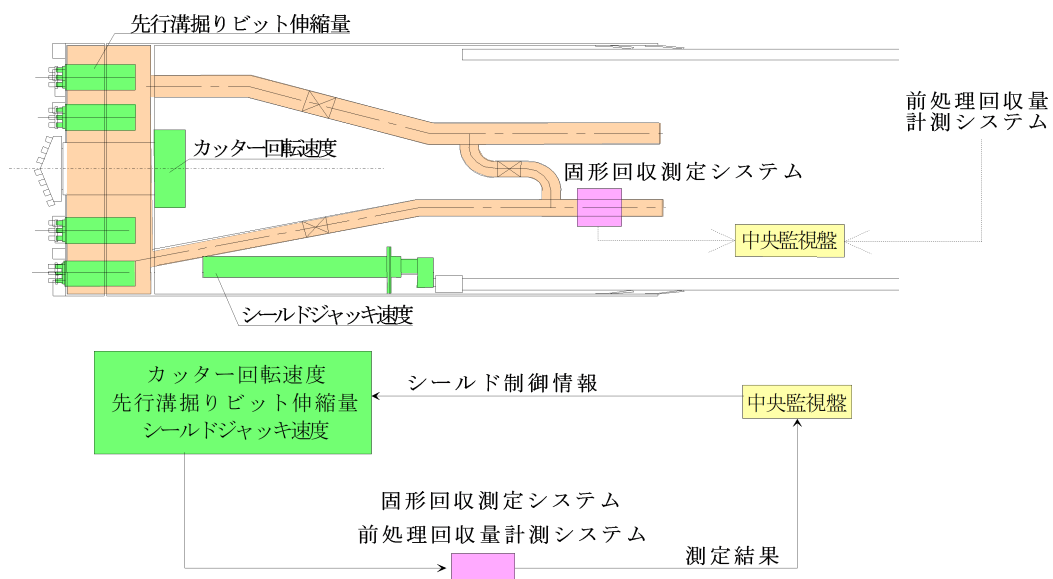


図 3-7 固形回収型シールドの制御

(1) 固形回収測定システム

固形回収測定システムは、シールド直後で固形に掘削した土砂の大きさとその割合を計測するもので、固形回収状態が把握できる。土砂の大きさについては、その大きさを層別化して表示し、大きさの割合については、層別化した各個数を断続的に測定し、割合として表示している。固形回収測定システムを図3-8に示す。

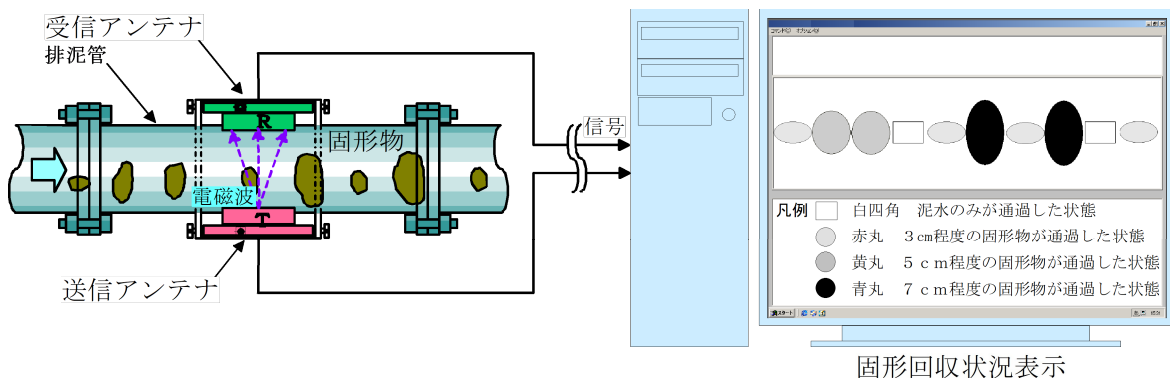


図3-8 固形回収測定システム

(2) 前処理回収量の計測システム

一次前処理機を設置する場合、図3-9に示すように一次前処理機の前後に流量計を設備することで前処理回収量の計測が可能である。前処理回収量は、掘進中の切羽からの排泥流量(V_o)の積算値と一次前処理機での通過泥水量(V_u)の積算値の差から算出する。

なお、計測は1リング掘進ごとに行う。

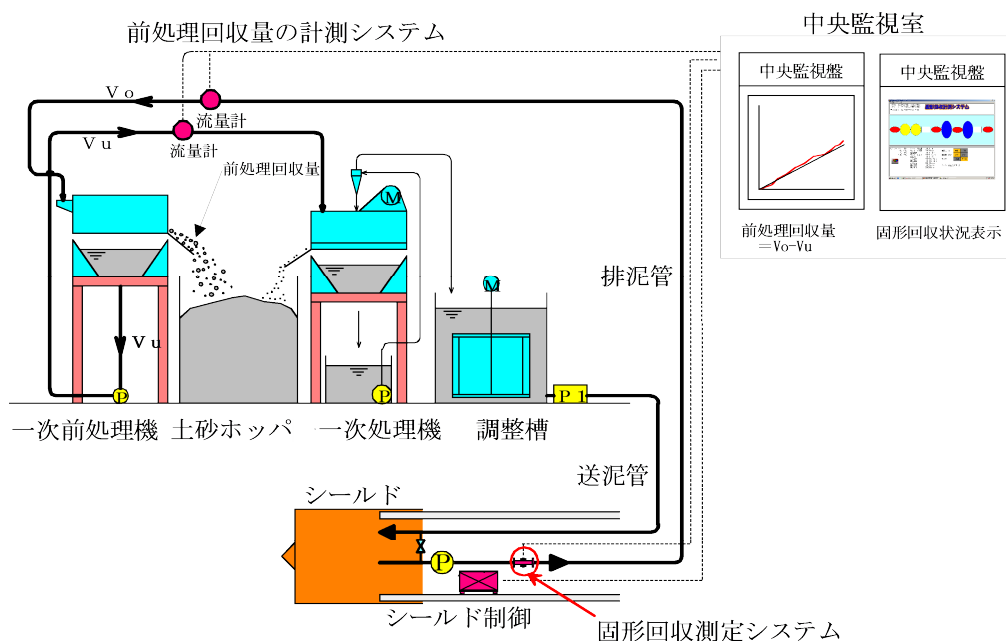


図3-9 掘削土の監視

§ 19 固形回収率

固形回収率は、土質および掘進距離に基づき設定する。

【解 説】

固形回収システムの導入は、基本的にN値 10 以上の粘性土に対して検討する。

ただし、N値 10 未満の粘性土についても、粘着力が高く固形回収が可能な場合もあるので別途検討が必要である。

設計の基準となる固形回収率は以下のとおりである。

シルト・粘土分含有率とN値に対する固形回収率（K）を表 3-5 に示す。固形回収率（K）は、掘進距離にともなう輸送距離の増加や排泥ポンプの台数の増加により低下するため、物質収支計算では、固形回収率（K）だけでなく表 3-6 に示す低減係数（Kd）も考慮し、（K）×（Kd）の値を使用する。

表 3-5 固形回収率（K）

地山のシルト，粘土分 含有率（％）	固形回収率（％）		
	$10 \leq N < 20$	$20 \leq N < 30$	$30 \leq N$
60 以上 80 未満	10	20	30
80 以上 90 未満	30	40	60
90 以上	40	60	70

表 3-6 固形回収率の低減係数（Kd）

地山のシルト，粘土分 含有率（％）	$10 \leq N < 20$				$20 \leq N < 30$				$30 \leq N$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
60 以上 80 未満	0.80	0.65	0.50	0.40	0.80	0.65	0.55	0.45	0.80	0.70	0.55	0.50
80 以上 90 未満	0.80	0.65	0.50	0.40	0.85	0.70	0.60	0.50	0.85	0.80	0.70	0.60
90 以上	0.80	0.65	0.50	0.40	0.85	0.75	0.65	0.55	0.90	0.85	0.75	0.70

上表にて、A：掘進区間が 0 ～ 500m の低減係数

B：掘進区間が 501 ～ 1,000m の低減係数

C：掘進区間が 1,001 ～ 1,500m の低減係数

D：掘進区間が 1,501 ～ 2,000m の低減係数

※ 2,001m 以上の場合は、別途検討する必要がある。

第3節 リアルタイム切羽安定管理システム

§ 20 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、粘性管理を主体とする。

【解 説】

従来型の泥水管理との比較を表3-7に示す。

表 3-7 泥水管理の比較

	省面積型	従 来 型
管理対象	粘 性	比重と粘性
設 備 名	リアルタイム 切羽安定管理システム	作 泥 設 備
設備概要	スタティックミキサ（攪拌装置） 粘 度 計 調泥材貯蔵タンク	作 泥 槽 材料貯蔵ヤード 他
設置場所	坑内切羽後続台車	地 上

本システムは、図3-10に示すようにスタティックミキサ、粘度計、増粘剤槽、目詰材槽がユニット化され、坑内切羽の後続台車に設置する。

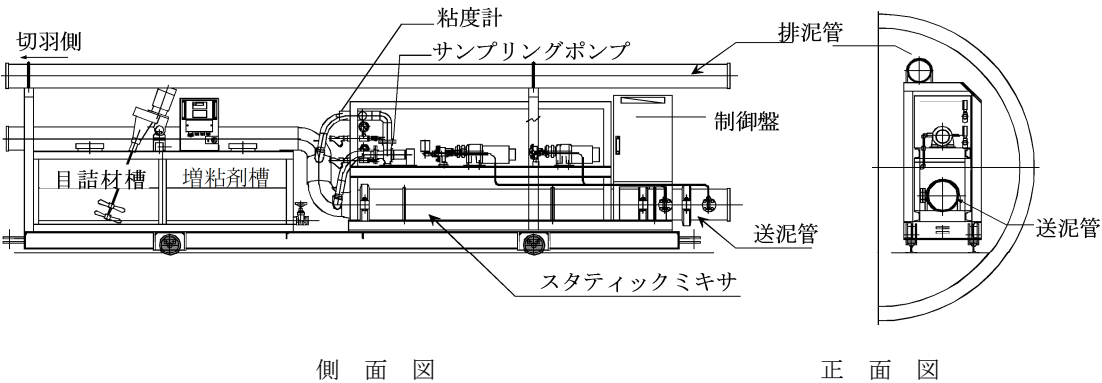


図3-10 リアルタイム切羽安定管理システム

§ 21 調泥材

調泥材には、以下に示す材料をもちいる。また、掘進地山の土質条件を考慮して、添加する調泥材の種類と量を決定する。

- (1) 高分子系増粘剤
- (2) 吸水性樹脂目詰材

【解 説】

調泥材の種類について、表 3-8 に示すように、土質（地山の粒径加積曲線から得られる 15% 粒径）を考慮して適用する。

表 3-8 調泥材の種類 （参考値）

15%粒径 (μm)	調 泥 材	目詰材粒径 (μm)	参考土質 (透水係数 cm/sec)
150	増 粘 剤	—	細 砂 ($kw \leq 10^{-2}$)
200	増 粘 剤	—	粗 砂 ($kw \leq 10^{-2}$)
500	増粘剤＋目詰材	33 ～ 50	細 礫 ($kw > 10^{-2}$)
4,000	増粘剤＋目詰材	260 ～ 400	中 礫 ($kw > 10^{-2}$)

(1) 高分子系増粘剤

増粘剤は、リアルタイム切羽安定管理システム用の高分子系薬剤を使用する。増粘剤添加量は地山のシルト・粘土含有率によって求められ、その添加量は表 3-9 を参考にして算出する。

表中の増粘剤添加率は、送泥流量 1 m³ 当たりの添加割合 (%) を示す。

表 3-9 増粘剤添加率 （参考値）

地山のシルト・粘土含有率 (%)	増粘剤添加率 (vol%) 注1	泥水比重注2
6 以上 8 未満	0.020	1.10～1.15
8 以上 10 未満	0.008	1.15～1.20

注1：増粘剤の添加量は地山のシルト・粘土含有率により決定する。

注2：泥水比重は物質収支計算から地山のシルト・粘土含有率により求める。

一般的な砂質土で、シルト・粘土含有率が 10% を超える場合には、余剰泥水が発生して送泥水の粘性が上昇する傾向となるので増粘剤の添加は行わない。

〔計算例〕

地山のシルト・粘土含有率が 8 % の場合、送泥水への増粘剤添加量(V)は、下記の計算により求めることができる。

(送泥水量 100m³について試算すると)

$$\begin{aligned} V &= (\text{送泥水量}) \times (\text{増粘剤添加率 vol\%}) \\ &= 100 \text{ (m}^3\text{)} \times 0.008 \text{ (vol\%)} \\ &= 0.008 \text{ (m}^3\text{)} \\ &= 8.0 \text{ (ℓ)} \end{aligned}$$

(2) 吸水性樹脂目詰材

目詰材はリアルタイム切羽安定管理システム用の吸水性樹脂を使用し、逸泥を防止する目的で必要に応じて適用する。

目詰材の粒径および添加量は、表 3-10 を参考にして決定する。

表 3-10 目詰材添加率 (参考値)

土 質	目詰材粒径 (μm)	目詰材添加量 (ℓ/m ³)
細 礫	33 ～ 50	6
中 礫	260 ～ 400	12

〔計算例〕(土質が細礫の地山に目詰材を添加する場合)

目詰材の膨張率は約 30 倍であり、投入目詰材の膨張特性を考慮して送泥水量 100m³に対する原液の量 (V₁) を算出する。

$$\begin{aligned} V_1 &= (\text{膨張後の目詰材容量}) \div (\text{目 詰 材 の 膨 張 率}) \\ &= 100 \text{ (m}^3\text{)} \times 6 \text{ (ℓ)} \div 30 \\ &= 20 \text{ (ℓ)} \end{aligned}$$

目詰材製品には、分散媒としてパラフィン溶液が 75%含まれるため、
目詰材使用量 (V₂) は、

$$\begin{aligned} V_2 &= 20 \text{ (ℓ)} \div (1 - 0.75) \\ &= 80 \text{ (ℓ)} \end{aligned}$$

したがって、送泥水 100m³ 当たり 80ℓ の目詰材を添加する。

第4節 泥水濃縮システム

§ 22 泥水濃縮システム

泥水濃縮システムは、二次処理する余剰泥水を濃縮処理する目的で適用する。設備台数は、物質収支計算により求められた余剰泥水量に対して、不足のないように設定する。

【解 説】

泥水濃縮システムは、分級設備、固液分離設備等で構成される。

泥水濃縮システムの設備構成を図3-11に示す。

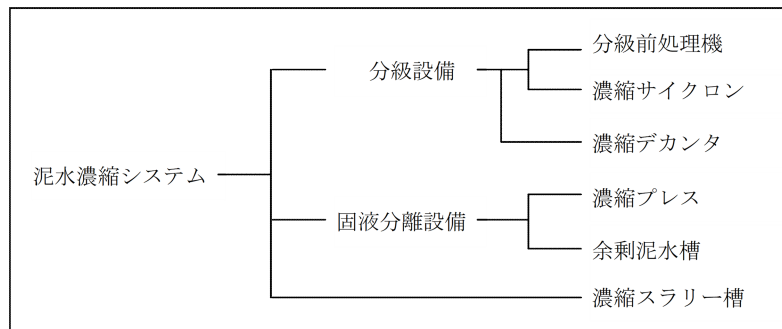


図3-11 泥水濃縮システムの構成

その処理フローを図3-12に示す。

余剰泥水を分級設備で処理しアンダー泥水として濃縮スラリー槽に貯留する。分級処理した後の微粒子分を多く含む余剰泥水は、固液分離設備で濃縮ケーキとして処理する。濃縮ケーキを濃縮スラリー槽でアンダー泥水と混合し、濃縮スラリーとして搬出する。

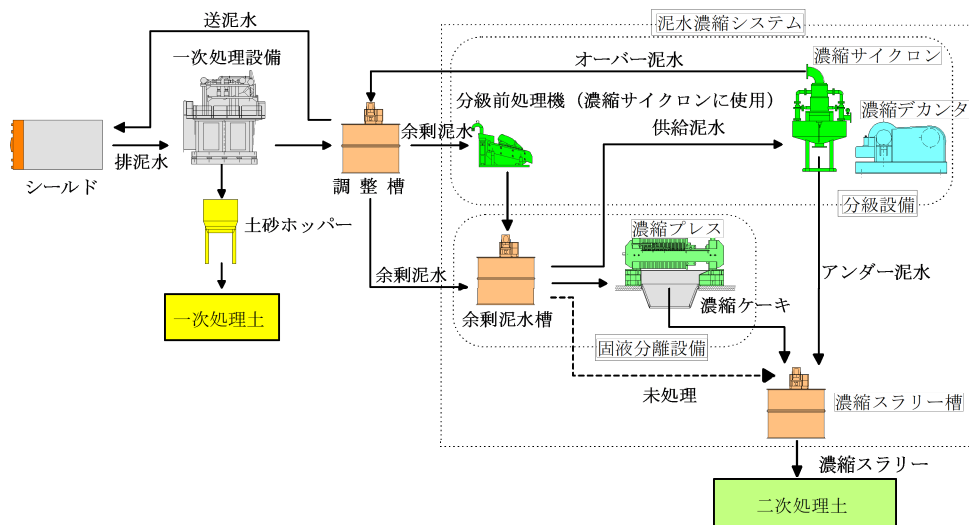


図3-12 泥水濃縮システム処理フロー

泥水濃縮システムの選定に当たっては、施工性、経済性等を十分考慮し、適切な設備構成を選定し計画する。

物質収支計算においては、泥水に含まれる余剰の土粒子の 8 割を分級設備で処理し、2 割を固液分離設備で処理することを原則として計算するが、設備規模が小さい場合もしくは設備設置期間が短い場合、余剰泥水の発生量が少ない場合、掘進距離が短い場合等では、固液分離設備を採用せず、2 割を未処理として計算することもあるので留意する（図 3-12 参照 破線表示）。

分級設備の選定は、基本的に濃縮サイクロンで計画し、設備台数が 4 台を超える場合では、濃縮デカンタの採用も検討する。また、原則として濃縮サイクロンを使用する場合は分級前処理機を採用する。

なお、余剰泥水を濃縮処理する泥水濃縮システムは処理に凝集剤等の薬剤を使用しないため、濃縮スラリーは流動化処理土の原料としても利用できる。

§ 23 分級前処理機

分級前処理機の設計に当たっては、物質収支計算により求められる所定の余剰泥水量に応じて選定する。

【解 説】

分級前処理機本体を図 3-13 に示す。

本設備は、濃縮サイクロンのアペックスバルブの目詰まりを防止するために適用する。

分級設備の供給泥水量にあわせて設備台数を計画する。なお、泥水処理量は $90\text{m}^3/\text{hr}$ である。

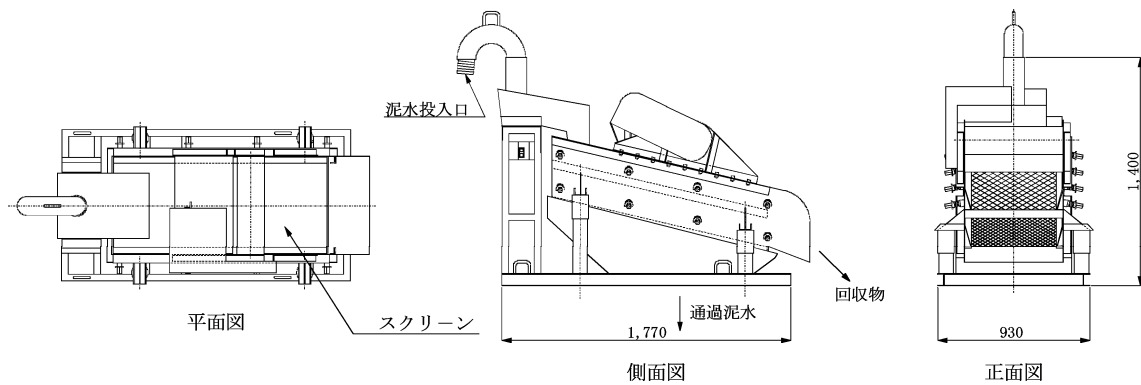


図 3-13 分級前処理機 (参考図)

§ 24 濃縮サイクロン

濃縮サイクロンの設計に当たっては、物質収支計算により求められる所定の余剰泥水量に応じて選定する。

【解 説】

濃縮サイクロンは、図 3-14 に示すような 50mm 径のサイクロンを 12 本セットした集合型サイクロンであり、物質収支計算により必要台数を設定する。

濃縮サイクロンの供給泥水量は $42\text{m}^3/\text{hr}$ である。なお、比重 1.5 のアンダー泥水量は供給泥水量の 5 % ($2.1\text{m}^3/\text{hr}$) となる。

また、濃縮サイクロンは連続処理が可能であり、1 リングの施工サイクル内での処理を原則とする。1 リングの施工サイクルは、1 リングの掘進時間に係数 1.5 を乗じた時間とする。なお、濃縮サイクロンを複数台設置する場合は、1 台についてはアンダー泥水計測器（比重および流量の測定を行う）を設置する。

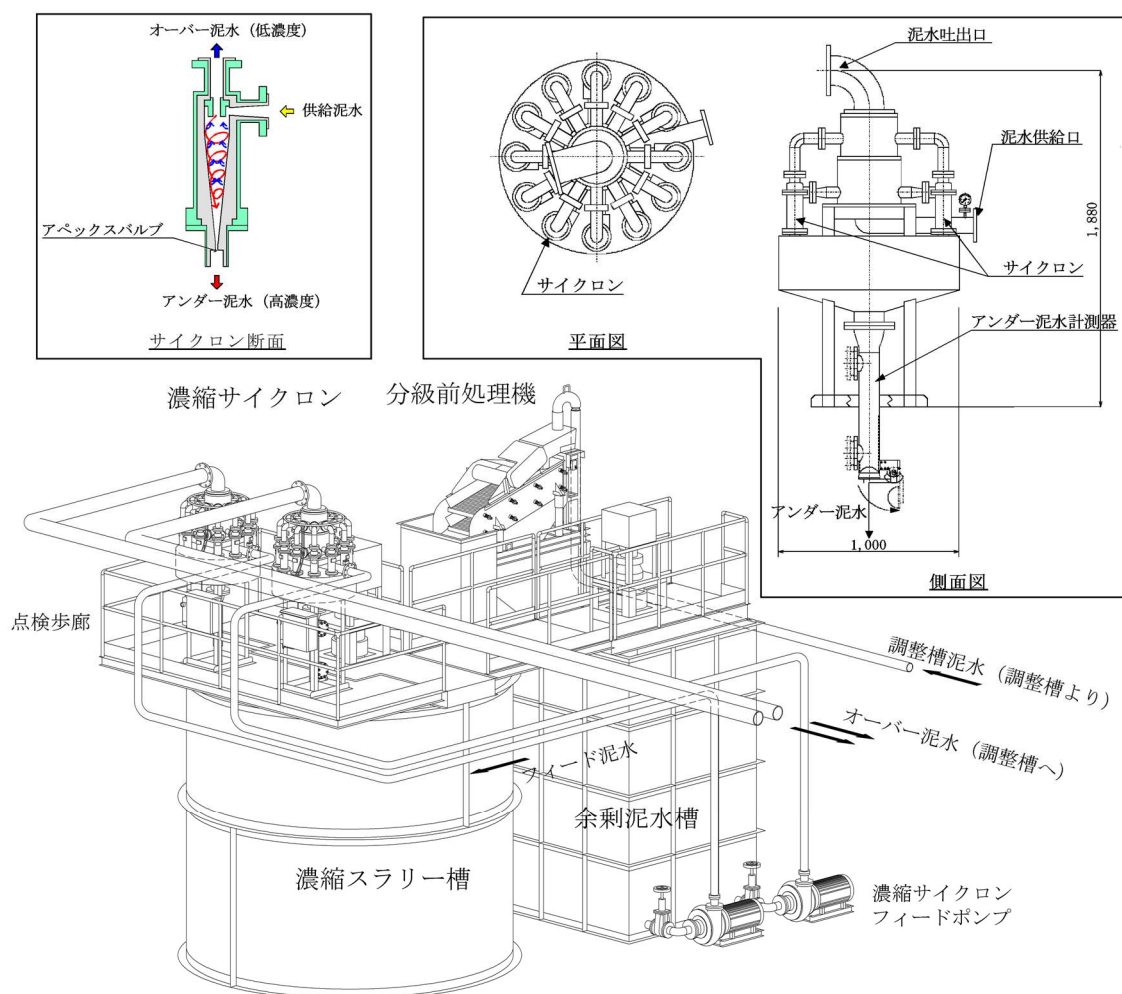


図 3-14 濃縮サイクロン (参考図)

§ 25 濃縮デカンタ

濃縮デカンタの設計に当たっては、物質収支計算により求められる所定の余剰泥水量に応じて選定する。

【解 説】

濃縮デカンタは、図 3-15 に示すように遠心力および外胴と内胴の回転差（以下、「差速」という。）によって泥水を分級する設備であり、遠心力および差速を調整することにより、分級性能、アンダー泥水量およびアンダー泥水比重を変化させることができる。

濃縮デカンタの供給泥水量は $30\text{m}^3/\text{hr}$ であり、物質収支計算により必要台数を設定する。なお、比重 1.5 のアンダー泥水量は供給泥水量の 30% ($9.0\text{m}^3/\text{hr}$) となる。

また、濃縮デカンタは連続処理が可能であり 1 リングの施工サイクル内での処理を原則とする。1 リングの施工サイクルは、1 リングの掘進時間に係数 1.5 を乗じた時間とする。

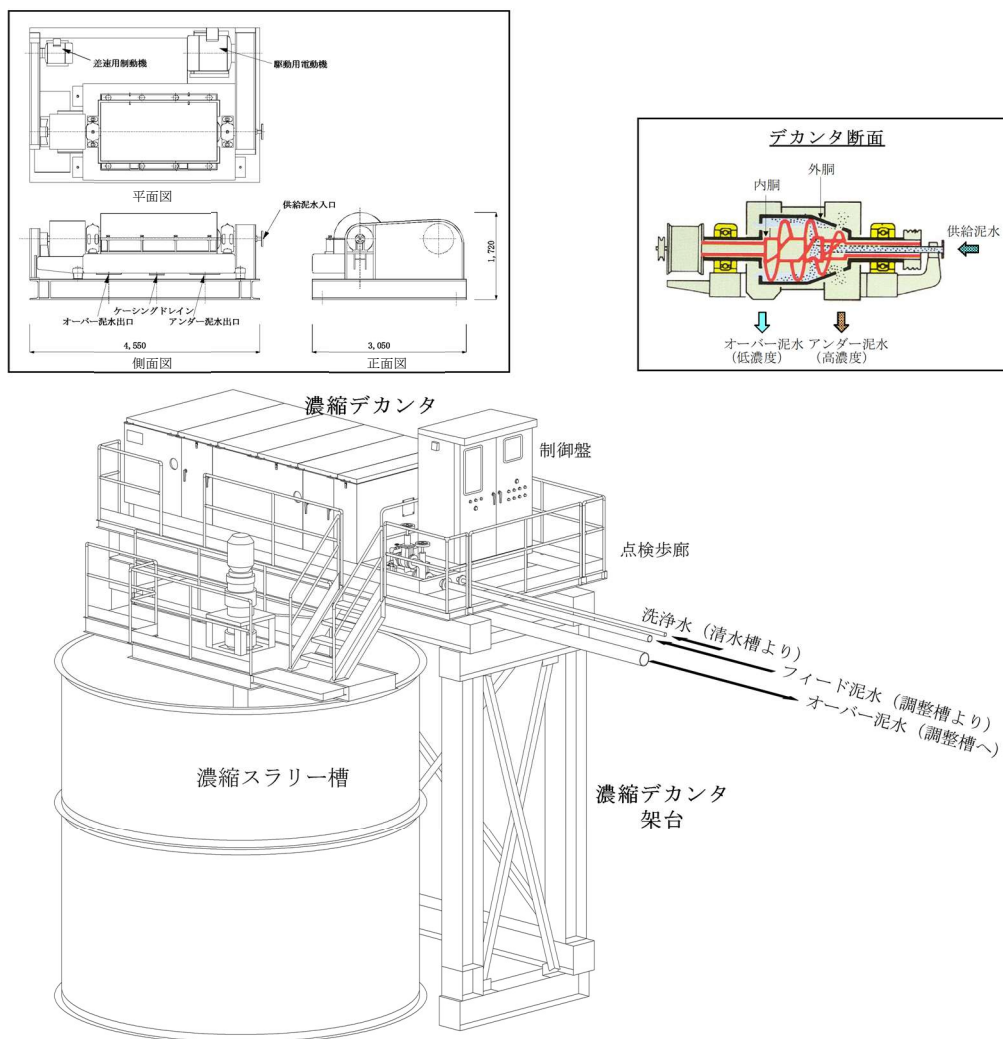


図 3-15 濃縮デカンタ (参考図)

§ 26 濃縮プレス

濃縮プレスの設計に当たっては、物質収支計算により求められる所定の余剰泥水量に応じて選定する。

【解 説】

濃縮プレスは、凝集剤等の薬剤を使用しないで泥水を短時間に固液分離する設備で、余剰泥水槽から泥水を打ちこみ、濃縮プレスにて泥水を高圧で加圧し負圧によりろ水を引抜き処理を行い、濃縮ケーキとろ水に分離する。

濃縮ケーキは、濃縮スラリー槽にて分級設備のアンダー泥水と混合し、ろ水はろ水槽に貯留し再利用する。

濃縮ケーキは、比重が高すぎるとアンダー泥水と溶解し難く、比重が低すぎるとろ布に付着してはく離しない。このため、外側の皮膜部の比重は 1.6 程度、内側の濃縮泥水部の比重は 1.35 程度、全体で 1.45 程度の比重となっている。

濃縮プレスは、余剰泥水中に含まれる土粒子の 2 割を処理するように計画する。

濃縮プレスの参考図を図 3-16 示す。

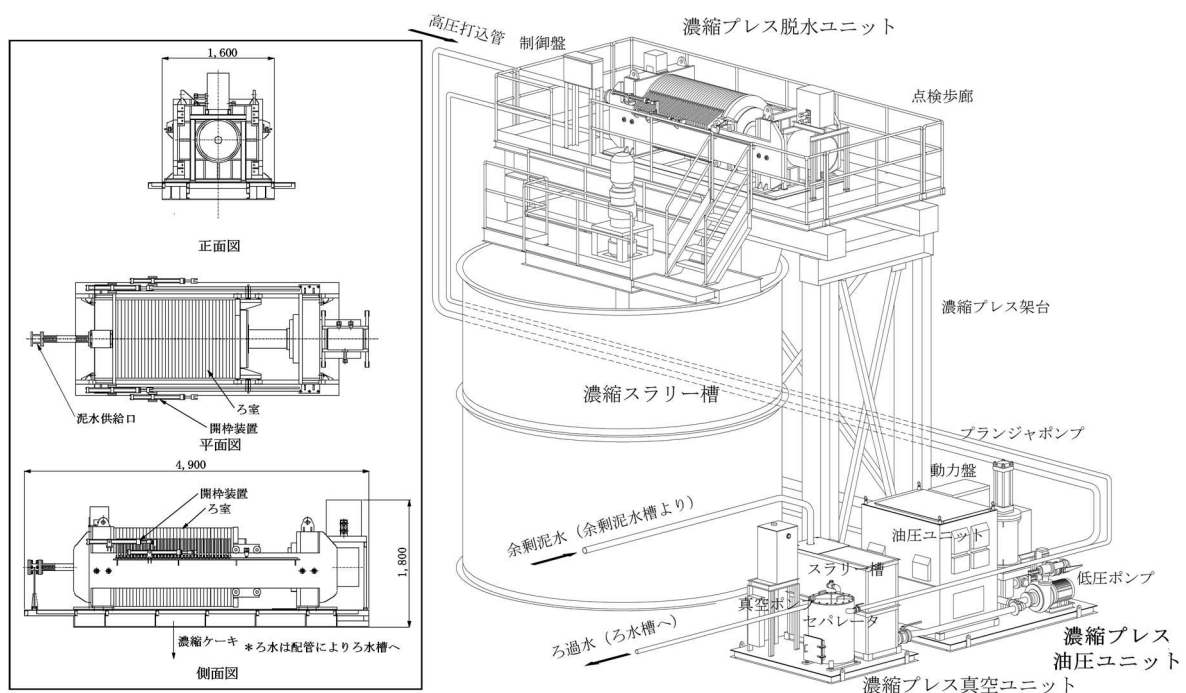


図 3-16 濃縮プレス (参考図)

第4章 坑外設備の設計

第1節 坑外設備の設計手順

§ 27 坑外設備の設計手順

坑外設備の各システムは、周辺環境条件や施工性および経済性を考慮して検討する。

【解 説】

坑外設備には、セグメントストックシステム、自在移動型ターンテーブル、スパン可変型天井クレーンがある。

坑外設備の設計は、図4-1に示す手順に従って行う。

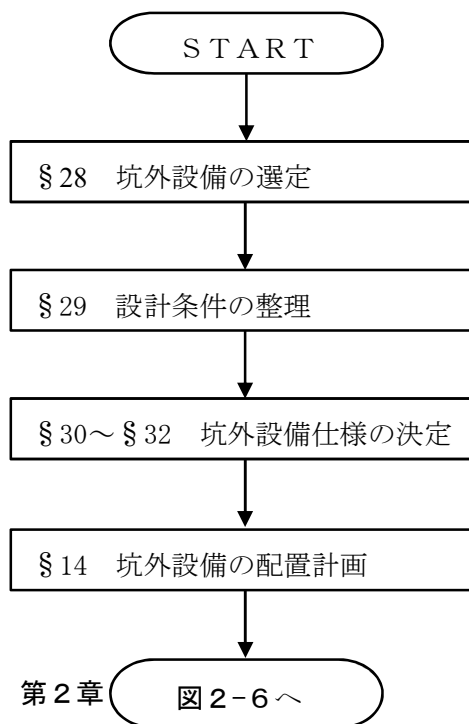


図4-1 坑外設備の設計手順

§ 28 坑外設備の選定

坑外設備は，周辺環境条件や施工性および経済性を考慮して選定する。

【解 説】

坑外設備は，周辺環境条件や施工性および経済性を考慮して選定する。

§ 29 設計条件の整理

坑外設備の設計条件は，地盤条件，施工条件に基づき整理する。

【解 説】

坑外設備の設計の中で，特に必要となる具体的な検討要素および設計条件を表 4-1 に示す。

表 4-1 各システムの検討対象および設計条件

システム名称	検討対象	設 計 条 件
セグメント ストックシステム	型 式	セグメントの種類・外径・重量
	設備容量	日進量
自在移動型 ターンテーブル	設備配置の適否	動 線
スパン可変型 天井クレーン	設備容量	資材重量
	設備配置	用地形状

第2節 坑外設備仕様の決定

§30 セグメントストックシステム

セグメントストックシステムには、下記に示すタイプがあり立坑用地の形状や経済性、施工条件を考慮して仕様を決定する。

- (1) 簡易型
- (2) ドーリー型

【解説】

セグメントのストックヤードは、従来型の発進立坑用地の中でも特に大きな面積を占めている。セグメントストックシステムは、このセグメントのストックヤードを立坑内および地上用地に立体的に配置し空間の有効活用を図るものである。

セグメントのストック量は、日進量の3倍程度とする。

(1) 簡易型

簡易型は地上設置を原則とするが、路下への配置も可能である。

簡易型は図4-2～図4-4に示すように上下2段構造で、セグメント台車と作業歩廊で構成される。シーリング材を張り付けたセグメントを1階に2層積み（Ⅲ、Ⅳ、C-I、C-II型では1層積み）、2階に1層配置する。2階部セグメント台車が水平方向に移動することで、1階部のセグメントを取り出すことができる。

仕様の決定に当たって、適用範囲および外形寸法はそれぞれ表4-2、表4-3を参考にする。

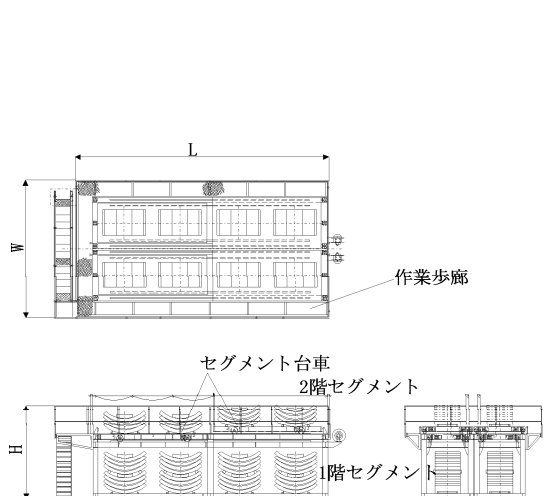


図4-2 簡易型（Ⅰ型，Ⅱ型）

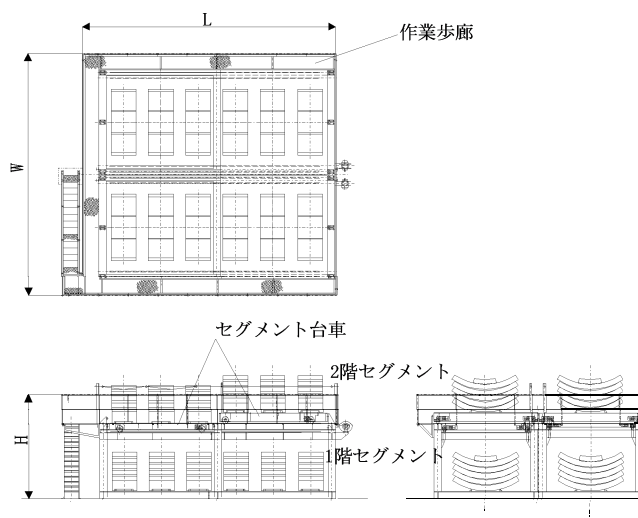


図4-3 簡易型（Ⅲ型，Ⅳ型）

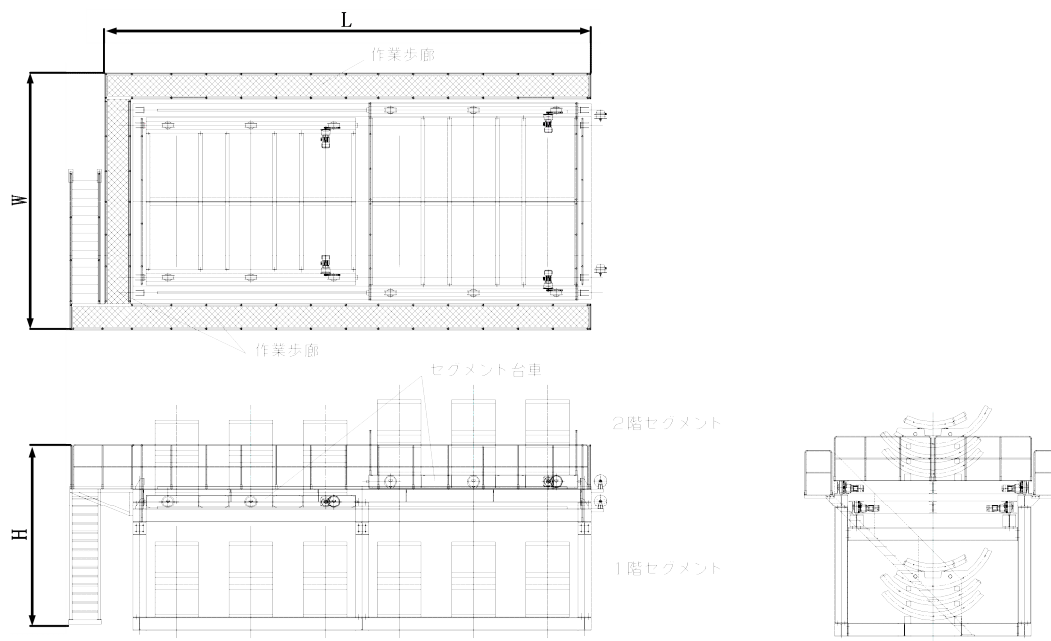


図4-4 簡易型（C-I型，C-II型）

表4-2 簡易型の適用範囲

型 式	スチールセグメント		RC セグメント	
	セグメント 外径(mm)	セグメント 重量(t)	セグメント 外径(mm)	セグメント 重量(t)
I 型	1,800～2,550	0.27～0.75	—	—
II 型	2,750～3,350	0.67～1.10	1,800～3,350	1.71～ 3.92
III 型	3,550～4,800	1.08～1.74	3,550～4,800	3.50～ 7.51
IV 型	5,100～6,000	1.95～2.57	5,100～6,000	7.04～13.97
C-I 型 ^{注1)}	—	—	2,100～2,300	2.53～2.90
C-II 型 ^{注1)}	—	—	2,700～2,950	3.59～4.53

表4-3 簡易型の外形寸法

型 式	W(mm)	L (mm)	H(mm)
I 型	5,400	10,000	3,700
II 型	5,700	12,300	4,600
III 型	9,800	10,300	4,200
IV 型	11,200	10,300	4,900
C-I 型 ^{注1)}	5,300	11,025	3,780
C-II 型 ^{注1)}	4,720	8,920	3,410

注1) コンパクトシールド工法用のセグメント形状に対応

(2) ドーリー型

ドーリー型のセグメントストックシステムの概要を図4-5に示す。

上下走行はピンラックレールを使用して昇降搬送装置を上下動し、水平走行は水平走行レールに沿って水平搬送装置（ドーリー）のみが動く。水平搬送装置は台車構造となっており、ストック棚は受台が設けられていて、ジャッキの上下によりセグメントの仮置き、積込みが行われる。

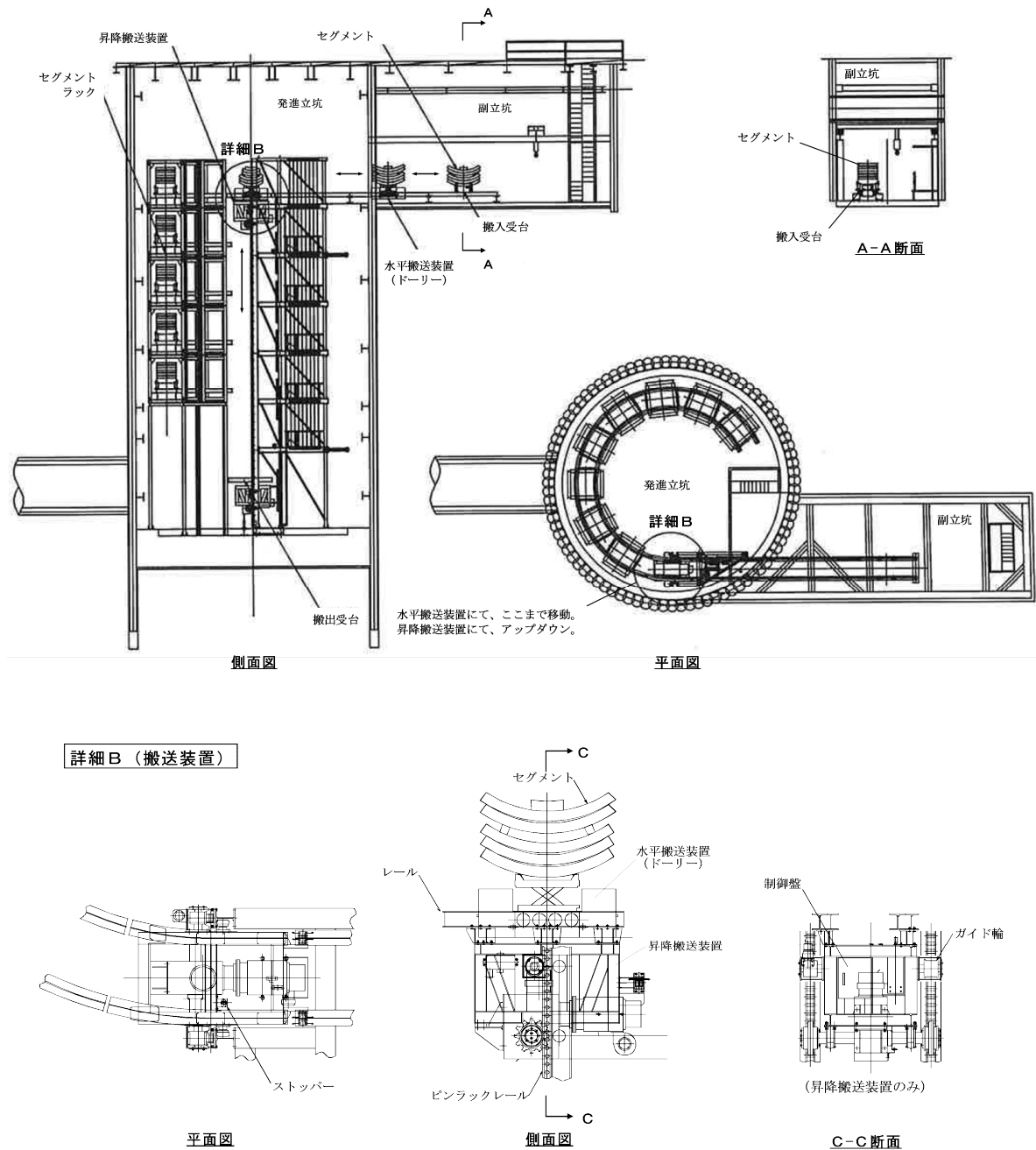


図4-5 ドーリー型（副立坑を設けた場合）の概要

ドーリー型は、円形立坑への設置を標準とする。矩形等の任意の形状にも対応でき、副立坑や地上設置等立坑から離れた場所にも連続的に配置可能である。

セグメントストックシステムの導入に際して、施工条件および表 4-4 を参考にして仕様を決定する。なお、架台および立坑への固定については、立坑構造等の施工条件を考慮して設計する。

表 4-4 ドーリー型の適用範囲

型 式	最 小 立坑径 (有効寸法φ) (m)	搬送装置 最大積載 荷 重 (t)	スチールセグメント		RC セグメント	
			セグメント 外 径 (mm)	セグメント 重 量 (t)	セグメント 外 径 (mm)	セグメント 重 量 (t)
I 型	9.0	1.2	1,800～3,350	0.27～1.10	—	—
I-A 型	9.0	4.0	—	—	1,800～3,350	1.71～ 3.92
II 型	14.0	8.5	3,550～6,000	1.08～2.57	3,550～4,800 5,100～6,000 注 1)	3.50～ 7.51 7.04～13.97 注 1)

注 1) RC セグメントにおいて外径 5,100mm 以上のものは、1 リングを 2 分割保管により対応する。

なお、本節記載のセグメントストックシステムにおいては、セグメント幅 1.0m を標準として設計している。高速施工対応用のセグメント（幅 1.2m, 1.5m）に関してはセグメント重量が大きいこともあることから、別途システムの構造形状を検討する必要がある。

§ 31 自在移動型ターンテーブル

自在移動型ターンテーブルは、工事車両の動線確保のため、立坑位置、用地形状、配置計画、周辺道路条件を考慮して検討する。

【解 説】

自在移動型ターンテーブルは、図4-6に示すように、大型車両を任意の方向に移動できるようにしたもので、ターンテーブルにトラバーサが組み合わされ、複数台の車両の移動を可能とする。

本設備は隣接する進入道路が狭く、基地内での転回ができない場合に使用する。

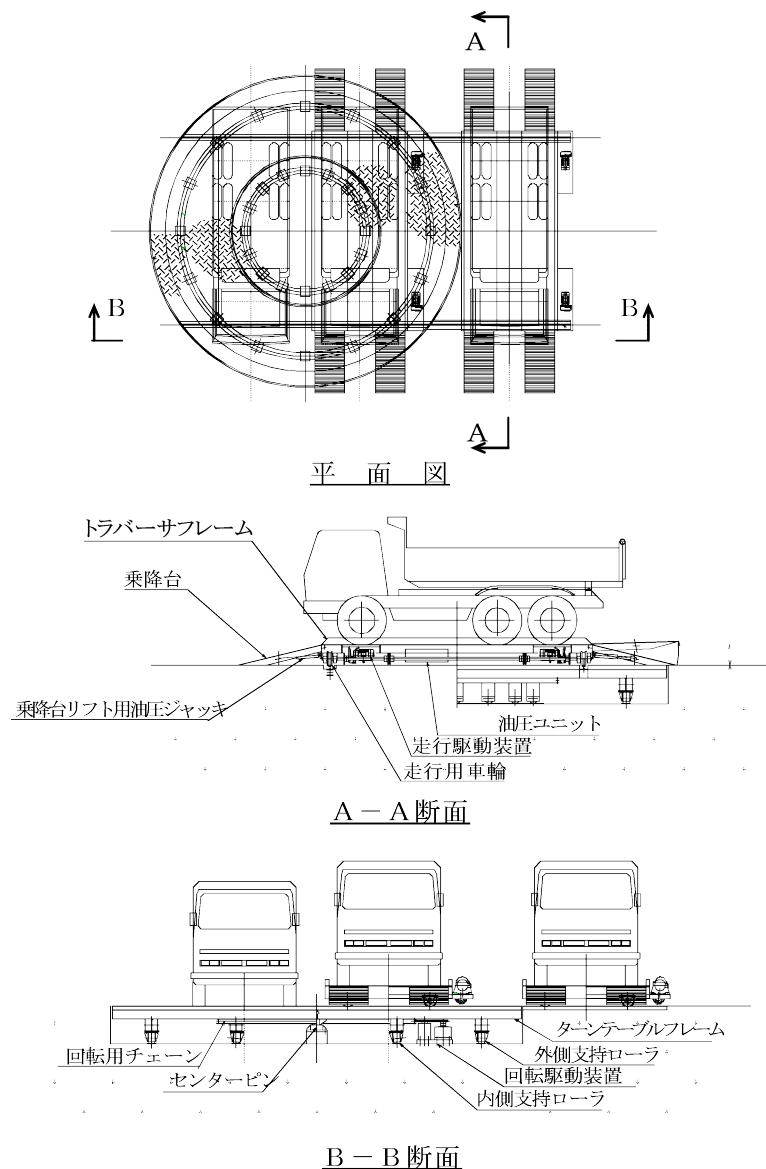


図4-6 自在移動型ターンテーブル

§ 32 自在搬送天井クレーン

自在搬送天井クレーンは、作業範囲を広げる目的で検討する。

【解 説】

自在搬送天井クレーンを図 4-7 に示す。

自在搬送天井クレーンは、固定ガーダに移動ガーダを取り付け、固定ガーダ端部より外側に向けて移動ガーダを伸縮自在とする天井クレーンであり、矩形以外の発進立坑用地に有効な技術である。

自在搬送天井クレーンの仕様を表 4-5 に示す。

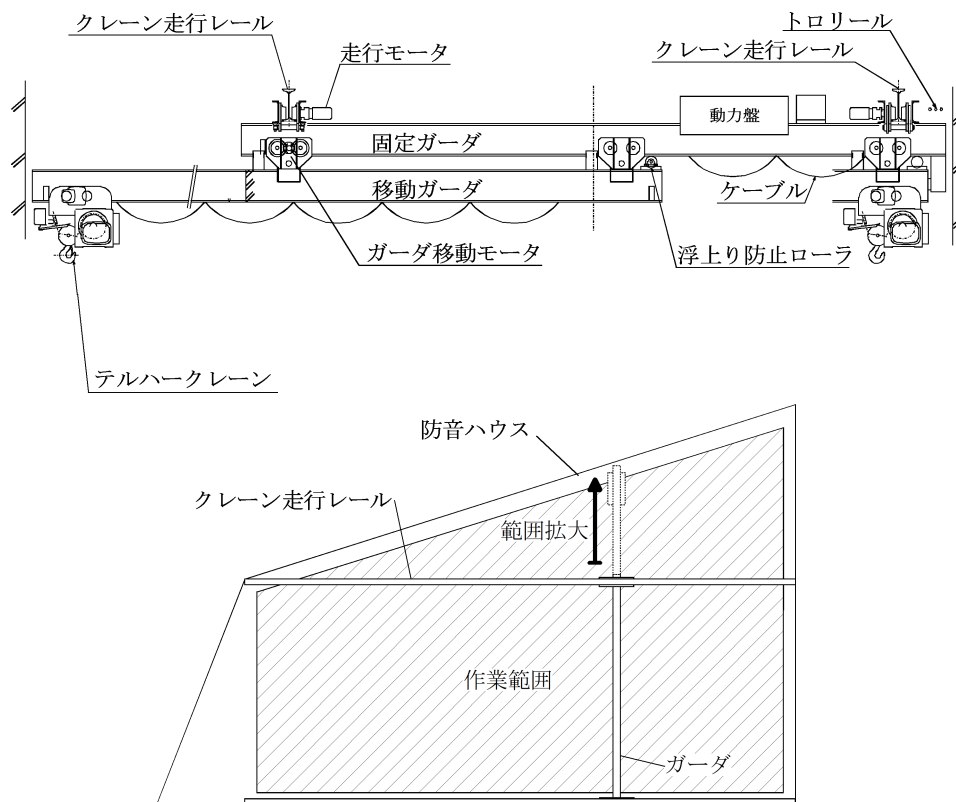


図 4-7 自在搬送天井クレーン

表 4-5 自在搬送天井クレーンの仕様 (参考)

		定格荷重 4.8t	
		速度 (m/min)	出力 (kW)
クレーン走行		20.7	1.5 × 2
移動ガーダ		14.4	0.4 × 2
テルハー クレーン	巻上	7	6.7
	横行	14	0.75 × 2

第3節 坑外設備の配置計画

§ 33 坑外設備の配置計画

以下に示す坑外設備の配置計画に当たっては、発進立坑用地の諸条件を考慮する。

- (1) セグメントストックシステム
- (2) 自在移動型ターンテーブル

【解説】

配置計画に当たっての留意事項を以下に示す。

(1) セグメントストックシステム

1) 簡易型

- ① 搬入車両の荷卸しスペースおよび動線を確保した上で、基本的に立坑開口部の近くに配置する。
- ② 資材置き場のスペースを確保することも考慮して、最も効率のよい位置に配置する。

2) ドーリー型

- ① 円形立坑での使用を標準とする。
- ② 切梁等のある立坑で使用する場合は、ラックの配置と切梁等の位置を考慮して配置する。
- ③ シールドの発進・到達、掘削残土の搬出、資機材の搬出入に支障とならない配置計画とする。
- ④ ドーリーの機能を阻害することのないように施工条件を十分に考慮する必要がある。

(2) 自在移動型ターンテーブル

車両の動線が最も有効となるように配置する。

第5章 施工設備の管理

第1節 施工設備の管理

§ 34 施工設備の管理の目的

省面積システムの能力を確保するため、施工設備の管理を行う。

【解 説】

特に、管理が必要となる設備およびシステムを以下に示す。

〔泥水設備〕

§ 35 固形回収システム

§ 36 リアルタイム切羽安定管理システム

§ 37 泥水濃縮システム

〔坑外設備〕

§ 38 セグメントストックシステム

第2節 泥水設備の管理

§ 35 固形回収システムの管理

固形回収システムにおいて、計画の固形回収量が確保できるように、以下に示す泥水設備の管理に留意する。

- (1) 固形回収型シールド
- (2) 一次前処理機

【解 説】

(1) 固形回収型シールド

先行溝掘りビットは常にティースビットよりも先行している必要があるが、先行溝掘りビットを先行させ過ぎるとカッタートルクが上昇してしまい掘削が困難となる場合があるので留意する。

切込厚さを大きくするには、ジャッキ速度を上げる、またはカッター回転数を下げる必要があるが、カッタートルクの上昇を招く恐れがあるので、装備能力の確認が必要となる。さらに、切羽へ与える影響等についても留意しなければならない。また、固形回収した掘削土による排泥管の閉塞を防止するため、固形回収測定システムにより固形物の大きさおよび単列輸送状態等の監視を行う。

(2) 一次前処理機

N値が比較的低い場合、一次前処理機の回転ドラムに固形回収した掘削土が付着し目詰まりが生じて、泥水が分離しない場合がある。このような場合、固形回収土が滞留し泥状化する恐れもあるので、回転ドラムのメッシュ寸法の選定やシャワーによる洗浄等を検討する。

§ 36 リアルタイム切羽安定管理システムの管理

リアルタイム切羽安定管理システムの管理は、切羽の安定を保持するため、適切な調泥材の選択と添加量の管理により行う。

【解 説】

掘進作業中は、切羽の状態を確認するとともに粘度計により送泥水の粘性の計測を行い、適切な調泥材を添加する。リアルタイム切羽安定管理システムの概要を図5-1に示す。

切羽の状態は、切羽水圧、偏差流量、掘削乾砂量およびカッタートルク等により確認する。送泥水比重（1.1～1.2）により適切な送泥流量を設定する。

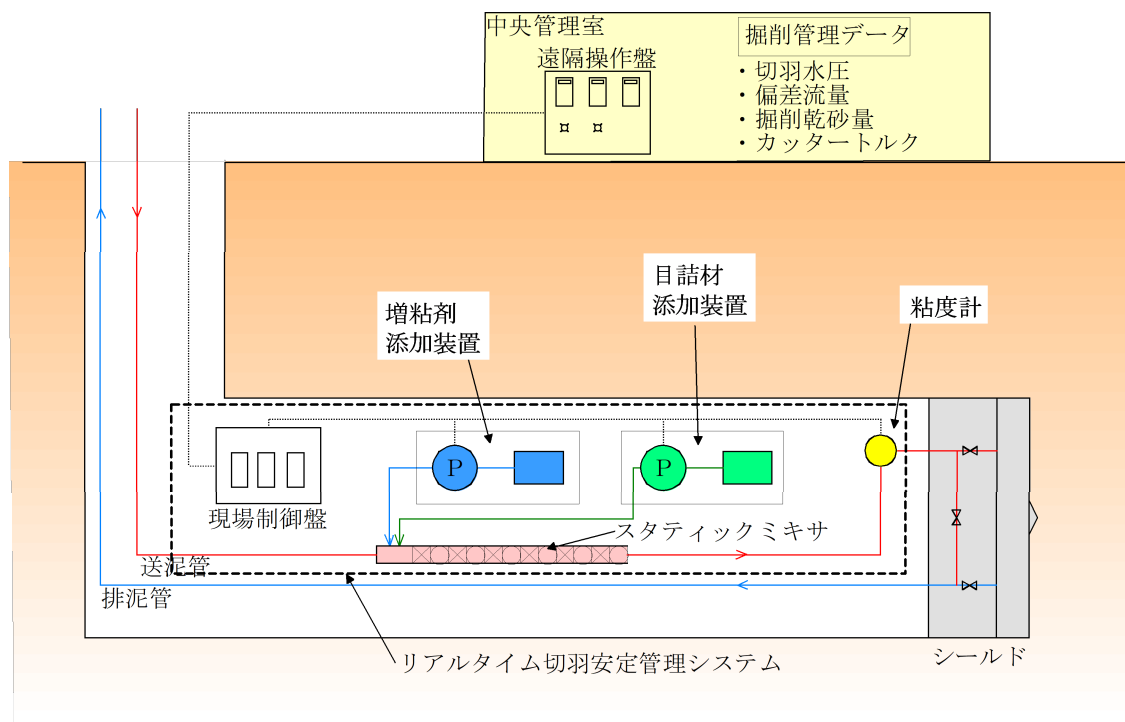


図5-1 リアルタイム切羽安定管理システムの概要

§ 37 泥水濃縮システムの管理

以下に示す泥水処理設備においては、工事に影響を与えないように日常点検とメンテナンスを行い機能の維持を図る。

- (1) 濃縮サイクロン，濃縮デカンタ
- (2) 濃縮プレス

【解 説】

泥水処理設備の機能低下は、掘削工程を遅らせるだけでなく発生土量を増加させることになり経済性も低下させる。このため、日常点検やメンテナンスにより機能の維持を図ることが必要である。泥水濃縮システムの留意すべき点検事項等について、以下に示す。

(1) 濃縮サイクロン，濃縮デカンタ

濃縮サイクロンは、50mm 径のサイクロンを 12 本セットした集合型サイクロンで、アペックスバルブの径を 4～6 mm の間で 5 段階（4.0/4.5/5.0/5.5/6.0）に調整することができる。これにより、供給泥水性状の変化に伴うアンダー泥水量およびアンダー泥水比重を変化させる。

初期掘進完了後の段取り替え、休日等の間に機器内部に付着した泥水が乾燥し、閉塞が生じることがあるので長期間使用しないときは洗浄を行う。また、図 5-2 に示す濃縮サイクロンのアペックスバルブ付近や濃縮デカンタのオーバー泥水排出せき部付近は、特に閉塞しやすいので留意する。

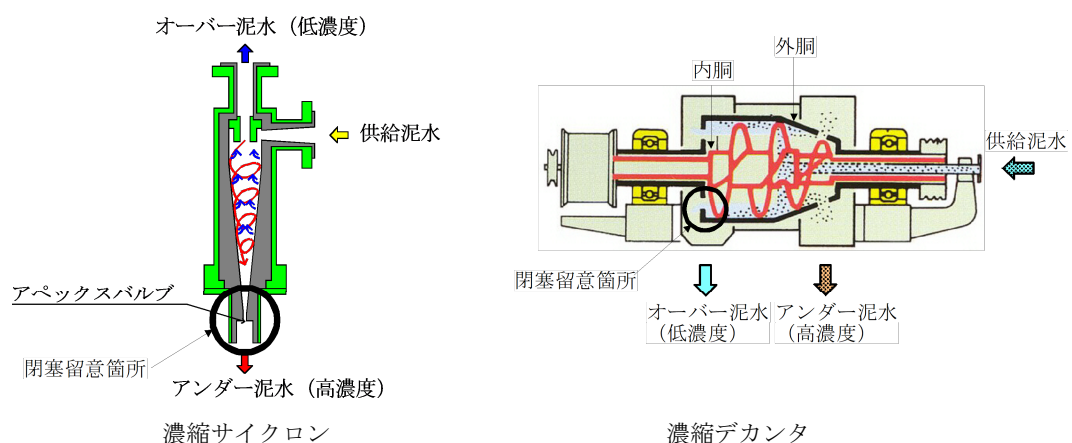


図 5-2 閉塞留意箇所

（２）濃縮プレス

濃縮プレスは、ろ布の劣化により処理能力が低下する。劣化によりろ布が破れると、ろ水を負圧により引抜くため、ろ板や集水管が土粒子により閉塞する。そのため、ろ布の点検は頻繁に行うように、必要なときは交換できるように計画する。

また、濃縮プレスを設置しない場合、工事から発生する洗浄水等の泥水を処理する目的で設置する排水処理設備には、固液分離（小型フィルタープレス）の機能を持たせることが望ましい。

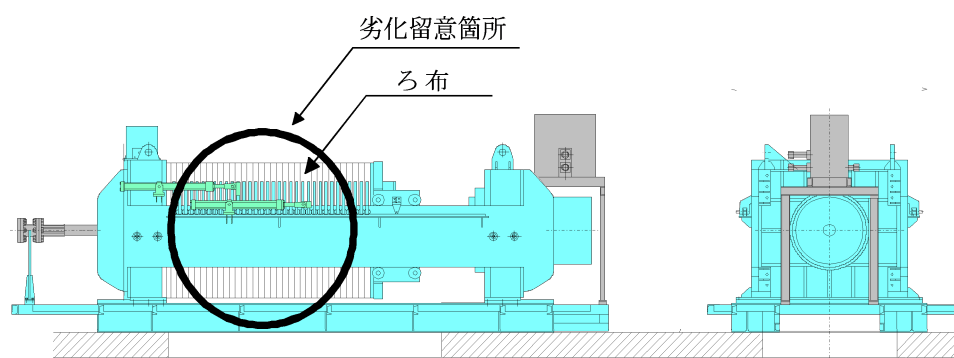


図 5-3 濃縮プレスの劣化留意箇所

第3節 坑外設備の管理

§ 38 セグメントストックシステムの管理

セグメントストックシステムは、シールドの掘進の進捗に応じて、適切なセグメントの在庫管理を行う。

【解 説】

セグメントの在庫管理は、シールドの施工を行う上で重要な管理項目である。

セグメントストックシステムでは、そのストック容量を日進量の3倍程度としているが、日々の工事進捗と工程に応じて、適切なセグメントの種類、数量と保管位置を計画し、在庫管理を行う。また、シールド材の養生方法についても検討する。

省面積立坑システム工法技術資料

平成16年 3月 発行第1版

平成20年12月 発行第2版

令和 2年 8月 発行第3版

シールド工法技術協会

URL：<http://www.shield-method.gr.jp>