

14. 関門航路浚渫工事における土砂の分級 ならびに今後の展開

国土交通省 関門航路事務所：村山 伊知郎、

信幸建設㈱：田中 泰弘、*峯吉 武志

関門航路はわが国と東アジアを結ぶ国際的な海上交通の要衝となっており、日々として航路の増深、拡幅、埋没対策のための浚渫工事が行われ、今後も浚渫工事を継続していく必要がある。大量に発生する浚渫土砂は、主に埋立地や人工島建設に有効利用されているが、土砂処分場の受入容量にも限りがあり環境負荷を低減するためにも、浚渫土砂の減容化を図り現処分場の延命化を最大限図ることが必要である。そこで今回、大容量の処理能力を有する遠心分離装置を用いて関門航路中央水道地区の浚渫土砂を効率良く砂とシルト・粘土に分級する新しい分級工法（ソイルセパレータ工法）を採用し、約 30 万 m³ の浚渫土砂から約 20 万 m³ の砂を取り出す事に成功した。本報告では、分級工法の概要と現場施工への適用実績ならびに今後の展開について紹介する。

1. はじめに

平成 14 年度、国土交通省九州地方整備局関門航路事務所は図-1 に示すように関門航路中央水道地区の浚渫・分級工事を実施した。本区域の浚渫土砂はシルト混じり砂で比較的多くの砂を含んでいた。一方、新北九州空港建設工事では浚渫土砂により造成した地盤上への覆土工事の最中であり、大量の良質土を必要としていた。そこで、浚渫土砂から砂を取り出して覆土材に活用できれば、土砂を購入・運搬せずに空港工事を進めることができ、処分場に捨てる土砂も減らすことができる。

土砂を砂とシルト・粘土に分ける分級は、これまで小規模な実施事例しかなく、港湾工事における浚渫土砂のような大量に発生する土砂に適用するのは困難であった。今回採用した「ソイルセパレータ工法」は、港湾、河川、湖沼、ダム等から発生する砂分を含む浚渫土砂を分級装置により砂分とシルト・粘土分とに分け（分級）、養浜や盛土などの各種建設材料としてリサイクルするシステムである。本システムの最大の特長は、遠心分離装置の一種であるソイルセパレータの泥水処理能力が最大約 3,000m³/hr と従来工法の 10 倍以上の泥水処理能力を持っていることである。

本システムにより、

- ① 浚渫土砂のリサイクル推進
 - ② 海砂や山砂採取による自然環境への負荷低減
 - ③ 浚渫土砂リサイクルによる建設材料購入費の節約
- などの効果が期待できる。

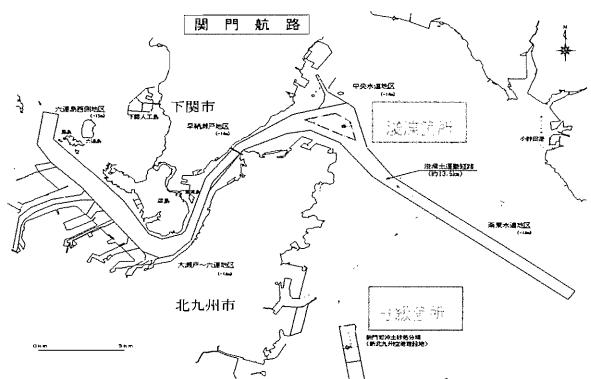


図-1 浚渫・分級工事の位置図

2. ソイルセパレータ

(1) ソイルセパレータの形式と仕様

ソイルセパレータは、上下水道施設の大規模沈砂池や沈殿池の代替、製鉄所クーラントのスケール除去、各種工場の冷却水・処理水・雑用水の異物除去、ワイン醸造工程の異物・不純物除去など、水や溶液に含まれている粒子や異物の分離、濃縮、回収、除去を行う分離装置として広範囲に用いられているものである。ソイルセパレータには軽負荷、中負荷、重負荷の3形式があり、浚渫土砂を取り扱う場合には、混合濃度が比較的濃く大粒径を対象としている重負荷専用機を用いる。適用流量は最小 6m³/hr から最大 2,895m³/hr までのものがある。表-1にソイルセパレータの性能を示す。

(2) ソイルセパレータの構造・分級原理と特長

重負荷用ソイルセパレータの構造は図-2に示す通りであり、極めて単純な構造となっている。

作動原理は以下の通りである。

- ① 液体と固体は接線方向でソイルセパレータに流入し、分離筒の内側で一様な渦流状態となる。
- ② 液体より重い固形物は、遠心力により分離筒の内壁に当たりながら固形物と液体との分離が始まる。
- ③ 固形物は内壁に沿ってゆっくりと沈降して行き、下部のコレクションチャンバーに貯まる。
- ④ 渦流となって下降してきた液体は下部案内羽根機構（反転板）によって瞬間に急減速され、更に固液分離（2次）される。
- ⑤ 固形物を含まない液体は中心渦（負圧）によって急上升し、吐出口から外部に排出される。
- ⑥ コレクションチャンバーに堆積した固形物は必要に応じて、定期的に、あるいは連続的に排泥口から排出する。

以上のように、ソイルセパレータは極めて単純な構造と分級原理から成り立っており、その特長をまとめると次のようになる。

- ① 本体が小型・軽量で電力その他の動力を必要とせず、設置面積が極めて小さい。
- ② 密閉構造であり、騒音を発生せず、周囲を汚さない。
- ③ 圧力損失が極めて小さく、処理流量幅が大きい（最大流量は最小の約2倍）ため、処理水量が急激に変化しても分離性能に影響がない。
- ④ 分級性能が優れている。

ソイルセパレータの設置角度は、小型のものでは 90°

表-1 ソイルセパレータの性能
(メーカ推奨値)

分離性能	74 μm までの回収率： 98%
最大圧力×温度	1.0Mpa × 315°C
最高濃度	2.5% (25,000ppm)
流量範囲	最小 6m ³ /hr から 最大 2,895m ³ /hr まで
通過粒径	6.0mm 以下の小型から 50.0mm 以下の大型まで
最大堆積量	1.2 t の小型から 416 t の大型まで
圧力損失	0.03~0.08Mpa

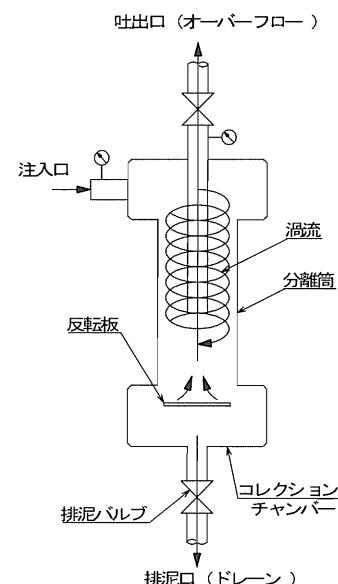


図-2 重負荷用ソイルセパレータの構造

直立型が一般的で、中・大型では 45° 、 22.5° 傾斜型も選択可能で、分級性能は同様である。

写真－1に今回使用した最大規模のソイルセパレータを示す。直径 1.2m φ、長さ 6.0m、設置角度 22.5° となっている。

3. ソイルセパレータ工法の概要

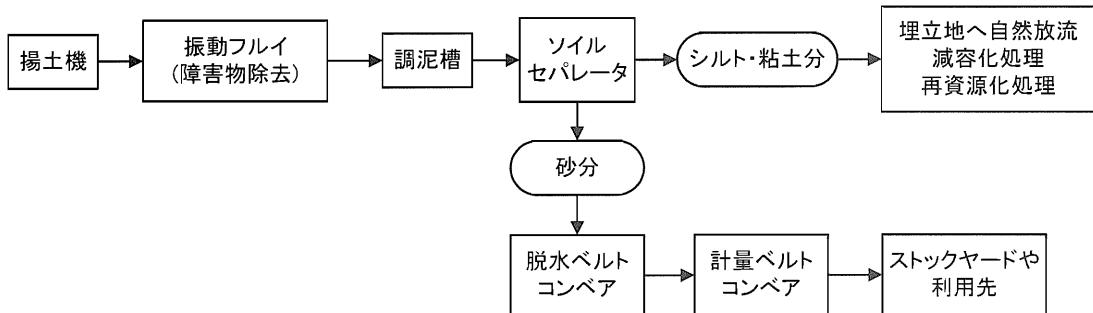
浚渫土砂を材料化する新しい分級システムでは、砂分を含んだ泥水状態の浚渫土砂から砂分とシルト・粘土分とに分級するために遠心分離装置の一種であるソイルセパレータを使用している。

今回の分級工事では、分級専用揚土船により泥水化された浚渫土砂を泥水処理能力が $1,785\sim 2,895\text{m}^3/\text{hr}$ の最大クラスのソイルセパレータを2基使用している。そして、分級後の砂を含む高濃度泥水は、搬送能力が $150\text{m}^3/\text{hr}$ の大型脱水コンベア4基により自然含水比に近い程度まで脱水され、脱水後の砂の質量は計量コンベアにより常時管理されている。約 $300,000\text{m}^3$ の浚渫土砂を分級して砂を取り出し、建設中である新北九州空港の覆土材として有効活用している。

浚渫・分級の具体的手順は以下の通りとなり、図－3に分級システムフローを示す。

- ① グラブ浚渫した浚渫土砂を土運船で土砂処分場(新北九州空港)まで運搬。
- ② 分級専用揚土船の大型バックホウにより浚渫土砂を揚土(揚土量約 $600\text{m}^3/\text{hr}$)。
- ③ さらに、分級専用揚土船で浚渫土砂に加水し(含泥率約 15%)、陸上に設置した2基のソイルセパレータに送泥(送泥量約 $2,300\text{m}^3/\text{hr}\times 2$ ライン)。
- ④ ソイルセパレータで砂分を分級(泥水処理能力 $1,785\sim 2,895\text{m}^3/\text{hr}$ 、砂抽出量約 $240\text{m}^3/\text{hr}\times 2$ 基)
- ⑤ 砂分は振動装置付き脱水コンベアで脱水し(含水比約 25%)、計量コンベアにより分級砂を計量。
- ⑥ 分級後の泥水は土砂処分場内の汚濁防止装置を施した区域に放流する。

写真－2、3に主要な分級設備を、表－2に分級設備の主要目を示す。



図－3 分級システムフロー

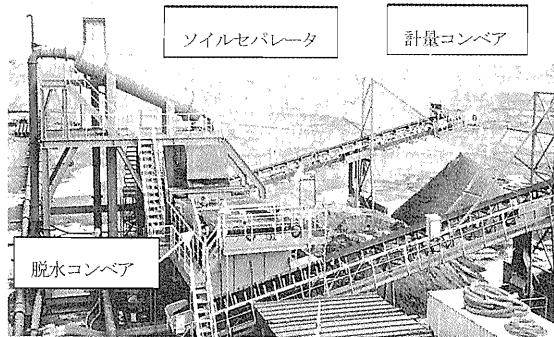


写真-2 分級システム全体

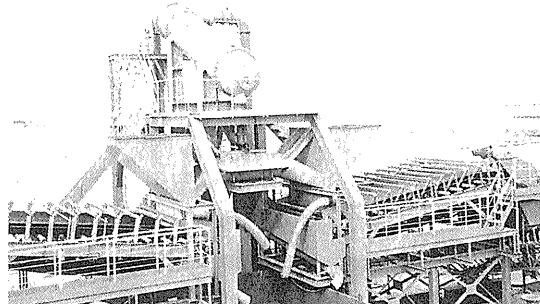


写真-3 脱水コンベア

表-2 主な分級設備の主要目

名 称	規 格	数 量	備 考
分級専用 揚土船	能 力 600m ³ /hr	1 隻	写真-4
ソイル セパレータ	泥水処理能 力 1,785～ 2,895m ³ /hr	3 台	RFD2000 1台は予備
脱水コンベア	搬送能力 150m ³ /hr 3000*L8000	4 台	
計量コンベア	計量能力 400t/hr	4 台	砂計量
施工管理装置		1 式	



写真-4 分級専用揚土船

表-3 土質試験結果一覧

項 目	浚渫土	分級砂
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.636	1.630
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.105	1.292
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.654	2.652
自然含水比(%)	50.4	26.3
砂分含有率(%)	76.2	98.0
シルト・粘土含有率(%)	23.8	2.0

※各数値は、20回の土質試験結果の平均値

表-4 浚渫・分級数量のまとめ

項 目	数 量
浚渫土量	338,081m ³
分級砂回収率	91.2%
分級砂量	226,628m ³

4. 分級工事の実績

分級性能を管理するため、分級前の浚渫土砂および分級砂に対し定期的に土砂サンプリングを行い、物理試験(湿潤密度、乾燥密度、土粒子密度、含水比等)と粒度試験を実施した。表-3、4に土質試験の結果及び浚渫・分級数量のまとめを示した。浚渫土砂の平均砂分含有率は約 76.2%と当初推定値 75%に

近い値となった。一方、分級砂は砂分含有率 98.0%、含水比約 26.3%と高品質の建設材料となり、覆土工事に支障の無い砂を供給することができた。また、浚渫土砂の砂分乾燥質量に対する分級砂の乾燥質量の比を分級砂回収率と定義すると、今回の分級工事における分級砂回収率は約 91%となり高い分級性能を示した。

5. 今後の展開

今回、大容量かつ高能率な分級工法(ソイルセパレータ工法)を世界で初めて採用し、当初計画通りの成果をあげることができた。ソイルセパレータ工法は、分級砂を有効に活用できるとともに浚渫土砂の減容化により土砂処分場の延命が図れるという一石二鳥の効果があり、浚渫土砂のリサイクル技術の幅がさらに広がった。一方、分級後の残されたシルト・粘土分泥水、あるいはもともと砂分の少ない浚渫土砂の減容化として、一般的には機械脱水などが採用されているが、処理容量が小さい、処理コストが高い等の問題がある。

今後は大量のシルト・粘土を効率的に処理できる技術開発が必要と考え、シルト・粘土分を各種建設材料として容易にリサイクルできる安価な固液分離システムの開発に取り組み、平成 15 年 7 月に実証実験を行ない、本システムの分離性能および安全性を確認した。この固液分離システムは、大量の泥水を比較的簡単な設備により連続処理することにより大容量・低コスト化を実現している。

今回開発した固液分離システムは、凝集剤注入装置、迂流式水路、フロック分離箱から構成されている。当システムにより作り出されるフロックは、充分に粗粒化され脱水が容易なので、利用目的に合った減容化処理を行うことにより養浜や盛土などの各種建設材料としてリサイクルすることが可能となる。

固液分離システムと既に実績のある分級工法を組み合わせることにより、浚渫土砂を 100% リサイクル可能な「ソイルセパレータ工法トータルシステム」を完成させた。写真-5、6 に固液分離設備及び分離状況を、図-4 にソイルセパレータ工法トータルシステムを示す。

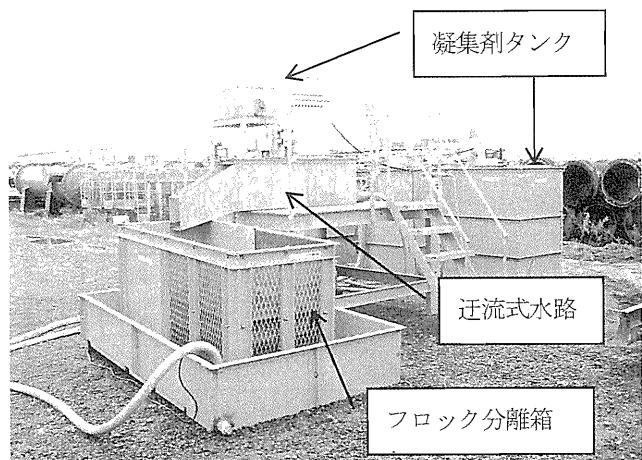


写真-5 固液分離設備



写真-6 固液分離状況（フロック分離箱内）

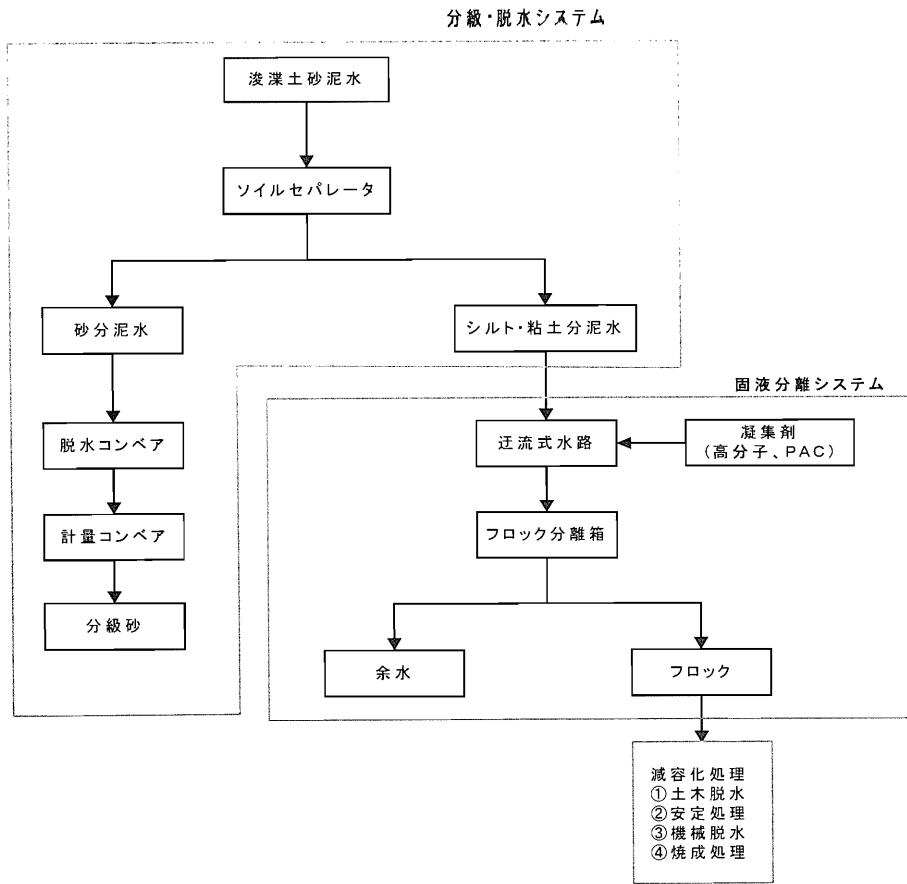


図-4 ソイルセパレータ工法トータルシステム

6. おわりに

今回、関門航路の浚渫工事に於いてソイルセパレータ工法が採用され、当初計画通りの成果をあげることができ、喜ばしい限りである。さらに分級されたシルト・粘土分泥水についても固液分離システムの開発により、建設材料としてリサイクルできる方法を確立することができた。今後は、従来の減容化処理技術（機械脱水、安定処理等）では困難な大容量かつ低コストの新しい処理技術を開発し、浚渫土砂のリサイクル促進を図り、循環型社会の構築、ひいては地球環境負荷低減に貢献していきたい。

最後に、本工事の施工に際し、いろいろとご指導、ご鞭撻頂いた九州地方整備局殿並びに関係各位に対して心からの謝意を表するものである。