

# シールド発進立坑用地の 省面積システム 改訂に関する研究

## 1. 研究の背景と目的

近年、市街地でのシールド工事では、発進立坑用地の確保が困難になってきている。また、用地が確保できた場合でも面積が小さく、形状がさまざまであるなどの理由で、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。

このような状況に対処すべく、1993年よりシールド発進立坑の省面積化に関する共同研究に着手し、省面積システムを確立した。本システムは、設備の効率化や空間の有効利用を図ることにより、従来必要とされた発進立坑用地の面積を1/3～1/2に省面積可能とする技術である。

これまでの共同研究の成果として、2001年3月に「シールド発進立坑用地の省面積システム設計マニュアル〔泥水式シールド編〕、〔土圧式シールド編〕」を発刊した。以来、本システムは普及促進され、平成15年5月現在で25事例の施工実績が得られている。しかし、実績を重ねていく中で、建設汚泥の発生抑制・再資源化、適応範囲の拡大、施工性の向上、経済性の向上等のニーズが高まり、新たな効率的技術が採用される傾向がでてきた。

本研究では、本システムに対する要望が特に大きい固形回収設備の効率化と建設汚泥のリサイクル、余剰泥水の大容量処理への対応、セグメントストックシステムおよび土砂貯留搬送システムの適用範囲の拡大についての検討を行うとともに、これらのシステムの安全

性、施工性を損なうことなく、コスト縮減および環境対策について検証を行うこととしている。研究成果として、マニュアルの改訂を行うことを目的としている。

## 2. 研究体制

本研究は、省面積立坑システム研究会（鹿島建設、大成建設、戸田建設、西松建設の代表4社でワーキンググループを編成）との共同研究により実施した。

## 3. 研究対象

泥水式シールドにおける省面積システムは、泥水設備と坑外設備から構成される（図-1、図-2参照）。今回の研究対象システムを□に示す。

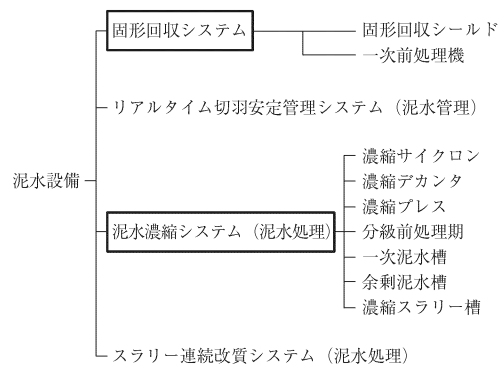


図-1 泥水設備の構成

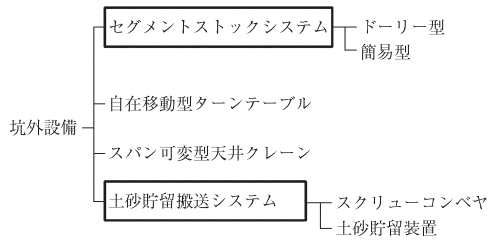


図-2 坑外設備の構成

## 4. 研究結果

4つの追加システムについて、実証施工等のデータをもとに施工性・経済性の検証を行った。

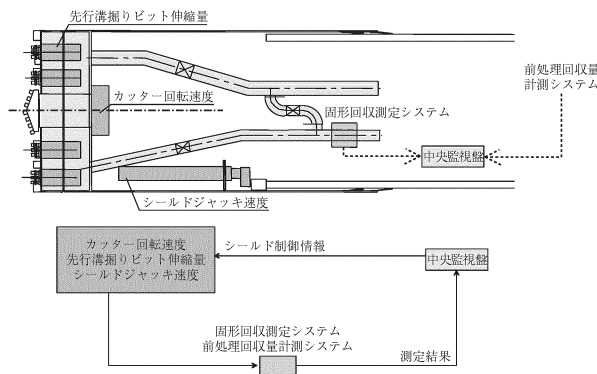


図-3 固形回収型シールドの概要

### 4.1 固形回収システム

工事実績をもとに固形回収システム（図-3，図-4）の効果を固形回収率の比較から検証した。

図-5は、固形回収システムにより固形物を監視しながら切込厚を変更することで、シールド機を制御した場合の固形回収率の結果である。固形回収率の平均値は、固形回収システムなしの11.1%に対し、固形回収システム採用後は15.5%となり、約4割増加し、有効性が確認された。

また、固形回収システムにより固形回収率が4割増加すると仮定した場合、表-1の条件のもとで経済性を試算した。表-2に示す結果から、固形回収

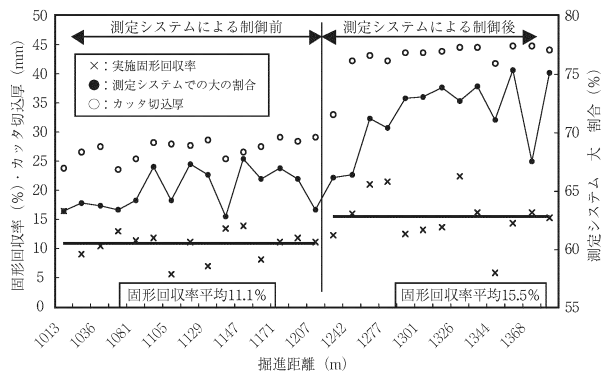


図-5 固形回収システムの効果

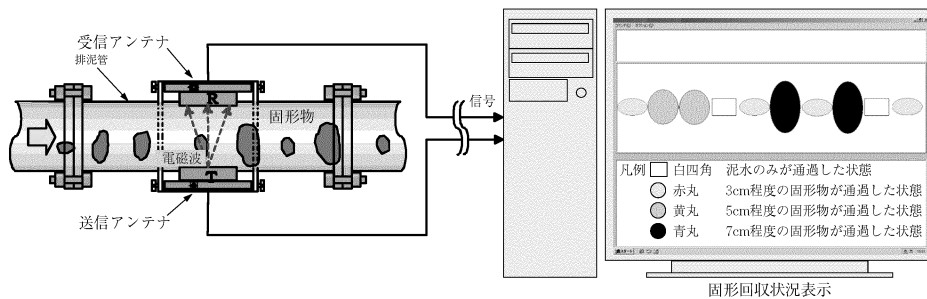


図-4 固形回収システムの概要

表-1 固形回収システムの経済性試算条件

項目	内容	備考
工事条件	掘進外径φ6,150mm，掘進延長1,000m	
土質条件	粘性度（シルト粘土分95%，砂5%，N値15，自然含水比50%）	
発生土量	推定システム有り：一次処理土=15,267m <sup>3</sup> ，二次処理土=20,321m <sup>3</sup> 推定システム無し：一次処理土=11,291m <sup>3</sup> ，二次処理土=25,877m <sup>3</sup>	物質収支計算により算出

表-2 固形回収システムの経済性比較

測定システム	項目	発生土処分費			測定システム損料	計	比率
		一次処理土	二次処理土	小計			
有		¥97,580,800	¥174,760,600	¥272,341,400	¥1,613,000	¥273,954,400	93%
無		¥72,262,400	¥222,542,200	¥294,804,600	¥0	¥294,804,600	100%

※発生土処分費（運賃含む）：一次処理土=6,400（円/m<sup>3</sup>），二次処理土=8,600（円/m<sup>3</sup>）とした

システムの採用により7%のコスト低減が可能となることが確認された。

4.2 泥水濃縮システム

泥水濃縮システムは、建設汚泥のリサイクルへの対応としてベルトプレスから凝集剤等を添加しない濃縮プレスへの変更と、大容量処理への対応として濃縮サイクロンから大容量処理に適した濃縮デカンタへの変更について、実証施工等のデータをもとに施工性・経済性の検証を行った。

(1) 濃縮プレス（建設汚泥のリサイクル）

濃縮プレスの有効性について、施工実績からモデルを作成して検証した。

濃縮プレスの仕様は、図-6に示す施工実績の平均値より以下のとおりとした。

- ・ ケーキ比重：1.45（平均値=1.45）

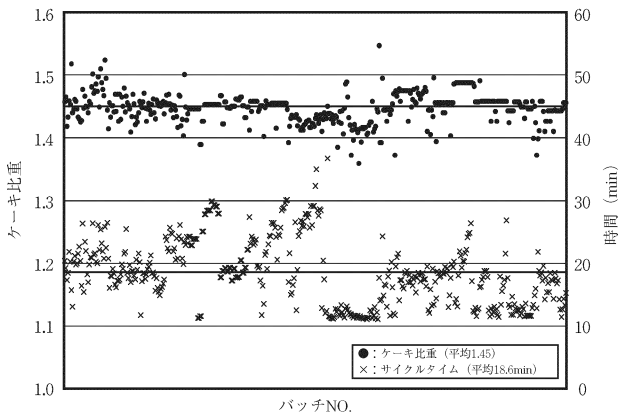


図-6 濃縮プレスの施工実績

- ・ サイクルタイム：20分/回（平均値=18.6分/回）

表-3の条件でベルトプレスと濃縮プレスの設置必要面積を比較すると、図-7に示すとおり、濃縮プレスの方が約20%の縮小可能となることが確認された。

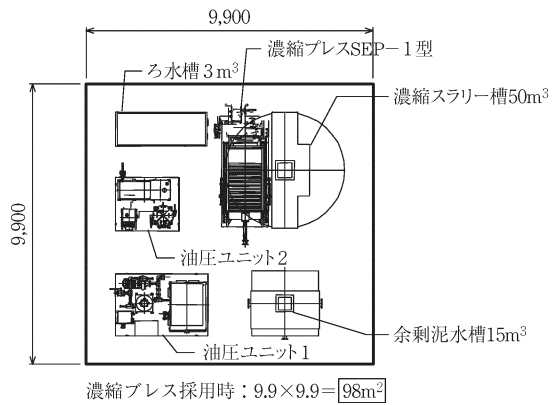
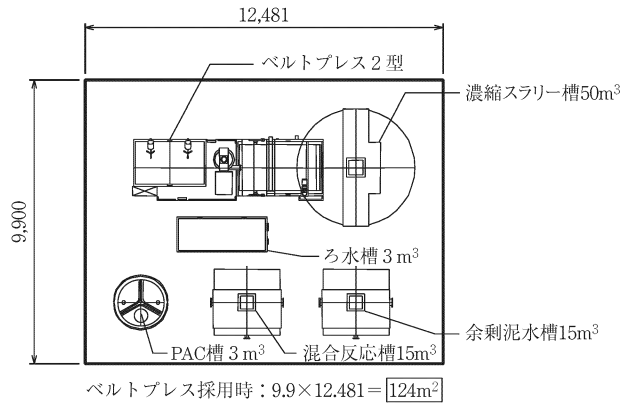


図-7 設置必要面積の比較

表-3 濃縮プレスの試算条件

	モデルケースの条件	備考
工事条件	掘進外径φ3,070mm, 掘進延長1,000m, 日進量8.8m/日	
土質条件	粘性土（シルト粘土分90%, 砂10%, 自然含水比50%）	
処理能力	ベルトプレス：2.36m <sup>3</sup> /h・台	
ケーキ量	濃縮プレス：2.1m <sup>3</sup> /h・台（0.7（m <sup>3</sup> /回・台）×60（min）÷20（min/回））	
稼働時間	16（h/日）	
1m当たり発生土量	ベルトプレス=2.375m <sup>3</sup> /m（ρ=1.4） 濃縮プレス=2,094m <sup>3</sup> /m（ρ=1.45）	物質収支計算により算出
発生土量	ベルトプレス=2.375m <sup>3</sup> （ρ=1.4） 濃縮プレス=2,094m <sup>3</sup> （ρ=1.45）	1m当たりの発生土量（m <sup>3</sup> /m）×掘進延長（m）
一日当たり発生土量	ベルトプレス=20.9m <sup>3</sup> 濃縮プレス=18.42m <sup>3</sup>	1m当たりの発生土量（m <sup>3</sup> /m）×日進量（m/日）
台数の選定	ベルトプレス=20.9÷（2.36×16）=0.55≒1台 濃縮プレス=18.42÷（2.1×16）=0.55≒1台	1m当たりの発生土量（m <sup>3</sup> /日）÷（処理能力（m <sup>3</sup> /h・台）×稼働時間（h/日））

また、経済性の試算結果を表-4に示す。設備損料はほぼ同等であるが、ケーキ比重が濃縮プレス ( $\rho=1.45$ )の方がベルトプレス ( $\rho=1.40$ )より高いため、濃縮プレスは処分量が減少することにより発生土処分費が低減する。薬剤費の効果があるため、全体では11.2%経済的となることが確認された。さらに、発生土を流動化処理土に再利用した場合(表中の括弧書き)は、処分費が削減されるため、全体では28%経済的となることが確認された。

表-4 ベルトプレスと濃縮プレスの経済性比較

	ベルトプレス	濃縮プレス
設備損料	¥10,115,134	¥10,673,325
発生土処分費	¥14,250,000	¥12,564,000 (¥8,376,000)
薬剤費	¥1,991,365	-
合計	¥26,356,499	¥23,237,325 (¥19,049,325)
備考	100.0%	88.2% (72.2%)

(2) 濃縮デカンタ (大容量処理)

濃縮デカンタの有効性について、実験データからモデルを作成して検証した。

濃縮デカンタの仕様は、図-8、図-9に示す2種類の泥水について4段階に遠心力を変更した実験結果より以下のとおりとした。

- ・アンダー泥水比重：1.50 (平均値=1.53)
- ・流量比：30% (平均値=34%)
- ・アンダー泥水流量：30m<sup>3</sup>/h×30% = 9m<sup>3</sup>/h

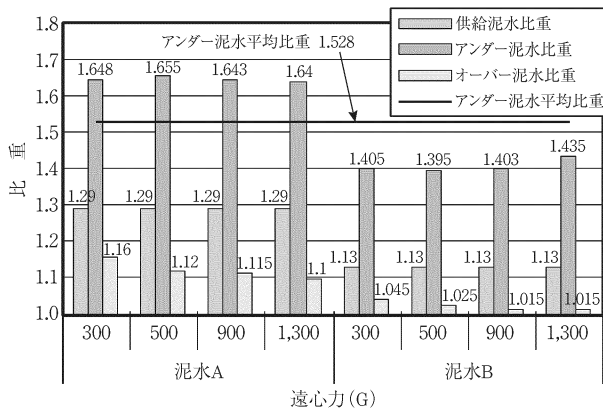


図-8 アンダー泥水比重実験結果

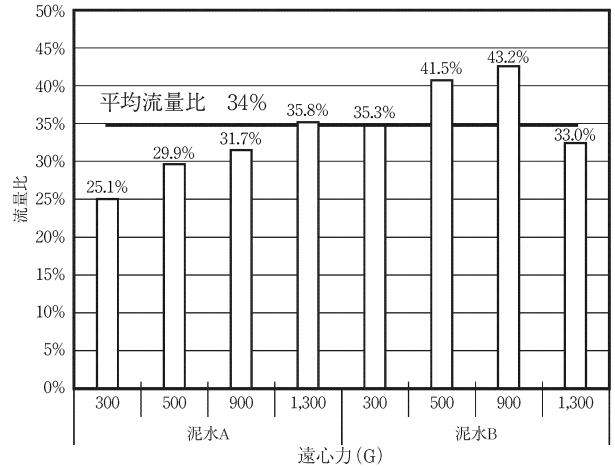


図-9 流量比実験結果

表-5 濃縮デカンタの試算条件

モデルケースの条件	
工事条件	掘進外径：φ6,000mm 掘進距離：1,000m
土質条件	粘性土 シルト粘土分：90% 砂：10% 自然含水比：50%
処理能力	濃縮サイクロン (アンダー泥水) 比重：1.5, 流量：2.1m <sup>3</sup> /h・台 濃縮デカンタ (アンダー泥水) 比重：1.5, 流量：9.0m <sup>3</sup> /h・台

表-5の条件で濃縮サイクロン、濃縮デカンタの設備台数を算定した。

・設備台数の算定

$$\begin{aligned} \text{設備台数} &= 1 \text{ m 当たりの発生土量 (m}^3\text{)} \\ &\div (\text{アンダー泥水流量 (m}^3\text{/h)} \\ &\quad \times \text{掘削時間 (h)} \times \text{係数 (1.5)}) \\ \text{掘削時間} &= 1 \text{ (m)} \div \text{掘進速度 (0.03m/min)} \\ &\quad \div 60 \text{ (min/h)} \\ &= 0.56 \text{ (h)} \end{aligned}$$

$$\text{濃縮サイクロン} = 28.89 \div (2.1 \times 0.56 \times 1.5) = 16.4 \approx 17 \text{ 台}$$

$$\text{濃縮デカンタ} = 28.89 \div (9.0 \times 0.56 \times 1.5) = 3.8 \approx 4 \text{ 台}$$

・前処理機の設備台数の算定

$$\begin{aligned} \text{設備台数} &= \text{供給泥水流量 (m}^3\text{/h)} \\ &\quad \times \text{設備台数 (台)} \\ &\quad \div \text{前処理機処理量 (m}^3\text{/h)} \end{aligned}$$

供給泥水流量：

$$\begin{aligned} \text{濃縮サイクロン} &= 42 \text{ (m}^3\text{/h)} \\ \text{濃縮デカンタ} &= 30 \text{ (m}^3\text{/h)} \end{aligned}$$

前処理機処理量：90 (m³/h)

$$\begin{aligned} \text{濃縮サイクロン採用時} &= 42 \times 17 \div 90 \\ &= 7.9 \div 8 \text{ 台} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{濃縮デカンタ採用時} &= 30 \times 4 \div 90 \\ &= 1.3 \div 2 \text{ 台} \end{aligned}$$

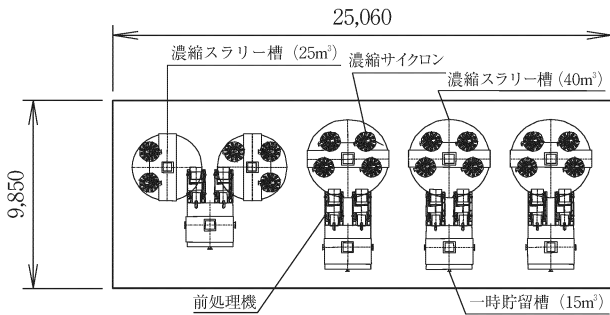
同様に一時泥水槽，濃縮スラリー槽について算定した結果を表-6に示す。

表-6 濃縮サイクロンと濃縮デカンタの設備台数

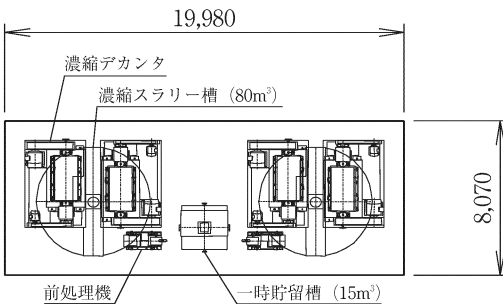
	濃縮サイクロン	濃縮デカンタ
本体	17台	4台
前処理機	8台	2台
一時泥水槽	15m³×1基	15m³×4基
濃縮スラリー槽	25m³×2基 40m³×3基	80m³×2基

表-6の条件で濃縮サイクロンと濃縮デカンタの設置必要面積を比較すると、図-10に示すとおり、濃縮プレスの方が約35%の縮小可能となることが確認された。

また、濃縮デカンタの方が処理フローがシンプルとなり施工性，安全性の面から優位であるといえる。



濃縮サイクロン採用時：9.85×25.06=247m²



濃縮デカンタ採用時：8.07×19.98=161m²

図-10 設置必要面積の比較

経済性の試算結果を表-7に示す。本体設備の損料は濃縮デカンタが高くなるが、付帯設備は濃縮サイクロンが高くなるため、全体では4.5%経済的となることが確認された。

表-7 濃縮サイクロンと濃縮デカンタの経済性比較

(単位：千円)

	濃縮サイクロン	濃縮デカンタ
本体	2,204×17=37,468	10,731×4=42,924
前処理機	512×8=4,096	512×2=1,024
泥水槽	9,626	4,936
合計	51,190	48,884
備考	100.0%	95.5%

### 4.3 セグメントストックシステム

φ2,550mm以上のスチールセグメントおよびRCセグメントに対応する規格を追加した。簡易型の概要を図-11に、適用範囲を表-8に示す。

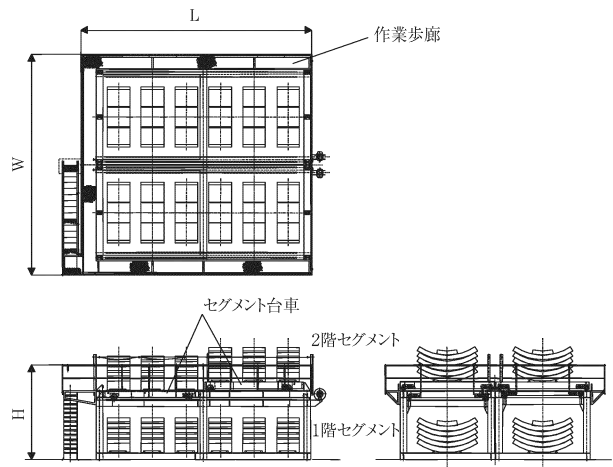


図-11 簡易型の概要 (Ⅲ, Ⅳ型)

表-8 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	0.271 ~0.753	-	-
II型	2,750 ~3,350	0.668 ~1.097	1,800 ~3,350	1.71 ~3.92
III型	3,550 ~4,800	1.080 ~1.742	3,550 ~4,800	3.50 ~7.51
IV型	5,100 ~6,000	1.952 ~2.571	5,100 ~6,000	7.04 ~13.97

#### 4.4 土砂貯留搬送システム

駆動連結軸を設け、複数の駆動力伝達部からスクリュウに動力を与えることにより、スクリュウの駆動力を向上した。図-12に概要を示す。

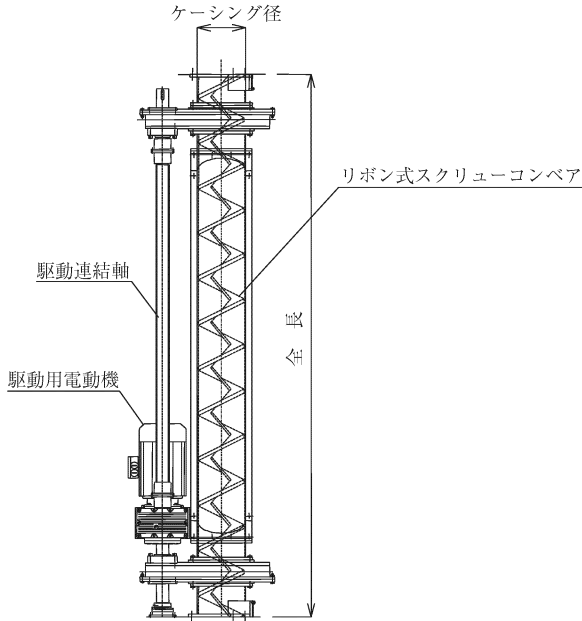


図-12 土砂貯留搬送システム（垂直コンベヤ）

### 5. 技術マニュアルの構成

研究結果を基に技術マニュアルを改訂した。前回マニュアルは泥水式シールド、土圧式シールドを分冊としていたが、今回の改訂により合冊とした。改訂技術マニュアルは、省面積システムについての技術的事項をとりまとめた本編と実験結果、計算例、積算資料、設備図面等をまとめた資料編から構成されている。図-13にマニュアルの構成を示す。

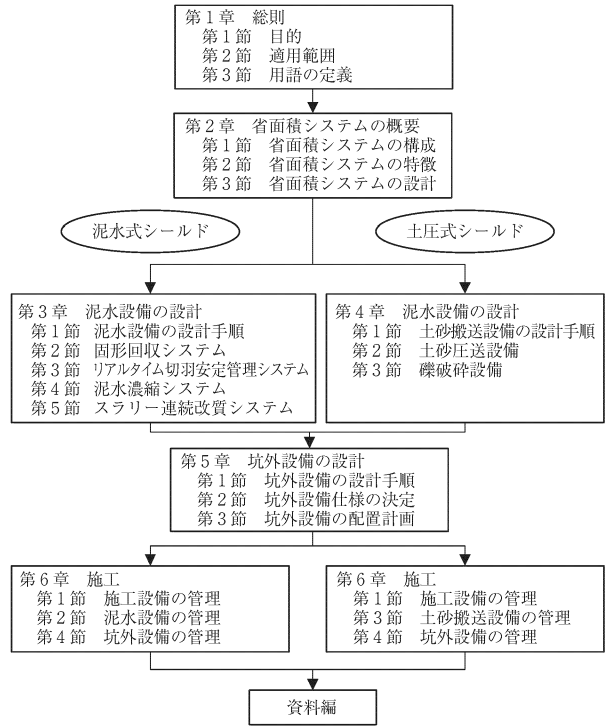


図-13 マニュアルの構成

## 6. おわりに

本研究は、泥水式シールドにおける固形回収システムと泥水濃縮システム、土圧式シールドとの共通設備であるセグメントストックシステムと土砂貯留搬送システムについて改良を図ったものであり、一層の省面積化と経済性の向上が得られることを確認した。また、泥水濃縮システムについては、凝集剤を用いない濃縮プレスを採用することにより、発生土を流動化処理土として再利用可能とした。省面積システムは、平成15年5月現在で25事例の施工実績が得られているが、今回の研究を契機に本技術の採用事例がさらに増えることを期待している。

#### ●この研究を行ったのは

研究第二部長  
研究第二部総括主任研究員  
研究第二部主任研究員  
研究第二部研究員  
研究第二部研究員

高橋 隆一  
桐原 隆  
土屋 玄  
鎌田 浩三  
渡邊 健治

#### ●この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長  
研究第二部総括主任研究員  
研究第二部主任研究員  
研究第二部研究員  
研究第二部研究員

高橋 隆一  
桐原 隆  
土屋 玄  
鎌田 浩三  
渡邊 健治