

泥水シールド工法における泥水処理システムの考え方と実施例

桑 原 資 孝*

要 約

泥水シールド工法の施工件数は、年々増加の傾向にあり、滞水砂層、砂礫層に適応性のある工法の1つとして数多くの施工実績を見るに至った。この工法を採用するに当って掘削泥水の土砂分離は、不可欠な要素であり、現在までに実施された処理設備を基本として処理システムに関する考え方と実施例を紹介する。

目 次

- § 1. まえがき
- § 2. 泥水処理システムに関する要因と考え方
- § 3. 泥水処理システムの基本的フロー
- § 4. 実施例
- § 5. あとがき

§ 1. まえがき

昭和42年に泥水シールド工法を採用して以来、この工法は滞水砂層、砂礫層のシールド掘進に対して適応性のある工法として、その優位性が認められ、当社は数多くの経験を重ねてきた。

泥水シールド工法における掘削土の処理は、一般の産業廃水等と異なり、1) 多量の土砂を含む高濃度スラリーである 2) 地質の変化により著しい性状の変化を伴うなどの特色をもち、一般産業の廃水処理と異った処理技術を必要とする分野である。

初期の処理システムは、泥水シールドの開発目的が滞水砂層であったため比較的沈降性、分離性のよい地山が多く、沈澱池による自然沈降分離方式が主体であった。その後、1) 泥水シールド工法の発展にともない対象地質も多種多様な範囲に互ってきた 2) 狭隘な市街地での施工が多くなってきた 3) 公害規制が厳しくなってきた等の制約要因によって、これらに適応する新しい処理システムの開発が必要となった。

昭和48年にそれまでの基礎的な実験、研究をもとに新

鶴見小倉配水管敷設シールド工事において砂質土、粘性土等あらゆる土質を対象とした処理システムのパイロットプラントの開発を行った。

その後、このプラントをもとに、処理システムに係わる諸問題について、種々の実験を行ない、その結果に基づいて改良を加え現在の処理システムを完成した。

一次処理から脱水までのプロセスを一貫して機械処理を行う現在の形での処理システムによる施工はすでに15件に及んでいる。これら実施された処理システムを基本にシステムに対する考え方とその実施例について報告する。

§ 2. 泥水処理システムに関する要因と考え方

2-1 地山の性状

掘削土砂の処理システムを考えるに当って、粒度、物理的性質などの地山の性状が支配的な要因となる。当社の施工例の中から代表的な土質の粒度構成を図-1に示す。図-1に見られるように土質は多種多様であり、同一施工現場であっても、例えば千種塩付幹線の土質のように、⑥粘土層、②砂層、④砂礫層と異なった地質が掘進区間に存在している場合が多い。

これら多様な地山に適応し得る泥水処理システムを検討するにあたって、事前に地山の粒度構成、N値、土粒子真比重、単位体積重量、自然含水比、間隙比、飽和度等、について、可能な限り明確に把握することが大切である。

* 機材部機械課係長

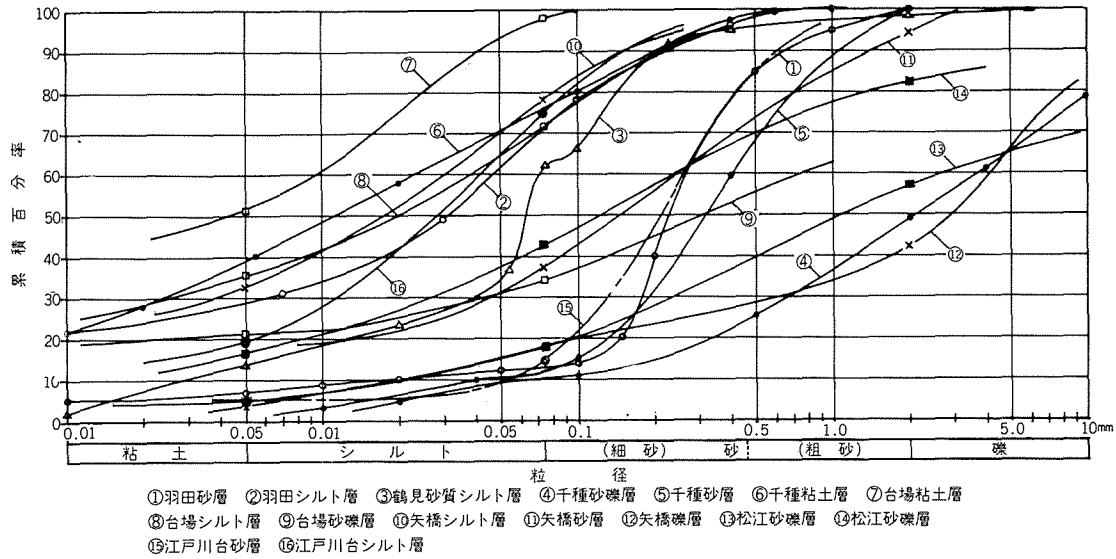


図-1 土質粒度構成

2-2 泥水の性状

掘削された泥水の性状は、地山の粒度構成、含水比、N値、密度等の因子と、送水量、送水密度、粘性、シールドの掘進速度等の人為的な因子によって変化する。これらの中でも泥水の性状に特に影響を与える因子は、排泥水の濃度、地山のN値、粒度構成である。泥水シールド工法による掘削泥水の濃度は非常に高く平均20Vol% (容積濃度)程度であり、瞬時的には30 Vol%近くになることも多々ある。また、同じ粒度構成であっても、含水比、固結度によって溶解性が大きく異なり、処理効率も異

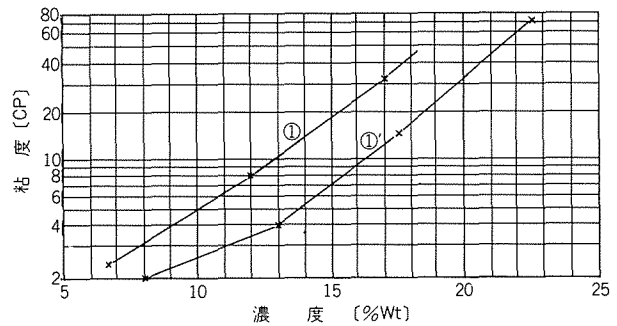


図-2 泥水の濃度と粘度の関係の実測例

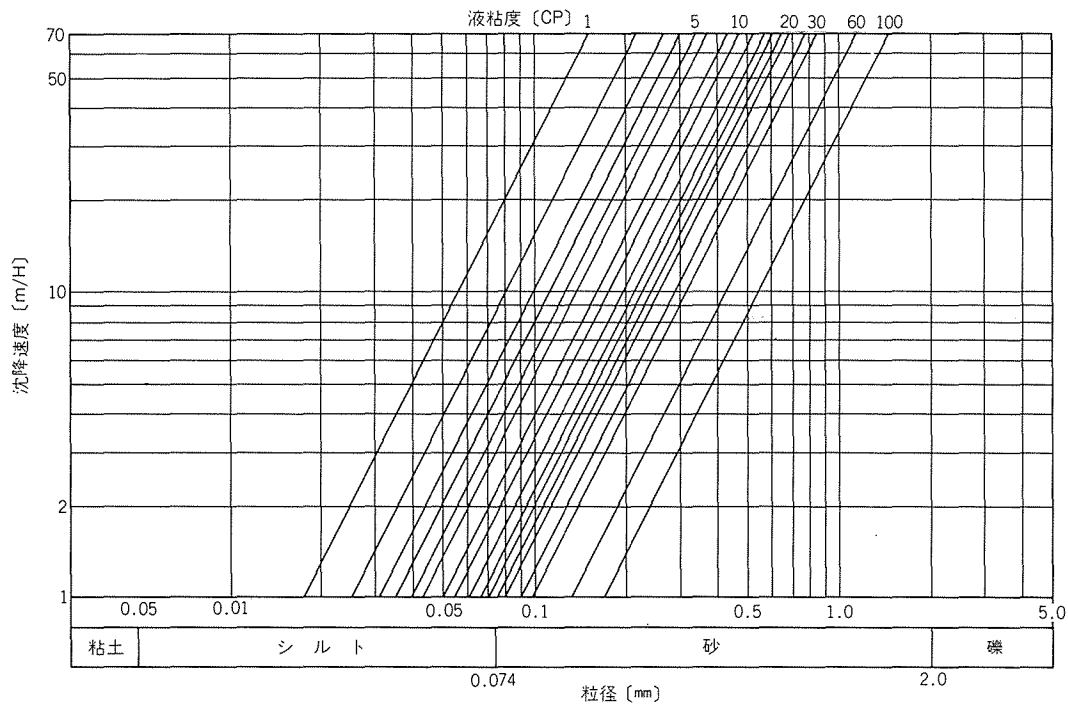


図-3 粒径-沈降速度-粘度関係図

なる。溶解性、難溶解性、不溶解性に分類して処理上の特色を以下に述べる。

(1)溶解性土質

図-1の⑦粘土層(台場)⑧シルト層(羽田)⑨シルト層(台場)等の場合、高含水比の沖積粘土層あるいはシルト層であり、シールド掘進機のカッターにより、掘削された土砂は、処理プラントまで流体輸送される間に殆んど溶解し、均一な泥水となる。このような地山の場合、泥水は濃度が上がると粘性が著るしく増加する傾向がみられる(図-2)。図-3に示すように粘性が増加するに従って粒子の沈降速度は逆比例して低下し、泥水中の粒子は自然沈降方式による分離が殆んど不可能となる。膨大な沈澱面積による自然沈澱を行なうとしても、この沈澱物はハチの巣構造となり、含水率は非常に高く、流動性のもので、脱水処理も困難である。

ただし、このような高濃度・高粘性の泥水でも濃度を10Wt%(重量濃度)以下に下げることにより、泥水の状態が変化し、粒子の沈降性が改善される。

(2)難溶解性土質

図-1の⑥粘土層(千種)に示すような地山含水比が低くN値の高い粘土層は、シールド掘進機のアジテーター、輸送中のポンプ等による機械的な攪拌を受けても溶解度が低く、固結した小片を含む泥水となり濃度、粘性ともに極端にあがることはない。見かけの粒度構成も粗粒子が多く沈降性に比較的富み、一次分離が容易となる場合が多い。

(3)不溶解性土質

図-1の③砂質シルト層(新鶴見)④砂礫層(千種)⑪砂層(矢橋)⑫砂層(江戸川台)等に代表される砂質シルト層、砂層、及び礫層は、掘削後完全に単粒子として泥水に混合し、見掛の濃度は上昇するが、粘性は低い。砂粒子は沈降性に富み、一次分離が容易で、沈澱物の含水率も比較的 low 運搬性もよい。

(4)粒径、濃度、沈降速度、粘性の関係

掘削土砂の処理システムを検討するに当たって濃度と粒度構成が支配的な要因であることは前節でも述べたが、粒径、沈降速度、粘性及び濃度の間には図-2、3に示す相関関係があり、泥水の状態によって処理効率は変化する。粒子の沈降速度は粘性、濃度が低く、粒径が大きいほど上昇し、逆に粘性、濃度が高く、粒径が小さい程低下する。

分離性と沈降速度の関係は、沈降速度が大きい程分離性に富み、低い程分離が困難になる。前者の場合、沈降速度の大きい泥水中の砂粒子は自然沈降方

式により分離できるが、後者の場合は、機械的分離、又は、薬品添加等による化学的分離等の手段によらねばならない。

2-3 泥水処理システムの基本的プロセスと考え方

一般に泥水処理システムは次のようなプロセスの下に行なわれている。(図-4)

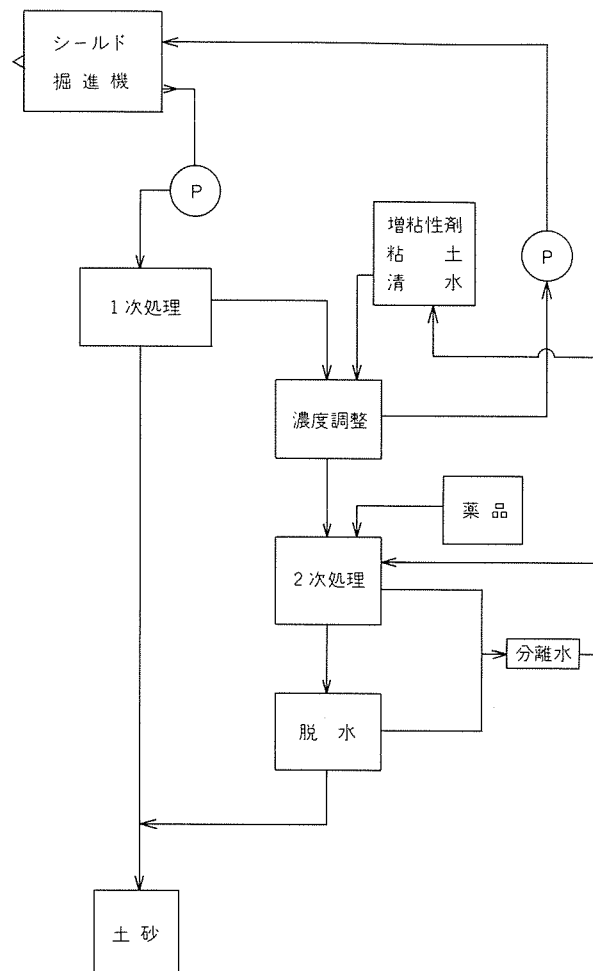


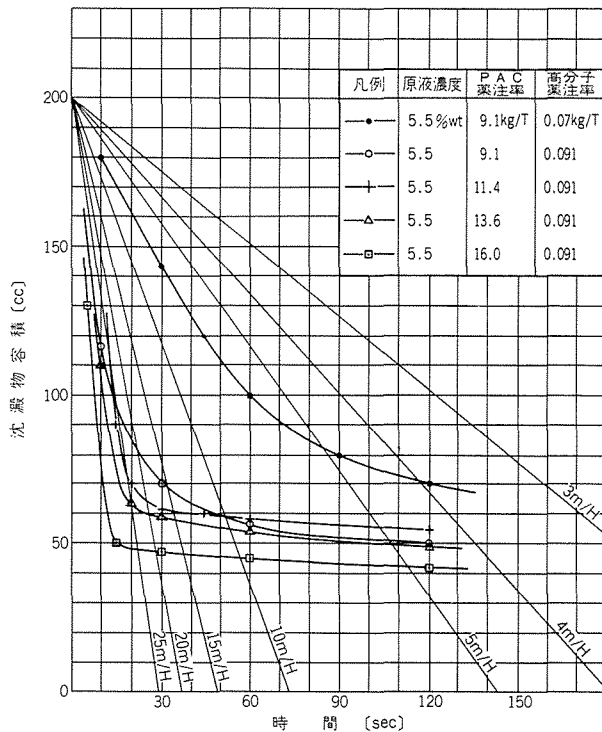
図-4 泥水処理の基本的プロセス

2-3-1 一次処理

シールド掘進機から流体輸送された泥水は、一次処理工程で土砂と微細粒子を含有する泥水に分離されるが、掘削泥水の一次処理は以下に述べる2つの要素を満足させることが必要である。

- 1) 循環水(送水)はできるだけ74 μ 以上の粗粒子の混入をさけること。
- 2) 分離された土砂は、運搬及び捨土に支障のない含水率に保つこと。

初期の一次処理には、沈澱池、スクリュークラシファイヤー、バケットメッシュコンベヤー、ロータリークラシファイヤー等の自然沈降分離方式を利用したものであ



図－５ 沈澱物容積－時間－沈降速度(例)

ったが、そのメカニズムから泥水の濃度、粘性があがると必然的に粒子の沈降速度が下がり、分級点があがるという結果をもたらし、循環水への粗粒子の混入を避けることができなかった。分離された土砂も重力脱水によるため含水率も30～40％と高く、運搬途上振動によって遊離水を発生するなど、種々の問題があった。

近年サイクロンと強制振動による脱水振動篩とを組合せた一次分離機の開発によって、細粒子(74～100 μ)の分級、分離土砂の低含水化が可能になり、二次処理以降の負荷を軽減することができるようになった。

一般的に粒子が大きくなる程、少量の水分でも遊離水となって運搬性を阻害することはよく知られているが、砂質土と粘性土について含水比を変化させた場合の性状を表－1に示す。

図－1の②シルト層(羽田)⑧シルト層(台場)に示すような粒度構成を持った泥水は、微細粒子のため一次処理にかかる土砂負荷量が少なく、分離後の泥水は処理前の泥水濃度にほぼ近い高濃度の状態を保っている。また、分離された土砂は、掘削泥水に近い粒度構成比率となるため含水率が30～40％程度にあがることもある。③砂質シルト(新鶴見)④砂礫層(千種)⑪砂層(矢橋)⑮砂層(江戸川台)に代表されるような砂、砂礫層における泥水は、一次分離で大半が処理され二次処理を必要としない場合が多く、分離された土砂もシルト、粘土分の含有量が少なく含水率も17％以下になる。分離後の

表－1 含水比と土質性状の関係

砂 質 土		粘 性 土	
含水比(含水率)	性 状	含水比(含水率)	性 状
20% (16.5%)	ほろほろしたおぼろ状	37% (27%)	ほろほろしたおぼろ状
25% (20%)	少々粘性あり小さな塊状(塑性限界)	43% (30%)	少々粘性のある小さな塊状(塑性限界)
		52% (34%)	粘性が増し、少々大きな塊状
31% (23.5%)	べっとりして表面に若干の浮水がしみ出たあんこ状(液性限界)	74% (42.5%)	べっとりして表面に若干の浮水がしみ出たあんこ状(液性限界)
		76% (43%)	表面に一層多くの浮水が出たあんこ状
35% (26%)	表面に浮水が完全に分離した飽和沈澱状態		

処理水は送泥水として再循環を行なっていると、分離土砂に泥水中のシルト、粘土分が付着して系外に持ち出され、次第に濃度、粘性が低下するため濃度及び粘性の調整が必要である。

2－3－2 濃度及び粘性調整

一次処理された泥水(サイクロンオーバー)は、調整槽に導かれるが、泥水の状態によって、濃度及び粘性を調整する必要がある。

地山の土質が⑥粘土層(千種)のような低含水比及びN値の高い粘土層では、シールド切羽が自立するため、切羽循環泥水濃度は低くてよく、循環水の濃度、粘性を特に問題にする必要はない。また②シルト層(羽田)⑧シルト層(台場)に示すような高含水比の粘土層、シルト層では、循環使用していると濃度、粘性が次第に高くなり、一次処理及び泥水輸送設備のポンプの能力低下につながるため、清水を添加し、シックナー方式では液比重1.05程度、濃縮混合方式では液比重1.2前後に稀釈しなければならない。

③砂質シルト層(新鶴見)④砂礫層(千種)⑪砂層(矢橋)⑮砂層(江戸川台)等に代表される砂、砂礫層の崩壊性土質は、切羽を自立させるに必要な液比重と粘性を保持する必要があるが、前述のごとく再循環していると濃度、粘性が低下するため切羽の安定を欠くことになる。それゆえ、高濃度の粘土泥水を添加し液比重を1.2～1.25前後に保つと共に粘性の低下に対しては、CMC(カルボキシメチルセルローズ)等の増粘性剤を添加し、切羽安定に必要な粘性を確保しなければならない。その目安として表－2に示す。但し粘性をあまり高くすると一次処理の分級効率、篩分け効率、分離土砂の含水率及び二次処理工程の凝集効果、脱水性に悪影響を与えるので注意しなければならない。

表-2 送泥水粘性とう質の関係

土 質	地下水の影響のない 場合	地下水の影響がある 場合
砂混りシルト	23~27 C.P	28~35 C.P
砂	28~35	33~40
礫	37~45	55~65

2-3-3 二次処理

一次処理後の泥水は、濃度、粘性を調整した後、調整槽に流入させ切羽循環水として再使用する。砂、砂礫層の掘削泥水は一次処理工程で泥水中に含有される74~100 μ 以上の粒子のほとんどが処理され、一次処理後の泥水は切羽循環水として全量再使用することができる。高含水比の粘土層、シルト層、砂質シルト層における処理泥水は、濃度調整する必要がある、調整段階で添加する清水等によって水収支バランスがくずれ余剰泥水を発生する。切羽循環に必要な泥水量以外の余剰泥水は、調整槽より余剰泥水槽に溢れさせる。この余剰泥水は液比重1.2~1.25前後の74~100 μ 以下の微細粒子を含有する泥水であり、この状態での自然沈降分離は不可能に近い。凝集剤を添加するとしても濃度が高く泥水と凝集剤の混合が均一にならず、多量の添加量を必要とし経済的でない。2-2で述べたように、このような高濃度泥水でも濃度を下げることによって泥水の性状が大きく変化することから凝集沈澱に効果的な10Wt%以下の濃度に稀釈した後、無機系凝集剤及び高分子系凝集剤を添加し、凝集沈澱槽（シックナー）で浄澄水と沈澱濃縮汚泥（スラッジ）に沈降分離させる。浄澄水は濃度調整の為に稀釈水として再利用する。

なお、余剰泥水濃度が25Wt%以上、常に確保できるようなシステムにあっては、無機系凝集剤の添加のみで、余剰泥水を濃縮し脱水することも可能である。この場合の無機凝集剤の役目は凝集沈澱効果を高めることも一つの要素であるが、脱水工程での脱水効果を高めることにある。

(1)土質と凝集剤添加率、濃縮性、脱水性の関係

余剰泥水の性状は、地山土質と密接な関係があり泥水の性状によって凝集剤の添加率及び濃縮性、脱水性が大きく変化する。（表-3）

これら泥水に対する凝集剤添加率、濃縮度、脱水時間、ケーキ含水比等をあらかじめ計算等で求めることはむずかしく、ボーリングサンプル、あるいは立坑掘削時に発生する掘削土でジャーテスト、シリンドertest、濾過テストを行ない、脱水性を実験

表-3 土質と凝集剤添加率、濃縮性、脱水性の関係

土 質	余剰泥水の粒度構成	凝集剤添加率	凝集沈降濃縮性	脱水性
①砂層、砂質シルト	砂分に近いものが多く、コロイド粘土分が少ない。	低 い	良 い	良 い
②シ ル ト	粘土分が①に比し多い	高 い	悪 い	悪 い
③粘 土	粘土、コロイド分ともに多い	粘土、コロイド分の比率により添加率の差が著しい。特にコロイド分が多い場合は処理後のにゴリが多く、1次薬注の添加率が増大する。	最も悪い	最も悪い

的にとらえることが必要である。

(2)凝集剤

一般的に泥水シールド工法に使用している凝集剤は、無機系凝集剤（PAC又は硫酸アルミニウム等）と高分子系凝集剤があり、無機系凝集剤の単独添加の場合と、無機系凝集剤と高分子系凝集剤の組合せの2通りの添加方式がある。

1) 無機系凝集剤

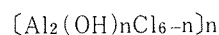
イ) 硫酸アルミニウム（硫酸バンド、LAS）
 $Al_2(SO_4)_3$

硫酸アルミニウムは他の無機系凝集剤に比較し次のような特徴を有している。

- ① 単価が安い。
- ② 濁度、色度などほとんどの懸濁物又は浮遊物に対して有効に作用する。
- ③ 毒性がないので大量に添加できる。
- ④ 鉄塩のように施設をよごさない。
- ⑤ 鉄塩に比較して、生成したフロックが軽く適性pHの幅が狭い。

硫酸アルミニウムを使用して凝集させるには、その処理水中のアルカリが重要な役目をはたしているため、アルカリ度が低い場合には、適当なアルカリ剤の添加が必要である。硫酸アルミニウムと泥水の溶存アルカリと反応して生ずる水酸化アルミニウムはpH5.5~8.5の範囲で溶解度が0であるが、pHがこれよりあがっても、下がっても急激に溶解度を増す。したがって硫酸アルミニウムによる凝集処理はこの範囲内でなければ成立しない。

ロ) ポリ塩化アルミニウム（PAC）



OH基を架橋として多核錯体となった無機高分子化合物である。参考としてポリ塩化アルミニウムと硫酸アルミニウムとの比較をする

表－４　PACとLASの特性と効果の限界

No.	凝 集 特 性		効果 の 比 較		PACの評価 (LASとの比較)
	項 目	細 目	PAC	LAS	
1	凝集性能と除濁効果	清澄性 フロックの大きさ 吸着活性度 フロック強度	大 大 大 大	小 小 小 小	除濁効果 低濁度1.2～1.5倍 高濁度2～5倍
2	処理能力	フロック生成速度 フロック沈降速度 濾過速度の増大	大 大 可能	小 小 普通	1.5～3倍 2～3倍可能
3	処理作業の簡便性と安全性	作業の難易 水質の急変 適正凝集巾 (注入率の許容巾) pHの影響 (pHの降下) 過量注入	易 即時対応 4 小 可	難 対応至難 1 大 不可	台風、集中豪雨に強い 4倍に拡大 1/2～1/3 降下率
4	アルカリ剤の注入不要、又は節減	アルカリ剤注入 アルカリ消費量	不要 小	適性注入 大	特別の場合を除き不要 LASの1/2～1/3
5	原水濁度とアルカリ度との組合せ効果	低濁度～高アルカリ度 高濁度～高アルカリ度 低濁度～低アルカリ度 高濁度～低アルカリ度	僅か優位 効果的 効果的 極めて効果的	普通 普通 普通 普通	2～5倍の効果
6	凝集促進剤の注入可否	活性シリカの注入 アルギン酸ソーダの注入	不要 不要	必要 必要	薬品処理費と工数の節減
7	低温、低アルカリ度原水処理	低温原水(10℃以下) 低アルカリ度原水	劣化しない 凝集し易い	劣化する フロックの添加	寒冷地に効果的 極めて効果的
8	除鉄、除マンガン	除 鉄 除マンガン	大 大	小 小	イオン状鉄、コロイド鉄、有機鉄の除去
9	着色水、汚染水の除色、除濁	フミン質 リグニン	大 大	小 小	極めて有効
10	処理設備のコンパクト化	混和池 沈澱池 スラッジ処理	縮小可能 縮小可能 比較的容易	普通 普通 普通	建設費の大巾節減
11	貯蔵能力	有効成分(A1 ₂ O ₃)	10～11%	7～8%	1.25～2倍

と表－４のようになる。通常泥水シールド工法にはPACが使用される。

2) 高分子系凝集剤

泥水シールド工法に使用されている高分子系凝集剤は有機系凝集剤の中の1つである。

高分子系凝集剤は、分子量が高く300万～1,000万以上のものが有り、分子量が大きい程、凝集力が強く、沈降速度が早いという特徴をもっている。イオン性を大別するとアニオン性、カチオン性、ノニオン性の3種類となりその効果を示すと次のようなことがいえる。(表－5)

表－５　凝集剤のイオン性別効果

種 類	選 択 の 基 準	効 果
アニオン性	懸濁物濃度が高く、懸濁物が粗粒子である。 PHが中性～アルカリ性である。	無機質懸濁液とくに重金属水酸化物など、カチオン荷電粒子の沈降、浮上分離促進、およびろ過促進。
ノニオン性	懸濁物濃度が比較的高く、懸濁物が粗粒子である。 PHが中性～酸性である。	無機質懸濁液の沈降促進、ろ過促進。
カチオン性	懸濁物が有機質である。 または、コロイド状である。	有機質懸濁液の浮上または、沈降促進、ろ過促進。

3) 高分子系凝集剤の貯蔵日数

一般に高分子系凝集剤は0.05～1.0 %の範囲の濃度に溶解するが、濃度が薄くなる程、またpH

値が高くなる程高分子系凝集剤に悪影響を与える。溶液としての可能最大貯蔵日数は次のようにいえる。(表－6)

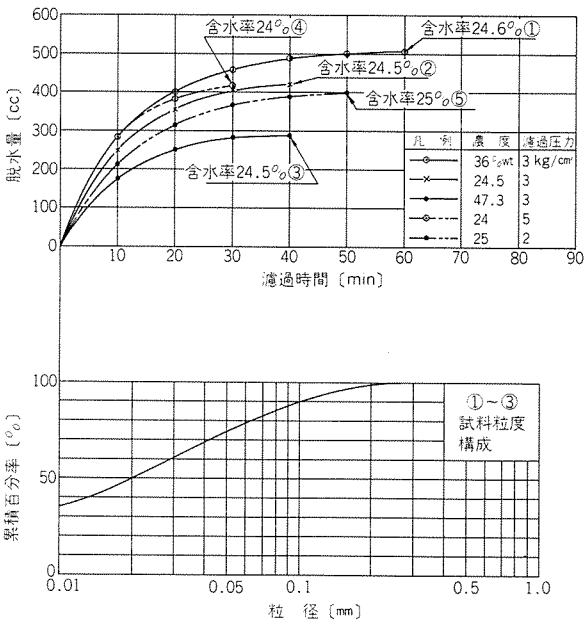
一般的に変動要素を考慮すると0.1 %溶液で2～3日のストック量として計画すれば問題がない。

表－６　高分子系凝集剤溶液の貯蔵可能日数

溶 液	貯 蔵 可 能 日 数
カチオンの0.1%溶液	1日以下、アルカリ溶液での貯蔵は不可
＂ 1.0% 〃	PH値7で10日以内
ノニオンの0.1% 〃	10日以内
ノニオンの1%溶液	PH値7で30日以上可能、PH値10で1日以内
アニオン0.1%溶液	PH値7で10日以内

2－3－4 脱水処理

当社での脱水処理は、シックナーで凝集沈澱した25～30 Wt %のスラッジ、又は余剰泥水にPACを添加し濃縮混合槽で濃縮したスラッジを高压スラリーポンプでフィルタープレスに送液し、6～7kg/cm²程度の液圧で濾過脱水を行ない、ケーキとして処理する方式を採用している。脱水性に影響を与える要因は、土質、粒度、凝集剤の添加率、送液圧と濾過厚み、スラッジの濃度である。これら要因の中で濾過厚を一定と考えた場合、特に重要なのは粒径、濃度、送液圧であり、表－3に示す粘土、コロイド等の極微細粒子を含有するスラッジは脱水性が悪く、図－6に示すごとく同一濃度であれば送液圧の高い程脱水性が良く、同一送液圧であれば、スラッジ濃度が高い程脱水性がよいといえる。



図－６　濾過脱水曲線

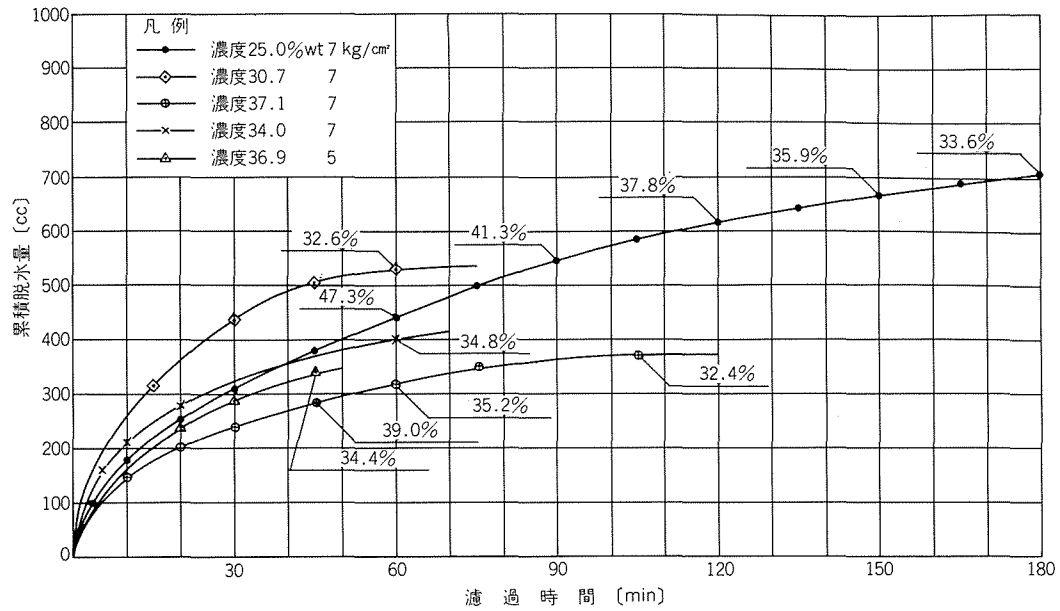


図-7 濾過脱水曲線

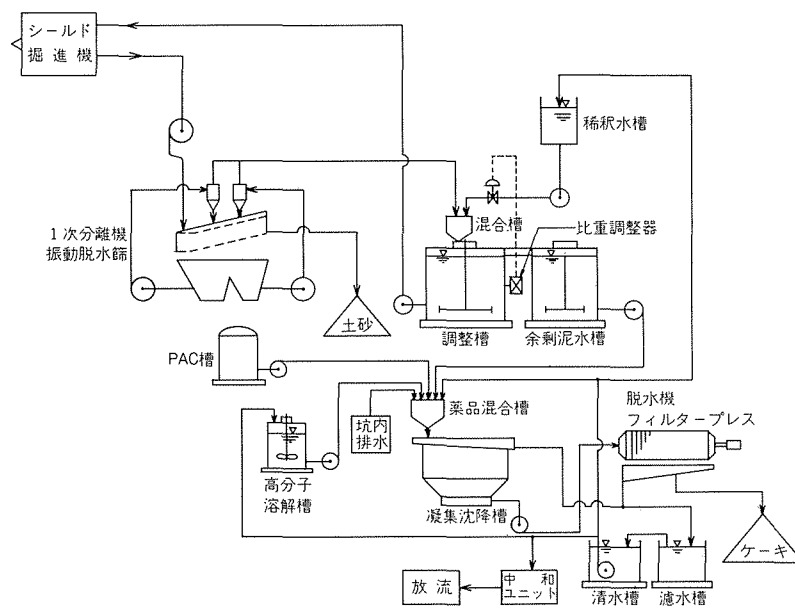


図-8 粘土層、シルト層、砂質シルト層におけるフローシート

実際の計画に際しては、施工区間のボーリングサンプルあるいは立坑掘削時の掘削土を用いてシルト、粘土分を抽出し、凝集剤添加率を変化させて濾過テストを行ない、脱水性の良否を調査して濾過時間を決定する必要がある。

§ 3. 泥水処理システムの基本的フロー

泥水処理システムは土質、粒度構成、掘削泥水の性状、処理土砂量、分離土砂の処理、立地条件、経済性などを総合的に検討しめられる。当社が現在までに実施した処理システムを主体に、基本的な処理フローについて記

述する。

3-1 粘土層、シルト層、砂質シルト層における泥水処理

このフローは、高分子系凝集剤が使用可能な工事で、高含水比の地山に適応される。

図-8に示すフローは、シールド切羽の安定の面から考えれば、循環水液比重を1.05前後に保持すればよいが、溶解性土質で、構成粒子が微細であり、一次分離機での分離土砂量は少ない。そのために再循環使用していると、送泥水の中に掘削土が加算され、次第に濃度が上昇してくる。送泥水濃度が30Vol%以上になると、処理設備のポンプ及び泥水輸送設備のポンプに過大な負荷を与えるため、一次処理後の高濃度泥水に対し清水で稀釈して1.2前後の液比重に常に調整する必要がある。

比重調整された泥水は、切羽循環水として再使用されるが、（循環水＋一次分離土砂量）と清水添加量の差が余剰泥水となる。余剰泥水の性状は、循環水と同一性状

の高濃度な泥水で、そのままの状態では凝集沈澱が効果的に行なえず、10 Wt %以下の濃度に稀釈後凝集剤の一次、二次添加により凝集沈澱を行なう。

3-2 粘土層、シルト層、砂質シルト層における泥水処理

このフローは、高分子系凝集剤の使用に制限を受ける工事で高含水比の地山であり、余剰泥水の濃度を25%Wt以上に保持できるような場合に適応される。

図-9に示すフローは、3-1の余剰泥水以降の処理方式と異なり、高濃度の余剰泥水にPACを添加、濃縮後、フィルタープレスで脱水する方式である。このフローを採用するに当たって留意しなければならない点は、

- 1) 余剰泥水の濃度を25 Wt %以上に保つ必要がある。濃度が低下すると、脱水時間が長く、脱水後のケーキ含水率も高く、処理システム全体の能力に影響を与える。
- 2) 坑内で発生するパイプ延長時の流出泥水、立坑湧

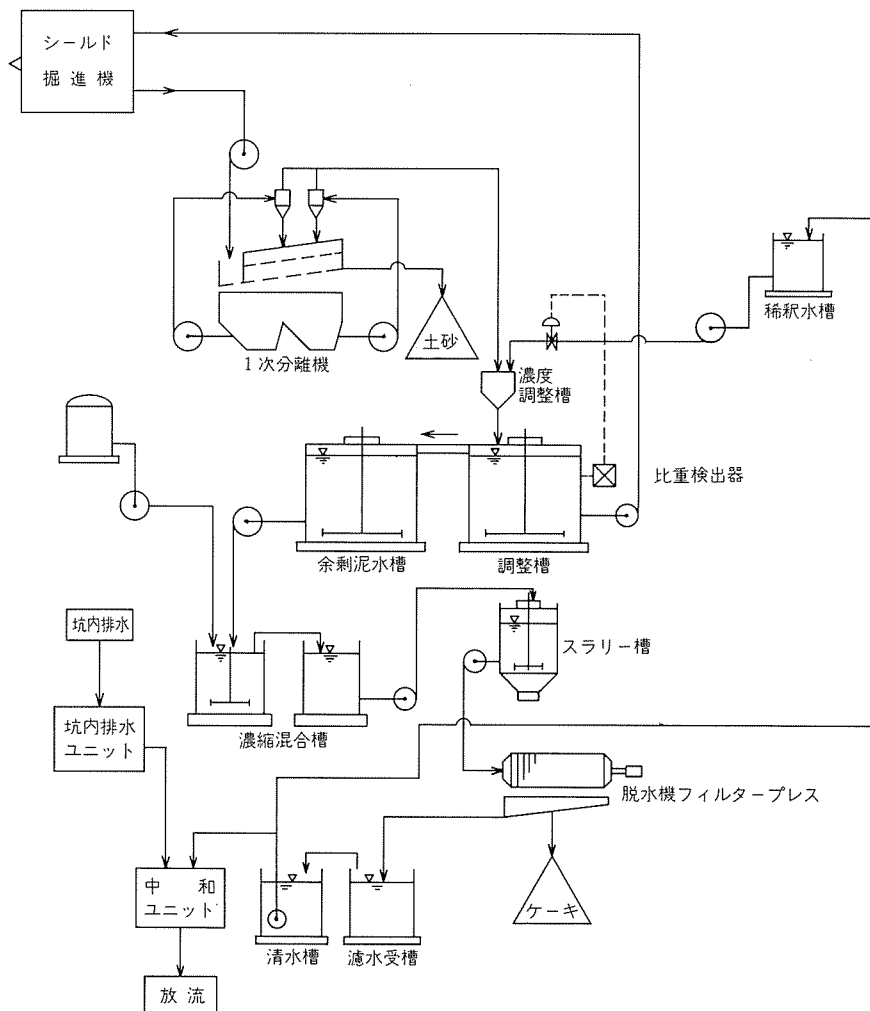


図-9 粘土層、シルト層、砂質シルト層におけるフローシート

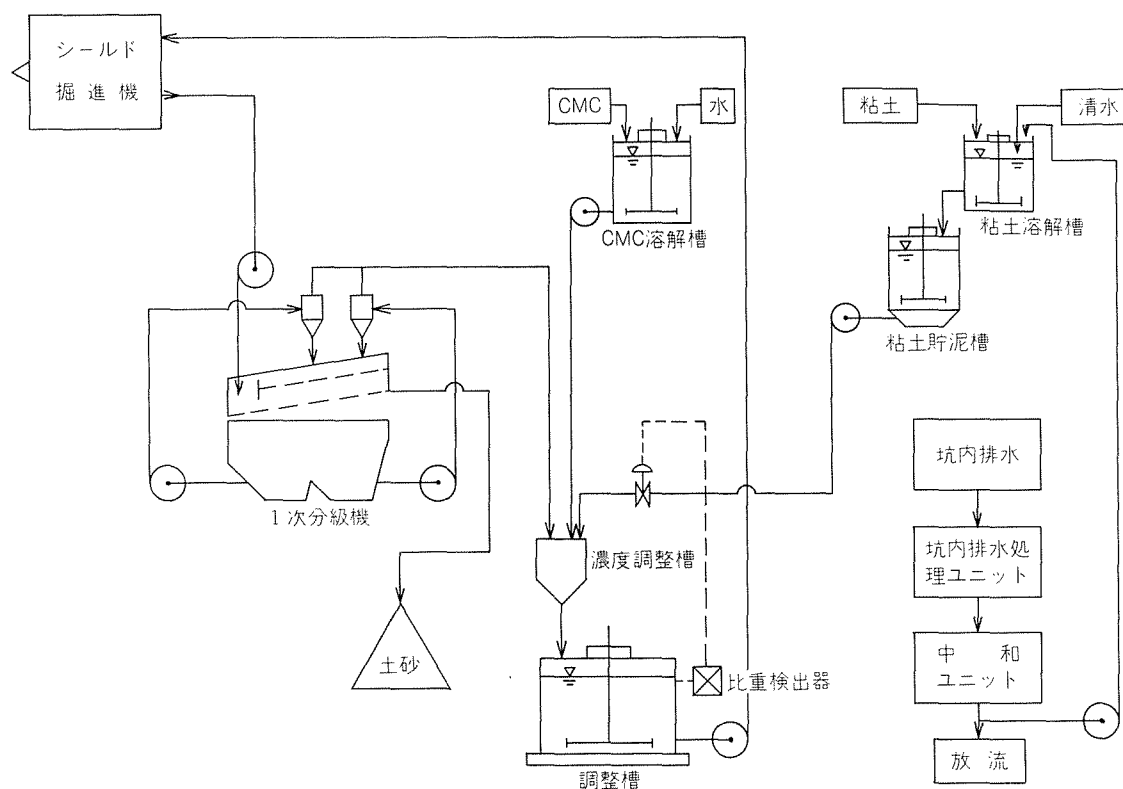


図-10 砂、砂礫層におけるフローシート

水、ポンプのグランド注水等の坑内排水を余剰泥水に加水することにより濃度が低下した場合、再濃縮ができないので脱水性を著しく低下させる。

- 3) PAC添加率と脱水時間の関係は、土質により大きく異なるため事前に添加率と脱水性の関係を試験によって確認する必要がある。

3-3 砂、砂礫層における泥水処理

図-10のフローは、地山の粒度構成で 74μ 以上が90%程度以上をしめるような場合に適用可能で、掘削泥水中の土砂は一次分離機でほとんどが分離され系外に持ち出される。また、泥水中のシルト、粘土分も一部泥水中の粒度構成比に準じて分離土砂に付着して系外に持ち出されるため、再循環使用していると濃度が次第に低下する。なお濃度低下の要因はこの他に、切羽からの泥水の逸水もその1つであると考えられる。崩壊性に富んだ砂、砂礫層では、地山の安定が重要な要因であり、そのためには循環水液比重を常に1.2以上に保たなければならない。そのため一次処理後の泥水に、高濃度の粘土泥水を添加し常時液比重を1.2以上確保する必要がある。フローの中の水量バランスも循環水が不足がちで、余剰泥水は発

生しない。

3-4 数種の土質が存在する場合の泥水処理

施工区間中に粘土、シルト層、砂質シルト、砂、砂礫層等が複雑に存在している場合は、3-1、3-2、3-3に述べたようなフローでは地質変化に対応できないため、次のようなフローを組む必要がある。

図-11に示すシックナー方式のフローは、高分子系凝集剤の使用制限を受けない工事に適応され、図-12の濃縮混合槽方式は高分子系凝集剤の使用に制限を受ける場合に適応される。ただし、この方式を採用するに当たっては、余剰泥水を25Wt%以下に低下させないように管理することが大切である。

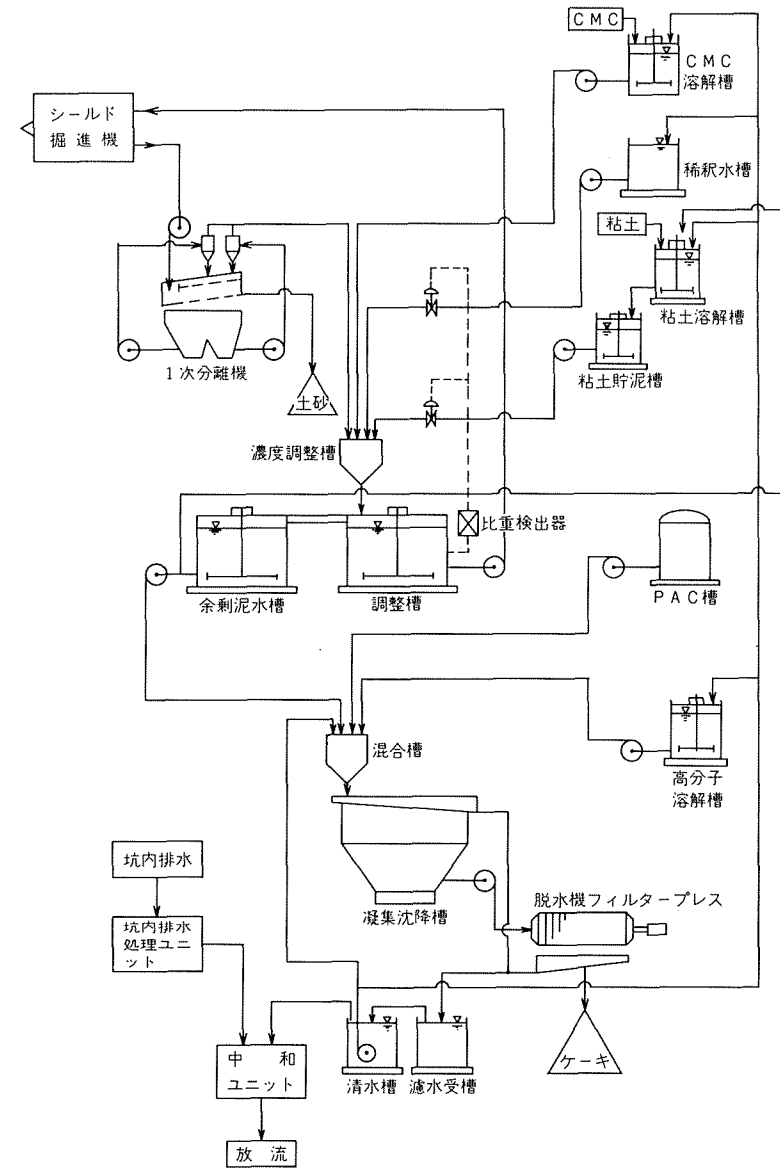


図-11 数種の異なった土質が存在する場合におけるフローシート
(シクナー方式)

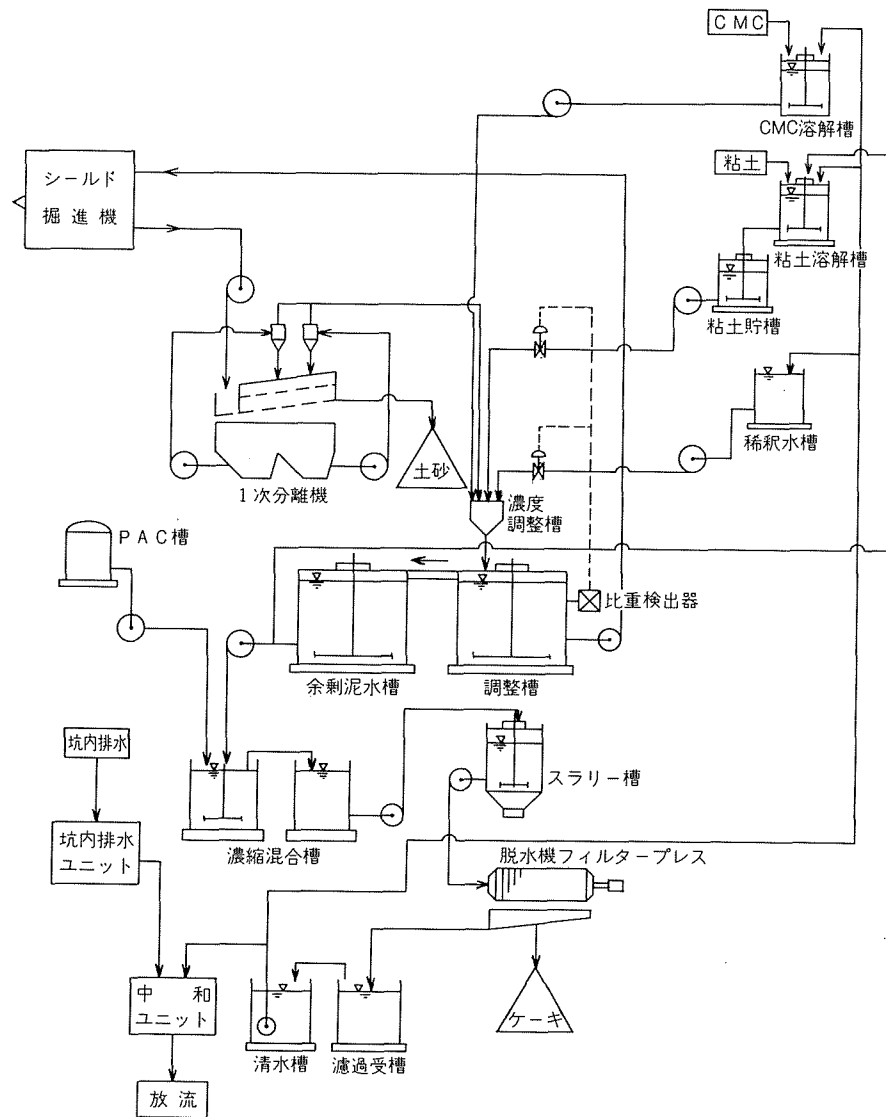


図-12 数種の異なった土質が存在する場合におけるフローシート
(濃縮混合槽方式)

§ 4 . 実施例

当社で最近実施した泥水処理システムの代表例を紹介する。

- (1) 実施例そのⅠは、中国支店松江出張所宍道湖流域下水道1号幹線で、延工延長664 m、シールド外径3,500mmφの泥水シールド工事に採用したものである。
- 掘進区間の地質は沖積層と洪積層の境目で、玉石を含む砂礫層とシルト質粘土層等2種以上の地質が存在していたことと、高分子系凝集剤の使用に特別な規制を受けなかったことからシックナー方式による

泥水処理を行なった。

- (2) 実施例そのⅡは、千葉支店江戸川台作業所送水管流山関宿線700mm布設工事で、施工延長399.2 m、シールド外径2,300 mmφの泥水シールド工事に採用したものである。

掘進区間の地質はシルト混りの中、細砂層の比較的均一な地層であり、高分子系凝集剤の使用に規制を受けたため、PAC添加による濃縮混合槽方式の泥水処理を行なった。

実施例－そのⅠ

施 工 店 所：中国支店松江出張所
工 事 名：宍道湖流域東部下水道1号幹線
旋 工 延 長：664m
タールド外径：φ3500mm
地 質：砂礫層、シルト質粘土層

1 . 計画条件

1－1 掘削条件

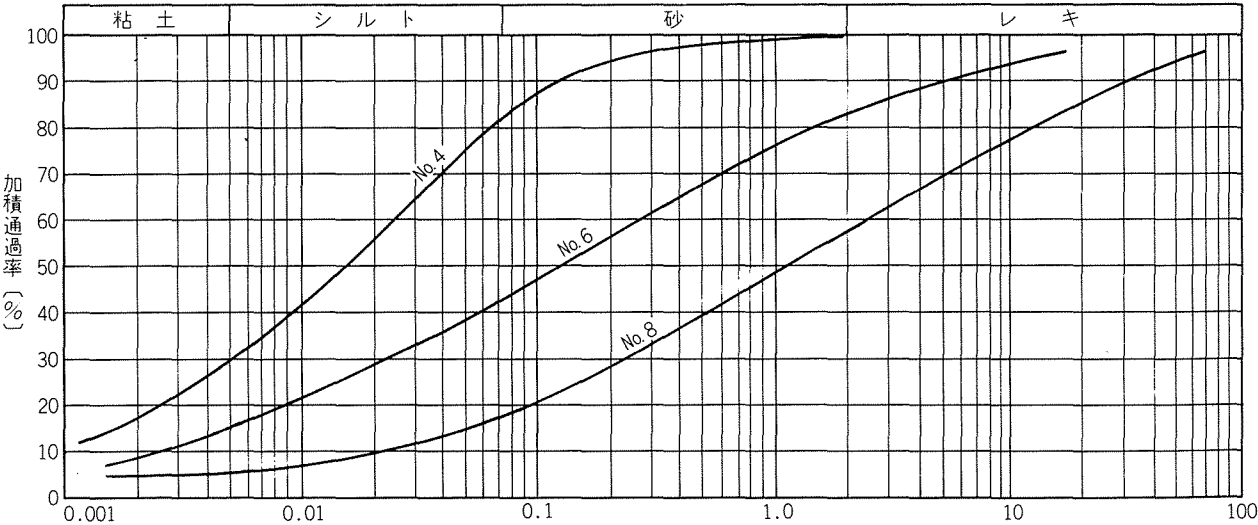
掘削径	3500 φ
リング長	900 ℓ
断面積	9.62 m²
掘削量	8.66 m³/R
掘削速度 3cm/min	30 min/R
掘進サイクル	90 min/R
送泥水量	4 m³/min
泥水濃度	32.1 %wt
泥水比重	1.25

1－2 土質条件 (表－7, 図－13)

表－7 土質条件 (実施例そのⅠ)

項目	土質	No.4	No.6	No.8
真比重		2.65	2.65	2.65
含水比		33.5%	25.2%	20.7%
見掛比重		1.874	1.989	2.065
粒度構成 ※1				
レキ		0.5%wt	17.1%wt	42.7%wt
砂		16.7 "	39.7 "	39.1 "
シルト		37.9 "	26.7 "	11.3 "
粘土		29.2 "	16.5 "	6.9 "
計		100 "	100 "	100 "

(※1 固結分を除いた数値)



図－13 粒度構成図d(実施例そのⅠ)

1－3 泥水処理

1) 一次処理
+0.074mmの砂レキは脱水篩を備えたサンドコレクターで分離し、含水比を25%前後にする。

2) 二次処理
余剰泥水の浄化および沈降分離泥の濃縮には凝集剤方式のシックナーを使用する。

3) 脱水処理

沈降分離濃縮泥はフィルタープレスにより脱水し直接ダンプ車で搬出できる含水比にする。

2. 物質収支（表－8）

物質収支計算は地山が全量送泥水に溶解されるものとした。

表－8 物質収支（実施例 その1）

項 目	No.4	No.6	No.8
1. 送泥水	$4\text{m}^3/\text{min} \times 30\text{min}/\text{R} = 120\text{m}^3/\text{R}$ $120\text{m}^3/\text{R} \times 1.25\text{t}/\text{m}^3 = 150\text{t}/\text{R}$	$4\text{m}^3/\text{min} \times 30\text{min}/\text{R} = 120\text{m}^3/\text{R}$ $120\text{m}^3/\text{R} \times 1.25\text{t}/\text{m}^3 = 150\text{t}/\text{R}$	$4\text{m}^3/\text{min} \times 30\text{min}/\text{R} = 120\text{m}^3/\text{R}$ $120\text{m}^3/\text{R} \times 1.25\text{t}/\text{m}^3 = 150\text{t}/\text{R}$
SS	$150\text{t}/\text{R} \times 0.321 = 48.15\text{t}/\text{R}$	$150\text{t}/\text{R} \times 0.321 = 48.15\text{t}/\text{R}$	$150\text{t}/\text{R} \times 0.321 = 48.15\text{t}/\text{R}$
W	$150\text{t}/\text{R} \times 0.679 = 101.85\text{t}/\text{R}$	$150\text{t}/\text{R} \times 0.679 = 101.85\text{t}/\text{R}$	$150\text{t}/\text{R} \times 0.679 = 101.85\text{t}/\text{R}$
計	150.00 "	150.00 "	150.00 "
濃度	$48.15/150.0 = 0.321$	$48.15/150.0 = 0.321$	$48.15/150.0 = 0.321$
比重	$150.0/120 = 1.25$	$150.0/120 = 1.25$	$150.0/120 = 1.25$
2. 掘削地山			
掘削量 m^3/R	8.66	8.66	8.66
見掛け比重	1.874	1.989	2.065
含水比%	33.5	25.2	20.7
掘削重量	$8.66\text{m}^3/\text{R} \times 1.874\text{t}/\text{m}^3 = 16.21\text{t}/\text{R}$	$8.66\text{m}^3/\text{R} \times 1.989\text{t}/\text{m}^3 = 17.23\text{t}/\text{R}$	$8.66\text{m}^3/\text{R} \times 2.065\text{t}/\text{m}^3 = 17.89\text{t}/\text{R}$
固結分	$11.35\text{t}/\text{R}$ $6.06\text{m}^3/\text{R}$		
溶解分	SS. $3.64\text{t}/\text{R}$ $1.38\text{m}^3/\text{R}$	$17.23\text{t}/\text{R} \times \frac{1}{1.252} = 13.76\text{t}/\text{R}$ $5.19\text{m}^3/\text{R}$	$17.89\text{t}/\text{R} \times \frac{1}{1.207} = 14.82\text{t}/\text{R}$ $5.59\text{m}^3/\text{R}$
W	$1.22\text{t}/\text{R}$ $1.22\text{m}^3/\text{R}$	$17.23\text{t}/\text{R} \times \frac{0.252}{1.250} = 3.47\text{t}/\text{R}$ $3.47\text{m}^3/\text{R}$	$17.89\text{t}/\text{R} \times \frac{0.207}{1.207} = 3.07\text{t}/\text{R}$ $3.07\text{m}^3/\text{R}$
計	$16.21\text{t}/\text{R}$ $8.66\text{m}^3/\text{R}$	$17.23\text{t}/\text{R}$ $8.66\text{m}^3/\text{R}$	$17.89\text{t}/\text{R}$ $8.66\text{m}^3/\text{R}$
+4.76mm	$11.35\text{t}/\text{R}$ + 固結分	$13.76\text{t}/\text{R} \times 0.10 = 1.38\text{t}/\text{R}$	$14.82\text{t}/\text{R} \times 0.30 = 4.44\text{t}/\text{R}$
4.76~0.074	0.74 "	" $\times 0.47 = 6.47$ "	" $\times 0.52 = 7.71$ "
-0.074	2.90 "	" $\times 0.43 = 5.91$ "	" $\times 0.18 = 2.67$ "
小計	14.99 "	13.76 "	14.82 "
W	1.22 "	3.47 "	3.07 "
計	16.21 "	17.23 "	17.89 "
3. 排泥水			
+4.76mm	$11.35\text{t}/\text{R}$	$1.38\text{t}/\text{R}$	$4.44\text{t}/\text{R}$
4.76~0.074	0.74 "	6.47 "	7.71 "
-0.074	51.05 "	54.06 "	50.82 "
W	103.07 "	105.32 "	104.92 "
計	166.21 "	167.23 "	167.89 "
液比重 ρ_L	$166.21\text{t}/128.66\text{m}^3 = 1.292$	$167.23\text{t}/128.66\text{m}^3 = 1.30$	$167.89\text{t}/128.66\text{m}^3 = 1.305$
濃度	$63.14\text{t}/166.21\text{t} = 0.380$	$61.91\text{t}/167.23\text{t} = 0.370$	$62.97\text{t}/167.89\text{t} = 0.375$
4. 一次分離砂レキ			
+4.76mm	$11.35\text{t}/\text{R}$	$1.38\text{t}/\text{R}$	$4.44\text{t}/\text{R}$
4.76~0.074mm	0.74 "	6.47 "	7.71 "
-0.074mm	1.00 "	1.23 "	1.08 "
W	2.00 "	2.40 "	2.23 "
計	15.09 "	11.48 "	15.46 "
5. サンドコレクターオーバー泥水			
-0.074mm	$50.05\text{t}/\text{R}$ $18.89\text{m}^3/\text{R}$	$52.83\text{t}/\text{R}$ $19.94\text{m}^3/\text{R}$	$49.74\text{t}/\text{R}$ $18.77\text{m}^3/\text{R}$
W	101.07 "	102.92 "	102.69 "
計	151.12 "	155.75 "	152.43 "
液比重 ρ_L	$151.12\text{t}/119.96\text{m}^3 = 1.259$	$155.75\text{t}/122.86\text{m}^3 = 1.268$	$152.43\text{t}/121.46\text{m}^3 = 1.255$
濃度	$50.05\text{t}/151.12\text{t} = 0.331$	$52.83\text{t}/155.75\text{t} = 0.339$	$49.74\text{t}/152.43\text{t} = 0.3263$

(表-8 のつづき)

項 目	No.4		No.6		No.8	
6. 調整槽戻り						
-0.074mm	50.05t/R	18.89m³/R	52.83t/R	19.94m³/R	49.74t/R	18.77m³/R
W ※	105.87 "	105.87 "	111.75 "	111.75 "	105.21 "	105.21 "
計	155.92 "	124.76 "	164.58 "	131.69 "	154.95 "	123.98 "
※一次稀釈						
添加量	4.80t/R		13.9t/R		3.36t/R	
液比重	155.92/124.76=1.25		164.58/131.69=1.25		154.95/123.98=1.25	
濃 度	50.05/155.92=0.321		52.83/164.58=0.321		49.74/154.95=0.321	
7. 余剰泥水						
-0.074mm	1.90t/R	0.72m³/R	4.68t/R	1.77m³/R	1.59t/R	0.6m³/R
W	4.02 "	4.02 "	9.90 "	9.90 "	3.36 "	3.36 "
諸	5.92 "	4.74 "	14.58 "	11.67 "	4.95 "	3.96 "
液比重	5.92/4.74=1.25		14.58/11.67=1.25		4.95/3.96=1.25	
濃 度	1.90/5.92=0.321		4.68/14.58=0.321		1.59/4.95=0.321	
8. 二次稀釈水	45t/R		45t/R		45t/R	
濃度を10%以下にして処理する						
9. 稀釈泥水						
-0.074mm	1.90t/R	0.72m³/R	4.68t/R	1.77m³/R	1.59t/R	0.60m³/R
W	49.02 "	49.02 "	54.90 "	54.90 "	48.36 "	48.36 "
計	50.92 "	49.74 "	59.58 "	56.67 "	49.95 "	48.96 "
液比重	50.92/49.74=1.024		59.58/56.67=1.051		49.95/48.96=1.020	
濃 度	1.90/50.92=0.037		4.68/59.58=0.079		1.59/49.95=0.032	
10. 凝集剤						
PAC	5.0K/sst×1.9t/R= 9.5k/R		5.0k/sst×4.68t/R= 23.4k/R		5.0k/sst×1.59t/R= 8.0k/R	
高分子	0.2K/sst×1.9t/R= 0.38k/R		0.2k/sst×4.68t/R= 0.94k/R		0.2k/sst×1.59t/R= 0.32k/R	
溶解水	1,000倍 ×0.38 =380.00k/R		1,000倍 ×0.94 =940.00k/R		1,000倍 ×0.32 =320.00k/R	
計	380.38 k/R		940.94k/R		320.32k/R	
11. フィルタープレ	濃度 30%wt		濃度 30%wt		濃度 30%wt	
レス沈降濃縮泥						
-0.074mm	1.90t/R	0.72m³/R	4.68t/R	1.77m³/R	1.59t/R	0.6m³/R
W	4.43 "	4.43 "	10.92 "	10.92 "	3.71 "	3.71 "
計	6.33 "	5.15 "	15.60 "	12.69 "	5.30 "	4.31 "
液比重	6.33/5.15=1.23		15.60/12.69=1.23		5.0/4.31=1.23	
12. 脱水ケーキ	含水率30%、含水比43%		含水率30%、含水比43%		含水率30%、含水比43%	
-0.074mm	1.90t/R	0.72m³/R	4.68t/R	1.77m³/R	1.59t/R	0.6m³/R
M W	0.81 "	0.81 "	2.01 "	2.01 "	0.68 "	0.68 "
計	2.71 "	1.53 "	6.69 "	3.78 "	2.27 "	1.28 "
ケーキ比重	2.71/1.53=1.77		6.69/3.78=1.77		2.27/1.28=1.77	
13. 汚 水 13						
(11-12)	3.62t/R		8.91t/R		3.03t/R	
14. フィルタープレ	9の水	49.02t/R	54.90t/R		48.36t/R	
浄澄水	10の水	0.38 "	0.94 "		0.32 "	
計	49.40 "		55.84 "		48.68 "	
12の水	0.81 "		2.01 "		0.68 "	
差引	48.59 "		53.83 "		48.00 "	
15. 水過不足						
一次稀釈水	4.8t/R		13.9t/R		3.36t/R	
二次 "	45.0 "		45.0 "		45.0 "	
計	49.8 "		58.9 "		48.36 "	
浄澄水	48.59 "		53.83 "		48.00 "	
差 引	1.21 " 不足		5.07 " 不足		0.36 " 不足	

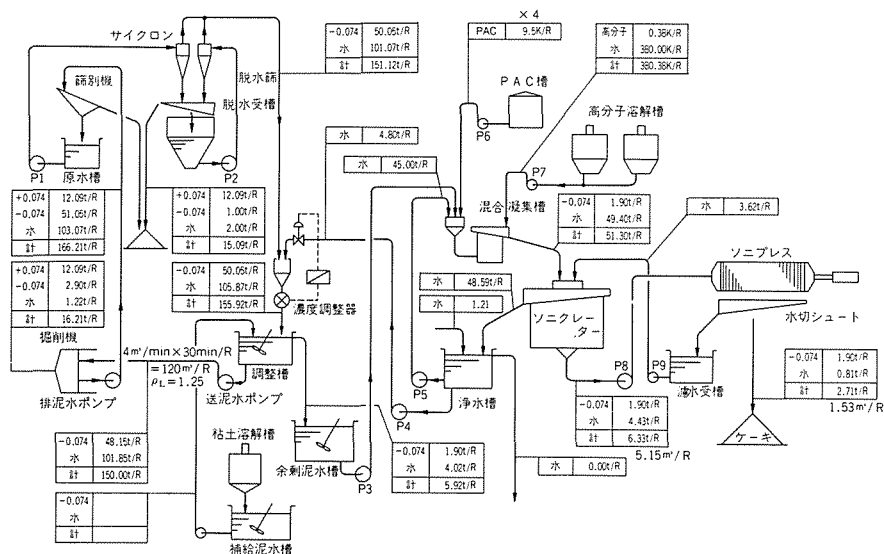


図-14 フローシート(実施例その I) No.4 層掘削時物質収支

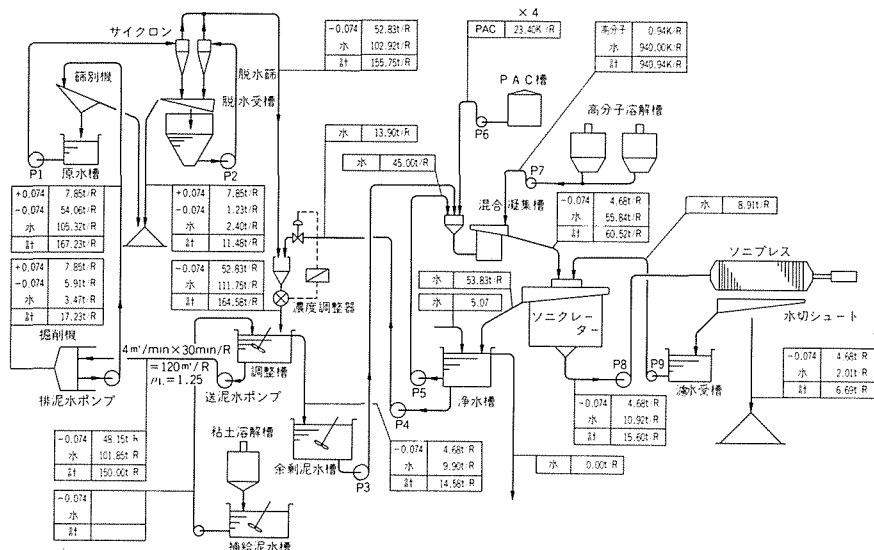


図-15 フローシート(実施例その I) No.6 層掘削時物質収支

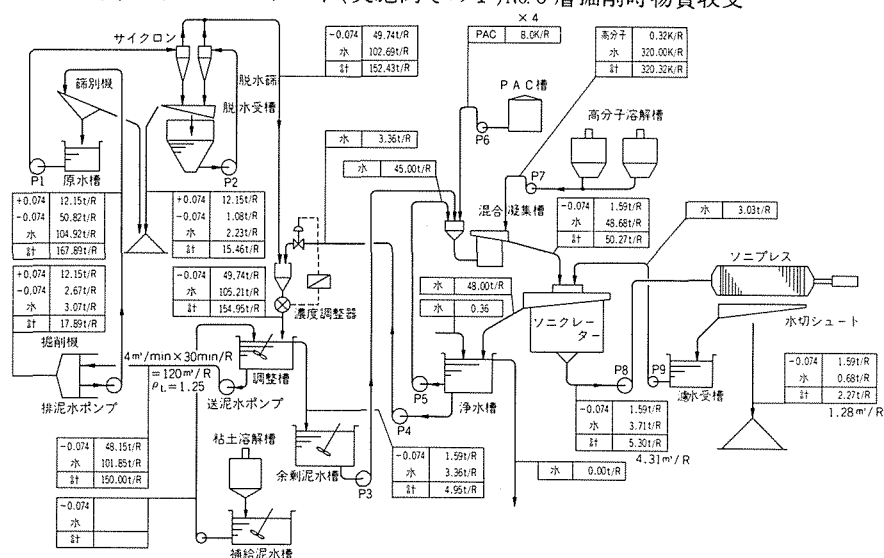


図-16 フローシート(実施例その I) No.8 層掘削時物質収支

3. 主要機器と全体配置 (表-9, 図-17)

表-9 3500φ 泥水シールド処理装置主要機器一覧表

No.	名 称	仕 様	数 量	設備電力 ④ kw×n=kw
①	ローヘッドスクリーン	900B×2400ℓ 織網	1	5.5×1=5.5
②	P-1	水中攪乱サンドポンプ NH-850 4.5m³/min×20mH	1	37×1=37
③	第1サイクロン	300φゴムライニング	2	
④	脱水篩	800B×2400ℓ ローヘッド型 SUSバースクリーン	1	7.5×1=7.5
⑤	P-2	1.0m³/min×20 H	2	11×2=22.0
⑥	第2サイクロン	225φゴムライニング	2	
⑦	比重調整器	比重検出、稀釈水量自動調節	1	
⑧	調整槽	4,800φ×3,000H 容積50m³ 分割ボルト締、攪拌機付	1	3.7×2=7.4
⑨	余剰泥水槽	3,600φ×3,000H 容積30m³ 分割ボルト締、攪拌機付	1	3.7×1=3.7
⑩	P-3	水中攪乱サンドポンプ 0.5m³/min×12mH	1	3.7×1=3.7
⑪	PAC槽	2,030φ×2,085H 容積6m³ ポリエチレン	1	
⑫	P-6	0~1,000cc/min 5kg/cm² 定量ポンプ BXD 13	1	0.1×1=0.1
⑬	高分子溶解槽	1,500φ×2,100H 容積3m³ 攪拌機付	2	1.5×2=3.0
⑭	P-7	50ℓ/min×10mH モノフレックスFP-1	1	0.75×1=0.75
⑮	混合凝集槽	750φ×1,200H 容積0.5m³ 攪拌機付	1	0.4×1=0.4
⑯	シックナー	W4038型 3890φ×3750H容積44m³ 有効面積9.6m² 分割ボルト締	1	1.5×1=1.5 1.5×1=1.5
⑰	浄水槽	3,600φ×3,000H 容積30m³ 分割ボルト締	1	
⑱	P-4	0.5m³/min×10mH 水中ポンプ	1	2.2×1=2.2
⑲	P-5	0.5m³/min×10mH 水中ポンプ	1	2.2×1=2.2
⑳	P-8	耐摩耗渦巻型 0.5m³/min×50mH	2	15×2=30
㉑	フィルタープレス	46吋、木製角形単式75室、自動開枠 汚過面積150m²、ケーキ容積2.25m³、油圧締付	2	0.75×2=1.5
㉒	水切シュート	油圧開閉式	2	
㉓	油圧ユニット	高低圧自動切替式油圧150kg/cm²	2	2.2×2=4.4
㉔	汚水受槽	2,400φ×1,500H 容積6m³	1	
㉕	P-9	0.5m³/min×10mH 水中ポンプ C3	1	2.2×1=2.2
㉖	汚布洗浄ポンプ	25ℓ/min×30kg/cm² 可搬型	1	2.2×1=2.2
㉗	ベルトコンベヤA	ポータブル350B×10,000ℓ 水平	4	1.0×4=4.0
㉘	ベルトコンベヤB	600B×10,000ℓ	1	2.2×1=2.2
㉙	ベルトコンベヤC	600B×24,000ℓ	1	5.5×1=5.5
㉚	土砂ホッパー	3.0m×3.5m 容積12m³ ゲートエヤ駆動	1	5.5×1=5.5
㉛	ベビコン	1,050ℓ/min×9.9kg/cm²、圧力 スイッチ式	1	5.5×1=5.5
㉜	補給泥水槽	2,400φ×3,000H 容積13m³ 攪拌機付	1	7.5×1=7.5
㉝	P-10	耐摩耗渦巻型 0.5m³/min×12mH CF5	1	3.7×1=3.7

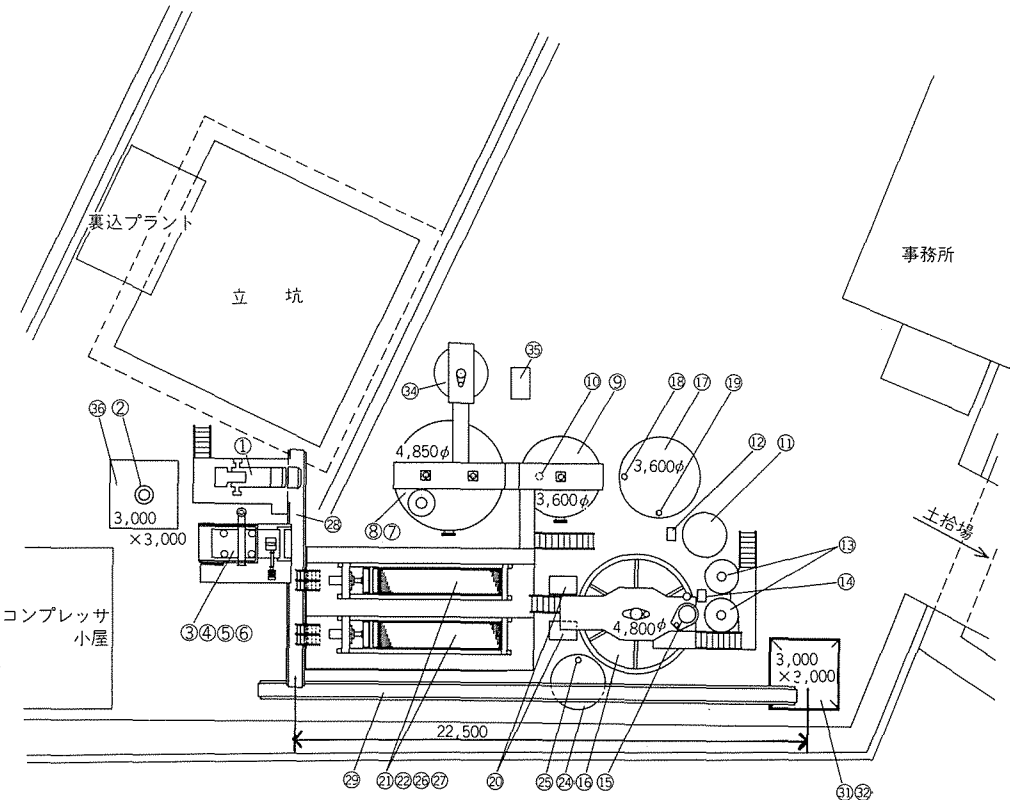


図-17 泥水処理設備全体配置図 (実施例その I)

実施例－そのII

施 工 店 所：千葉支店江戸川台作業所
工 事 名：送水管流山関宿線φ 700mm布設工事
シールド外径：φ 2,300mm
地 質：シルト混り中砂，細砂

1. 計画条件

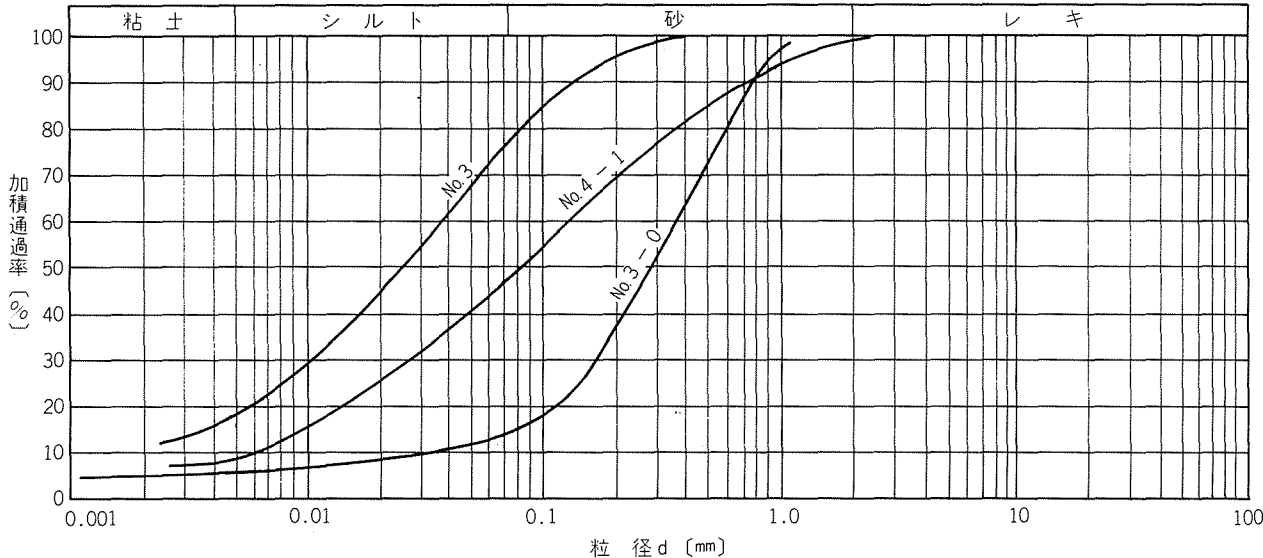
1－1 掘削条件

掘削径	2,300	φ
リング長	750	ℓ
断面積	4.16	m ²
掘削量	3.12	m ³ /R
掘削速度	6cm/min	12.5min/R
掘進サイクル	90	min/R
送泥水量	1.25	m ³ /min
泥水濃度	NO.3-0 26.3%wt NO.3 26.1%wt	
泥水比重	1.2	

1－2 土質条件 (表－10, 図－18)

表－10 土質条件 (実施例そのII)

項目	土質	No.3－0	No.3	No.4－1
真 比 重		2.723	2.775	2.738
含 水 比		32.6%	31.6%	27.9%
見 掛 比 重		1.912	1.946	1.986
粒 度 構 成				
レ キ		0%wt	0%wt	1%wt
砂		86 "	24 "	51.4 "
シルト		8 "	57 "	40.1 "
粘 土		6 "	19 "	7.5 "
計		100 "	100 "	100 "



図－18 粒度構成図 (実施例そのII)

1－3 泥水処理

- 1)一次処理
- +0.074の砂及び、レキはローヘッドスクリーンとサンドコレクターで分離し、含水率を25%前後にする。(ローヘッドスクリーンで分離する固結シルトは地山含水比で排出される。 上記含水率より高い場合がある。)
- 2)液比重の調整
- 一次処理後の泥水は比重調整器で必要な比重にして調整槽へ戻す。調整後過剰になった泥水は、余剰泥水槽に分離する。調整後泥水が不足するときは濃泥水

- にて補給する。
- 3)余剰泥水の処理
- 余剰泥水は無機凝集剤を添加し混合反応槽で混合凝集反応させスラリー槽に貯留し、フィルタープレスで脱水する。脱水ケーキは、直接ダンプで搬出できる含水率にする。(ケーキの含水率は泥水の粒度構成で可成りの幅がある。)
- 濾液は濾過の初期と濾布洗浄時には濁りを生ずることがあるので循環用の槽と清水槽に切替えて使用する。放流水のpHは5.8～8.6とする。

2. 物質収支 (表-11)

表-11 物質収支 (実施例そのII)

項 目	No.3 - 0		No.3		No.4 - 1	
1. 送泥水	$1.25\text{m}^3/\text{min} \times 12.5\text{min}/\text{R} = 15.63\text{m}^3/\text{R}$ $15.63\text{m}^3/\text{R} \times 1.2\text{t}/\text{m}^3 = 18.76\text{t}/\text{R}$		$1.25\text{m}^3/\text{min} \times 12.5\text{min}/\text{R} = 15.63\text{m}^3/\text{R}$ $15.63\text{m}^3/\text{R} \times 1.2\text{t}/\text{m}^3 = 18.76\text{t}/\text{R}$		$1.25\text{m}^3/\text{min} \times 12.5\text{min}/\text{R} = 15.63\text{m}^3/\text{R}$ $15.63\text{m}^3/\text{R} \times 1.2\text{t}/\text{m}^3 = 18.76\text{t}/\text{R}$	
SS	$18.76\text{t}/\text{R} \times 0.263 = 4.93\text{t}/\text{R}$		$18.76\text{t}/\text{R} \times 0.261 = 4.90\text{t}/\text{R}$		$18.76\text{t}/\text{R} \times 0.263 = 4.93\text{t}/\text{R}$	
W	$18.76 \text{ " } \times 0.263 = 13.83 \text{ "}$		$18.76 \text{ " } \times 0.739 = 13.86 \text{ "}$		$18.76 \text{ " } \times 0.737 = 13.83 \text{ "}$	
計	18.76 "		18.76 "		18.76 "	
2. 掘削地山	掘削量 m^3/R 3.12		3.12		3.12 m^3/R	
見掛比重	1.912		1.946		1.986	
含水比	32.6%		31.6%		27.9%	
掘削重量 t/R	$3.12 \times 1.912 = 5.97$		$3.12 \times 1.946 = 6.07$		$3.12\text{m}^3/\text{R} \times 1.986 = 6.20$	
SS	$5.97\text{t}/\text{R} \times \frac{1.0}{1.326} = 4.50\text{t}/\text{R}$		$6.07\text{t}/\text{R} \times \frac{1.0}{1.316} = 4.61\text{t}/\text{R}$		$6.20\text{t}/\text{R} \times \frac{1.0}{1.279} = 4.85\text{t}/\text{R}$	
W	$5.97 \text{ " } \times \frac{0.326}{1.326} = 1.47 \text{ "}$		$6.07 \text{ " } \times \frac{0}{1.316} = 1.46 \text{ "}$		$6.20 \text{ " } \times \frac{0.279}{1.279} = 1.35 \text{ "}$	
計	5.97 "		6.07 "		6.20 "	
+4.76mm	0t/R	m^3/R	0t/R	m^3/R	0.05t/R	m^3/R
4.76~0.074	3.87 "	t/R	1.11 "	t/R	2.49 "	4.85t/R 1.77 "
-0.074	0.63 "	"	3.50 "	"	2.31 "	(内-5 μ = 0.36t) "
小計	4.50 "	"	4.61 "	"	4.85 "	"
W	1.47 "	"	1.46 "	"	1.35 "	1.35 "
計	5.97 "	"	6.07 "	"	6.20 "	3.12 "
3. 排泥水	+4.76mm 0t/R m^3/R		0t/R m^3/R		0.05t/R m^3/R	
4.76~0.074	3.87 "	9.43t/R 3.46 "	1.11 "	9.51t/R 3.43 "	2.49 "	9.78t/R 3.57 "
-0.074	5.56 "	(0.36) "	8.40 "	(0.55) "	7.24 "	(0.48) "
W	15.30 "	(1.00) 15.30 "	15.32 "	(1.00) 15.32 "	15.18 "	(1.00) 15.18 "
計	24.73 "	18.76 "	24.83 "	18.75 "	24.96 "	18.75 "
液比重 ρ_L	24.73/18.76=2.32		24.83/18.75=1.32		24.96/18.75=1.33	
濃度	9.43/24.73=0.38		9.51/24.83=0.38		9.78/24.96=0.39	
4. 一次分離砂レキ	+4.76mm 0t/R		0t/R		0.05t/R 2.9t/R	
4.76~0.074	3.87 "	4.29t/R	1.11 "	1.29t/R	2.49 "	(0.75 $\times$ 0.48=0.36)
-0.074	0.42 "	(1.16 $\times$ 0.36=0.42)	0.18 "	(0.33 $\times$ 0.55=0.18)	0.36 "	(0.05 $\times$ 0.07=0.00)
W	1.16 "	(3.87 $\times$ 0.3=1.16)	0.33 "	(1.11 $\times$ 0.3=0.33)	0.75 "	(2.49 $\times$ 0.3=0.75)
計	5.45 "		1.62 "		3.65 "	
含水比	1.16/4.29=0.27		0.33/1.29=0.256		0.75/2.9=0.26	
5. サンドコレクター オーバー泥水	-0.074mm 5.14t/R 1.89 m^3/R		8.22t/R 2.96 m^3/R		6.88t/R 2.51 m^3/R	
W	14.14 "	14.14 "	14.99 "	14.99 "	14.43 "	14.43 "
計	19.28 "	16.03 "	23.21 "	17.95 "	21.31 "	16.94 "
液比重 ρ_L	19.28/16.03=1.20		23.21/17.95=1.29		21.31/16.94=1.26	
濃度	5.14/19.28=0.27		8.22/23.21=0.35		6.88/21.31=0.32	
6. 比重調整 添加量	-0.074mm 0. t/R 0. m^3/R		0t/R 0. m^3/R		地山のシルトの50%程度の粘土を 添加する	
水	0.26 "	0.26 "	8.28 "	8.28 "	1.15t/R 0.43 m^3/R	
計	0.26 "	0.26 "	8.28 "	8.28 "	8.07 "	8.07 "
添加内訳	{ 泥水 0 t/R 清水 0.26 "		{ 泥水 0 t/R 清水 8.28 "		{ 50%wt泥水 2.30t/R 清水 6.92 "	

(表-11のつづき)

項 目	No. 3 - 0		No. 3		No. 4 - 1	
7. 調整槽戻り						
-0.074mm	5.14t/R	1.89m³/R	8.22t/R	2.96m³/R	8.03t/R	2.94m³/R
水	14.40 "	14.40 "	23.27 "	23.27 "	22.50 "	22.50 "
計	19.54 "	16.29 "	31.49 "	26.23 "	30.53 "	25.44 "
液比重 ρ_L	19.54/16.29=1.20		31.49/26.23=1.20		30.53/25.44=1.20	
濃 度	5.14/19.54=0.263		8.22/31.49=0.261		8.03/30.53=0.263	
8. 余剰泥水						
-0.074mm	0.21t/R	0.08m³/R	3.32t/R	1.20m³/R	3.10t/R	1.13m³/R
水	0.57 "	0.57 "	9.41 "	9.41 "	8.67 "	8.67 "
計	0.78 "	0.65 "	12.73 "	10.61 "	11.77 "	9.80 "
液比重 ρ_L	0.78/0.65=1.20		12.73/10.61=1.20		11.77/9.80=1.20	
濃 度	0.21/0.78=0.269		3.32/12.73=0.26		3.10/11.77=0.263	
9. 作泥					粉末粘土を使用する	
余剰泥水 { -0.074	t/R	m³/R	t/R	m³/R	t/R	m³/R
水	"	"	"	"	"	"
小計	"	"	"	"	"	"
添加 { 粘土	t/R	m³/R	t/R	m³/R	1.15t/R	0.43m³/R
水	"	"	"	"	1.15 "	1.15 "
合計	"	"	"	"	2.30 "	1.57 "
液比重 ρ_L					2.30/1.57=1.465	
濃 度					1.15/2.30=0.50	
10. 処理泥水						
-0.074	0.21t/R	0.08m³/R	3.32t/R	1.20m³/R	3.10t/R	1.13m³/R
水	0.57 "	0.57 "	9.41 "	9.41 "	8.67 "	8.67 "
計	0.78 "	0.65 "	12.73 "	10.61 "	11.77 "	9.80 "
液比重 ρ_L	0.78/0.65=1.20		12.73/10.61=1.20		11.77/9.80=1.20	
濃 度	0.21/0.78=0.269		3.32/12.73=0.26		3.10/11.77=0.263	
11. 凝集剤						
PAC 25kg/sst	25kg/sst×0.21sst/R=5.25kg		25kg/sst×3.32sst/R=83kg		25kg/sst×3.1t/R=77.5kg/R	
硫酸バンド "						
水						
計						
12. 脱水ケーキ						
含水比50%						
-0.074	0.21t/R	0.08m³/R	3.32t/R	1.20m³/R	3.10t/R	1.13m³/R
水	0.10 "	0.10 "	1.66 "	1.66 "	1.55 "	1.55 "
計	0.31 "	0.18 "	4.98 "	2.86 "	4.65 "	2.68 "
ケーキ比重	0.31/0.18=1.72		4.98/2.86=1.74		4.65/2.68=1.74	
13. 脱水	0.57-0.1=0.47t/R		9.41-1.66=7.75		8.67-1.55=7.12	
14. 水過不足						
稀釈水	0 t/R		8.28t/R		6.92t/R	
作泥水	0 "		0 "		1.15 "	
小計	0 "		8.28 "		8.07 "	
脱水	0.1 "		7.75 "		7.12 "	
差 引	0.1 "		0.53 "		0.95 "	
過 不 足	放流		補給		補給	

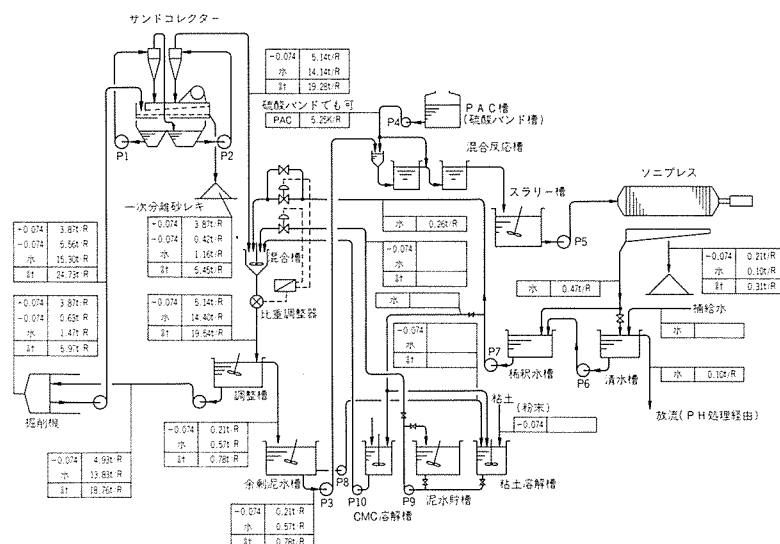


図-19 フローシート（実施例そのII）No.3 - 0層掘削時物質収支

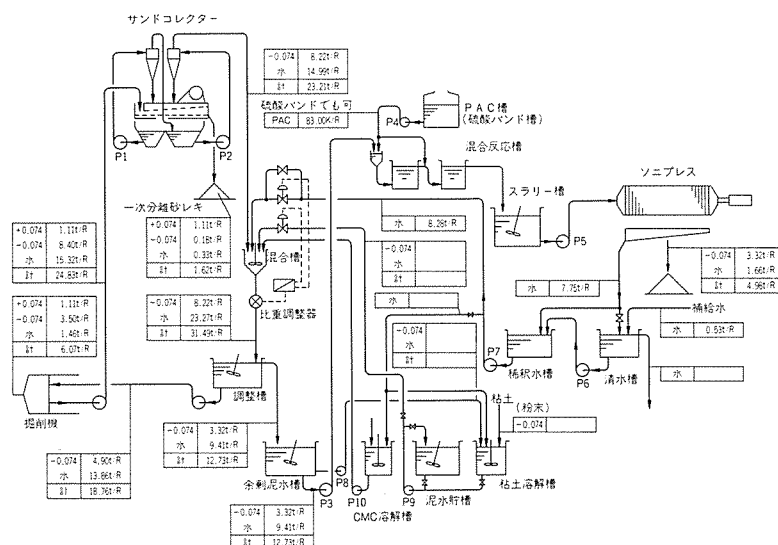


図-20 フローシート（実施例そのII）No.3 層掘削時物質収支

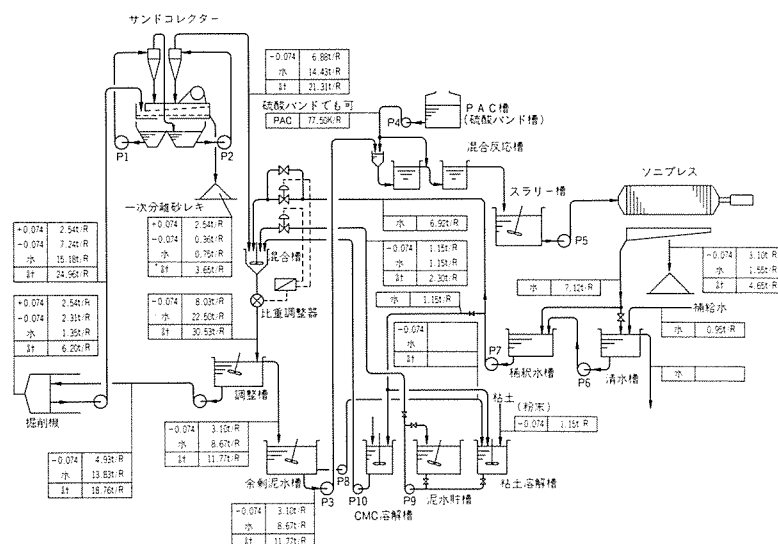


図-21 フローシート（実施例そのII）No.4 - 1層掘削時物質収支

3. 主要機器と全体配置 (表-12, 図-22)

表-12 2300φ 泥水シールド処理装置主要機器一覧表

No.	名 称	仕 様	数 量	設備電力 ③ kw×n= kw	運 転 重 量 (t)
①	サンドコレクター	1) 一次サイクロン300φ ゴムライニング	1	5.5×1=7.5 11×2=22	7.5
		2) 二次サイクロン230φ ゴムライニング	2		
		800B×3000ℓ 一床	1		
		3) 脱水ローヘッド型SUSノースクリーン	1		
		4) P2 耐摩耗渦巻1.0m ³ /min×15mH	2		
		5) 架台、脱水受槽、操作盤及機内配線	1式		7.5
②	比重調整器	1) 検出器、制御盤	1		1.7
		2) 制御弁 3B	1		
		3) 混合槽 950φ×1000H、0.7m ³	1		
③	調整槽	3600φ×3050H、容積30m ³ 分割型ボルト締、攪拌機付	1	5.5×1=5.5	57.5
④	余剰泥水槽	2700φ×3050H、容積17m ³ 分割型ボルト締、攪拌機付	1	3.7×1=3.7	23.3
⑤	P	耐摩耗渦巻ポンプ0.7m ³ /min×10mH	1	5.5×1=5.5	0.15
⑥	P A C 槽	2030φ×2085H、容積6m ³ ポリエチレン	1		12.9
⑦	P	定量ポンプ 10ℓ/min×5kg/cin B×0.53	1	0.4×1=0.4	0.1
⑧	混合反応槽	1400φ×1,500H、容積2.3m ³ 攪拌機付	2	1.5×1=3.0	10.0
⑨	スラリー槽	2700φ×3050H、容積17m ³ 攪拌機、集泥機付	1	3.7×1=3.7	23.3
⑩	フィルタープレス	1) P 5 耐摩耗渦巻型0.4m ³ /min×50mH	1	1.5×2=30	32.5
		2) ソニプレス 46吋木製角形単式85率 動開弁、ろ過面積150m ² 、容積2.55m ³	1	0.75×2=1.5	
		3) 油圧ユニット 高低圧自動切替式150kg/cm ²	1	2.2×2=4.4	
		4) 水切シュート 油圧開閉式	1		
		5) ケース排出コンベヤボークナル350B×10mℓ	2	1.0×4=40	
		6) 架台、踊場・階段・手摺付	1式		
		7) 操作盤・機内配線	1式		
⑪	清水槽	2400φ×1500H、容積6.5m ³	1		10.2
		水中ポンプ 0.5m ³ /min×10mH	1	2.2×1=2.2	0.1
⑬	稀釈水槽	2900φ×2,250H、容積14.5m ³	1		10.2
⑭	P	水中ポンプ 1.0m ³ /min×15mH	1	5.5×1=5.5	0.1
⑮	粘土溶解槽	1500φ×2100H、容積3.0m ³ 攪拌機付 (粉末溶解用)	1	3.7×1=3.7	5.5
⑯	貯泥槽	2400φ×3050H、容積13.0m ³ 分割型ボルト締、攪拌機付	1	3.7×1=3.7	23.5
⑰	P	耐摩耗渦巻型 0.4m ³ /min×10mH	1	3.7×1=3.7	0.25
⑱	ベルトコンベアA	600B×10mℓ、水平	1	2.2×1=2.2	2.5
⑲	ベルトコンベアB	600B×20mℓ、傾斜	1	5.5×1=5.5	5.0
⑳	土砂ホッパー	2.4m×2.4m×6.0mH、容積6.0m ³ ゲートエヤ当区動、コンプレッサー付	1	3.7×1=3.7	17.0
㉑	中和ユニット	1) 水槽	1	2.4	0.1
		2) P10 水中ポンプ	1	0.25×1=0.25	
		3) 中和槽	1	0.4×1=0.4	
		4) 放流記録槽	1	1.2	
		5) PH制御盤 1、検出器 2	1	0.2	
		6) 硫酸槽	1	0.3	
		7) P11 定量ポンプ	1	0.1×1=0.1	
㉒	CMC溶解槽	1500φ×2100 容積3.0m ³ 攪拌機付	1	1.5×1=1.5	4.0
㉓	CMCポンプ	モノフレックス 1½ 100ℓ/min×10mH	1	1.5×1=1.5	0.05

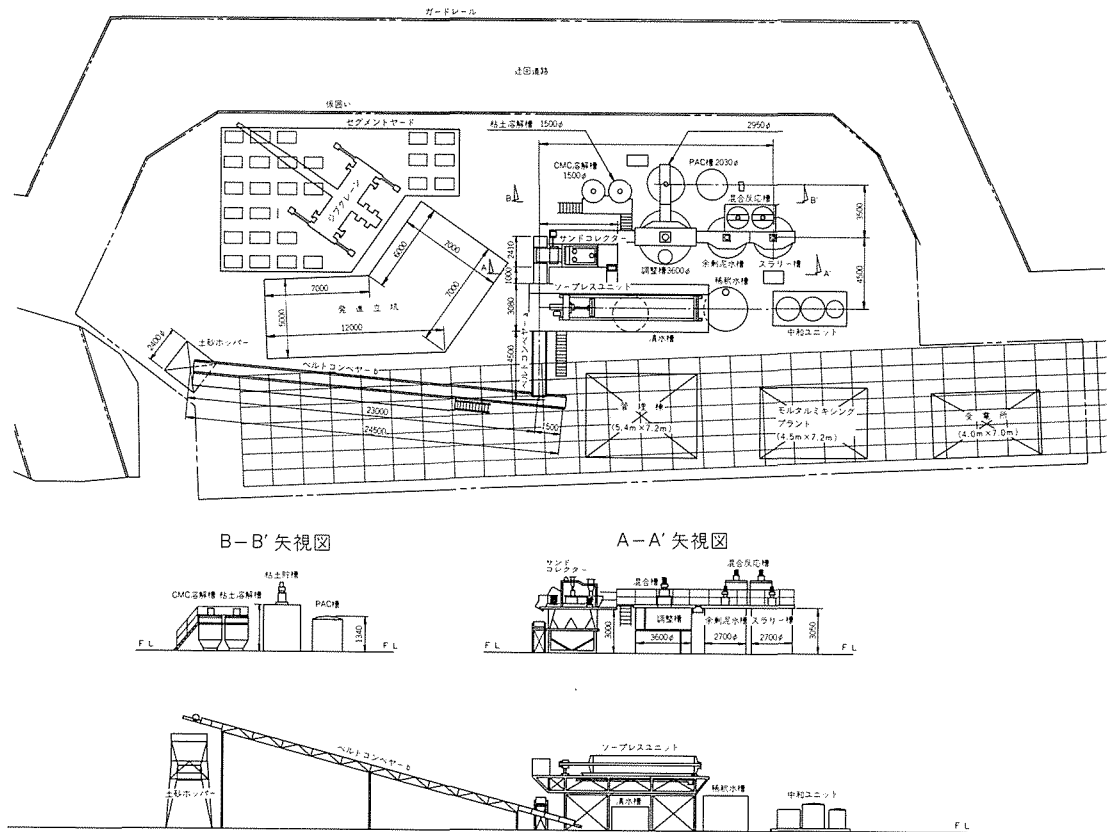


図-22 泥水処理設備全体配置図

§ 5. あとがき

泥水処理システムの考え方と実施例について紹介したが、泥水処理システムの技術は比較的歴史の浅い分野であり、新しい技術の開発、導入によって、より高度で経済的なシステムへと発展するであろう。今後合理的な処理システムを考えるうえにおいて当面検討されなければならない課題として次のようなものが考えられる。

機構的な面からいえば、現在、行っている処理システムは、バッチ式であり、将来一次処理から脱水プロセスまでを連続したフローで処理することが必要である。そのためには微細粒子を含む泥水に対する脱水機の開発が当面の課題となる。また、連続処理することで設備のコンパクト化をはかれるメリットも見逃せない要素である。

公害の面から考えると、市街地での施工による周辺環境への影響を配慮する必要がある、騒音、振動の発生を極力押さえた処理機械の開発が必要であるとともに、2次公害防止の点から、無薬注による処理システムの開発が望まれる。

経済性の面から考えると、泥水シールド工法における処理設備は、非生産的な要素が多分にあり、省力化、合理化による設備投資の低減を極力はからなければならない。また、将来処理残土の有効利用も生産性を高める上での一つの方法であろう。

本報告書は、当社が現在までに実施した処理システムに関しての考え方と実例を紹介したが、泥水処理計画段階で多少でも参考になれば幸甚である。

参考文献

- ・ S. 50.11. 「最近の泥水シールド工法」 技術情報センター
著者 超音波(株) 永井正男
- ・ 大明化学工業 大明テクニカルガイド
- ・ 骨材資源 通巻No.19 1973 「凝集剤とは」
著者 日本サイアミッド(株) 岸本嘉夫