

浚渫土砂や津波堆積物の 分別・分級・有効利用と処分量の減容化

ソイルセパレータ・マルチ工法

御手洗 義 夫

近年の我が国では、浚渫土砂の処分場容量が逼迫しており、かつ建処分場を新たに建設することも難しい状況にあることから、浚渫土砂の有効利用や減容化が求められている。「ソイルセパレータ・マルチ工法」（以下「本工法」という）は、砂質系の浚渫土砂から良質の砂礫やシルトを取り出して有効利用し、処分量を減容化することを目的として開発した工法である。また本工法をベースとして、東日本大震災で大量発生した津波堆積物の処理に適用を拡大し、ごみやがれき類をほぼ完全に分別・除去することで処分量の減容化を図り、高品質で多用途な土質材料を復興用資材として有効利用するシステムを構築した。

キーワード：分級、浚渫土砂、津波堆積物、減容化、有効利用

1. はじめに

我が国の港湾地域では、航路や泊地の増深や拡幅や維持などによって、年間約 2,000 万 m^3 という大量の浚渫土砂が発生している。土質別にみると、2008 年度の統計では、浚渫土砂の内、粘性土が全体の 62%、砂質土が 33%、中間度が 4% および礫・岩盤が 1% となっている¹⁾。砂質土は全体の 1/3 を占めているが、図—1 に示すように、浚渫土砂の内、養浜への利用が 2% であることから、細粒分を殆ど含まない良質な砂質土の割合は非常に低いものと推測される。

砂質土は、シルト分以下の細粒分含有率が概ね 15～20% を超えると、少量の加水で、軟弱で水はけが悪い状態を呈するようになる。したがって、浚渫土砂の内、“砂質土” に分類されるものの殆どは、浚渫直後に運搬や転圧が困難なものといえる。これらは、一般的には石灰やセメント処理を施すか、無処理の状態

で埋立処分されている。一方で近年、埋立地や土砂処分場の容量は逼迫しており、浚渫土砂の有効利用や減容化が求められている。このような背景から、砂質系の浚渫土砂から良質な土砂を抽出、有効利用し、処分量を減容化する目的で開発したのが「本工法」である。

また東日本大震災では、津波により海から運ばれた土砂が多様なごみやがれきと混在し、沿岸部に大量に残され、1 千万トン以上の“津波堆積物”となった。そこで、本工法に改良を加え、津波堆積物から細かなごみやがれきまでをほぼ完全に除去した土質材料を抽出し、高品質で多用途な復興資材を供給できるシステムを構築した。本文は、本工法の説明を行うとともに、浚渫土砂および津波堆積物の処理の実績を示したものである。

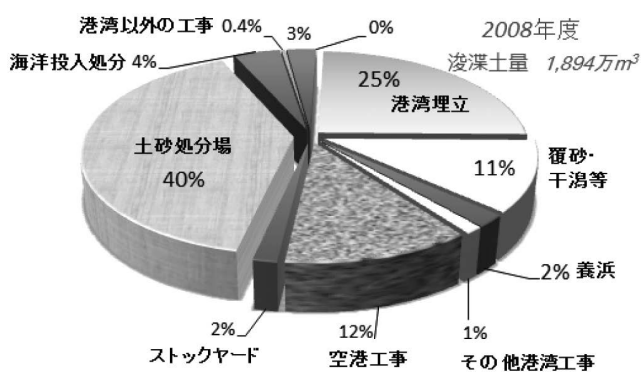
2. 本工法の概要

(1) 本工法の構成

本工法は、砂質系の浚渫土砂に加水して、粒度ごとに分級・抽出し、残った泥水を連続的に処理するものであり、次に示す 3 つの主要技術から構成されている。

◆湿式分級処理技術：“湿式分級”とは、土砂に加水、攪拌して分級する技術であり、主に攪拌槽、サンドポンプ、遠心分離装置、振動フルイから構成される。加水をすることで、ごみや障害物、砂礫、シルトに付着した細粒分を分離・除去できる点に特徴がある。

◆泥水の凝集沈殿処理技術：シルト以上の粒子を分級、抽出した後の泥水は、凝集沈殿処理を行う。本技



図—1 浚渫土砂の処分方法（2008 年度）¹⁾

術は、泥水中の土粒子を凝集沈殿剤でフロック化し、固液分離するもので、薬剤添加・攪拌装置および脱水ボックス（写真—1）から構成される。

◆**脱水処理技術**：脱水処理は、凝集沈殿処理したフロックからさらに水分を抜く技術であり、必要とする脱水レベル（減容化レベル）やコストに応じていくつかの方法が選択できる。



写真—1 脱水ボックス

(2) 処理フロー

図—2に処理フロー図、写真—2に全景写真を示す。本工法では、図—2に示すように、大きく分けて5段階の処理を連続的に行う。

① 1次・2次処理（大きな障害物の除去）

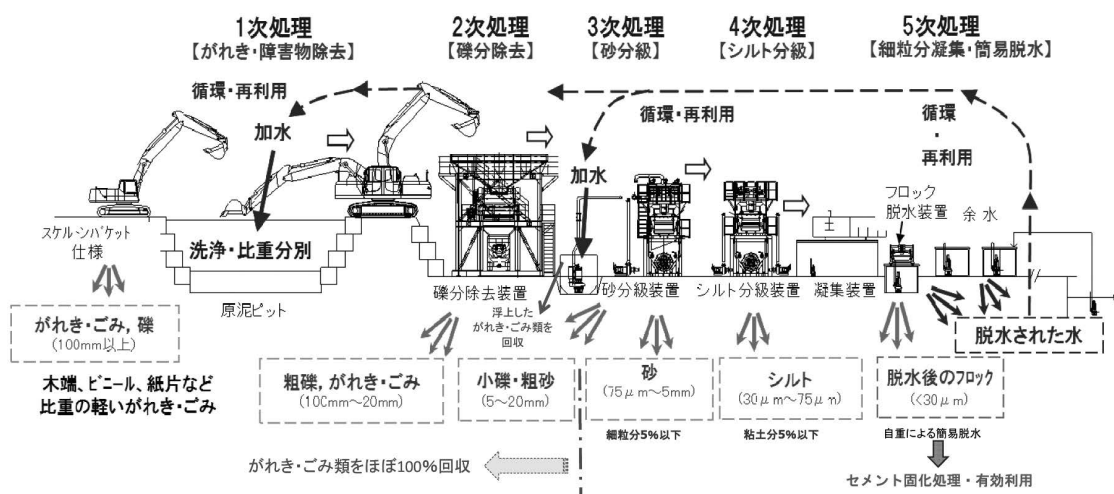
ここではまず、スケルトンバケットバックホウや振動フルイを用いて、大きな障害物（大きな礫、ごみ、がれき類）の除去を行う。

② 3次・4次処理（礫分、砂分、シルト分の分級）

ここでは、土砂の加水・解泥・攪拌装置（槽）から、ポンプ送泥し、遠心分離装置と振動フルイにて、粒度ごとに段階的に分級を行う（写真—3）。各段階の分級点（土粒子寸法）の設定はある幅を持っており、処理対象土砂の粒度構成や分級後の要求品質に応じてある程度変更可能である点に特徴がある。

③ 5次処理（泥水処理）

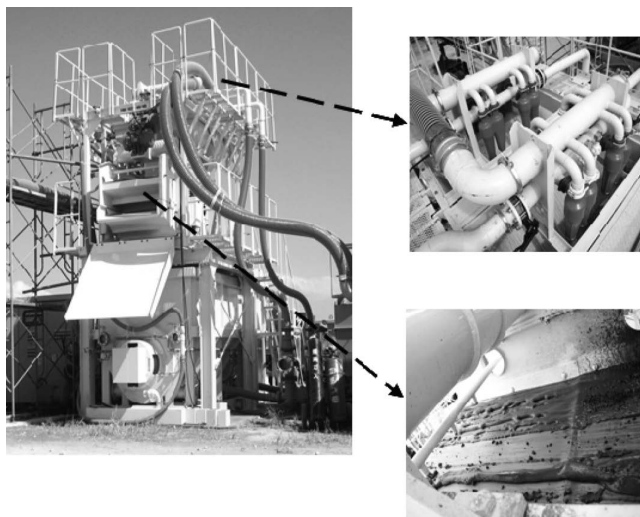
次に、粘土分を含んだ泥水は、凝集沈殿、固液分離および脱水処理を行う。泥水に凝集沈殿材を添加・攪拌後は、脱水ボックス（写真—1）で連続的に固液分離した後に、コストや用途、処分方法などに応じた方法を選択して脱水処理を行う。脱水処理方法として



図—2 本工法による処理フローの例



写真—2 システム全景（60～80 m³/時間級ユニット）



写真一3 シルト分級装置（左：全景，分離装置，右下：振動フルイ）

は、天日乾燥、自重や盛土による圧密、機械による高レベル脱水などがあげられる。脱水時に発生する余水は、加水用の水として循環・再利用するため、最終的な余水処理量が非常に少ないという点にも特徴がある。

(3) 処理能力および土砂の適用範囲

処理能力は、処理前の土砂ベースで $60 \sim 80 \text{ m}^3/(\text{時間} \cdot \text{ユニット})$ である。この他に、主なパーツのほとんどを市販品やリース品とした、能力 $20 \sim 30 \text{ m}^3/(\text{時間} \cdot \text{ユニット})$ の小型ユニットも準備可能である。

処理対象土砂の細粒分含有率が高い場合は、加水量が増え、さらに凝集沈殿や脱水に時間を要するため能力低下とコスト上昇につながる。したがって、処理対象の土砂は、シルト分以下の細粒分含有率が40%程度までを目安としている。

(4) 浚渫土砂の減容化率

ここで示す“減容化率”とは、浚渫した土砂の体積に対して、有効利用できる土砂量を差し引いて、最終処分する分の体積を百分率(%)で示した値である。

脱水フロックを自重や盛土による圧密を行う場合は文献²⁾に事例を示している。文献²⁾では、現場にピットを作成して上下に水平ドレーン材を格子状に配置して70 cm厚さの脱水フロックを投入し、1 mの載荷盛土(3日間で施工)を行っている。その結果、フロック体積は、載荷10日後に60%、1か月後には50%に減少した結果が示されている。これを処理前の土砂からの減容化率に換算すると、1か月後で約44%になる。この事例は、処理対象の土砂の細粒分含有率 F_c が40%と比較的高い状態のケースを対象にしたもの

であるが、これらの結果から、仮に $F_c = 30\%$ の土砂を対象とした場合、自重+盛土1 mの荷重によって減容率は35～40%になると試算される。ちなみに、脱水フロックを機械脱水によって脱水ケーキにする場合、減容化率は20%程度になると予測されるが、その処理コスト(直工費)は、自重+1 m盛土による方法の3倍以上であり、費用対効果で脱水処理方法を選択することになる。

(5) 津波堆積物処理への適用拡大

既に述べたように、本工法は当初、砂質系の浚渫土砂を対象として開発したものであるが、東日本大震災後に、“津波堆積物”に適用を広げるため、以下のような改良や工夫を行った。

津波堆積物には多種多様なごみやがれきが含まれているため、図一2の3次処理で加水・攪拌する際に、数ミリ以下の細かいごみやがれきを分別する工程を付加した。細かいごみやがれきの多くは木片、繊維、プラスチック、ビニール類など比較的比重の軽いものである。そのため、加水・攪拌時に泥水(比重1.2～1.4程度)との比重差で浮遊、浮上するので、それらを丁寧に回収する経路を作ることで、砂礫やシルトから細かいごみやがれきのほとんどを分別することを可能とした(写真一4, 5)。また、本工法は元来、浚渫土砂の処分量の減容化を目的としたものであり、泥水処理



写真一4 攪拌槽：ごみの比重分別



写真一5 回収された細かいごみ・がれき類

後の凝集沈殿物は効率よく脱水・減容化する方法が採られる。それに対して被災地では、復興資材として大量の土砂を必要していることから、凝集沈殿物を簡易な脱水として体積減少をできる限り抑え、有効利用可能な土砂量を確保する方法を採用した。

3. 実施例

(1) 浚渫土砂の処理事例³⁾

ここで示す事例は、平成 23 年に大分県中津港にて、約 1,200 m³ の浚渫土砂を能力：60～80 m³/時間級のユニットを使用して行ったものである。写真—6 に処理前の浚渫土砂、写真—7 に処理後の砂礫の仮置き状況を示す。図—3 は、処理前後の土砂の粒径加積曲線の一例である。対象土砂は細粒分 60% の粘性土であるが、処理後の分級砂の細粒分は約 8% と非常に高品質なものが得られている。またこの現場では、シルト分級装置での分級点を 30 μm と設定（泥水から 30 μm 以上の細粒分を回収）した。図—3 に示すように、泥水中の 30 μm 以上の土粒子の含有率は約 3% であり、目標通りにシルト分が回収されていることが確認できる。

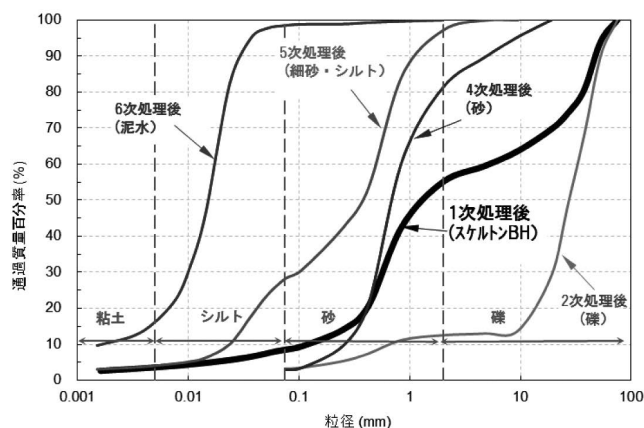
なお、本現場では泥水の凝集沈殿物は、埋め立て地の面積や利用状況から、最も低コストな方法として、固液分離後に埋め立て地表面に薄層で撒きだして天日



写真—6 処理前の浚渫土砂（細粒分約 60%）



写真—7 分級処理後の砂礫の仮置き状況

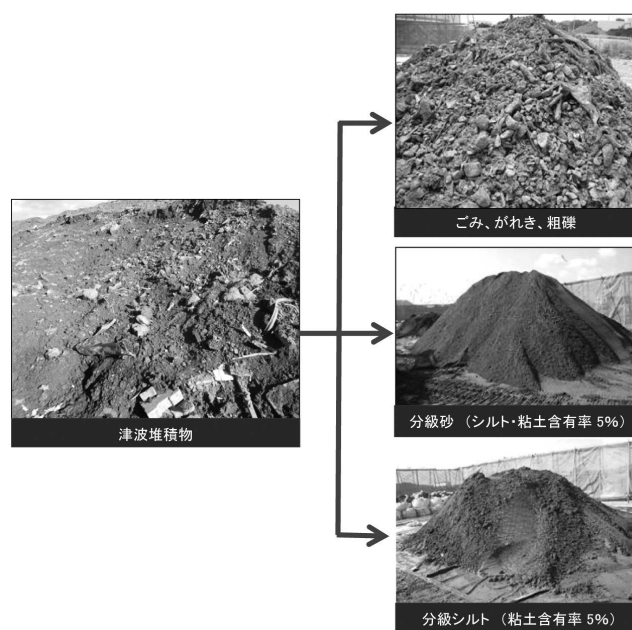


図—3 処理前後の粒径加積曲線の一例（津波堆積物）

乾燥させる方法を採用した。

(2) 津波堆積物の処理事例^{4), 5)}

ここで示す事例は、平成 24 年に宮城県気仙沼市にて、350 m³ の津波堆積物を対象として、能力 20 m³/時間の小型ユニットを用いて行ったものである。なお当事例は、国土交通省の「平成 23 年度建設技術研究開発助成制度（震災対応型技術開発公募）」の研究課題に採択され、行った現場実証実験の結果の一部である。津波堆積物は、宮城県が仮置き・管理していたものを借用したもので、がれき・ごみの体積含有率が約 10%、土砂部分の細粒分含有率が約 10% のものであった。写真—8 に分級前後の状態を示すが、処理前の津波堆積物には、ごみやがれきが混入しており、このままの状態では一般的な土木材料として使用できないものであることがわかる。なお当現場では、民間用地を借用したことから、外部から搬入した土砂から発生



写真—8 津波堆積物（左）と分級後（右）

する泥水を用地内に浸透させないことが要求され、一次処理の加水用ピットを設置できなかった。そのため、3次処理からの加水処理となった。また泥水の凝集沈殿物は、袋詰めとして自重による簡易脱水を採用し、体積減少を抑える方法とした。

図—3に分級処理前後での各試料の粒径加積曲線の一例を示す。処理後の各試料は粒径が揃っており、段階ごとによく分級されているのが確認できる。特に3次処理後の小礫・砂（粒径5～20mm程度）は、シルト分以下が5%程度であり、無筋コンクリート用骨材などとしても十分に使用可能な、高品質で多用途な建設資材になっている。

泥水の凝集沈殿物は、袋詰めと自重圧密による簡易な脱水とし、体積減少を抑える方法とした。簡易脱水したフロックは、放置期間0.5日から1.0日で含水比が約150%となり、セメントを100～150kg/m³程度添加することで、翌日には搬出可能でかつ、盛土材料などとして有効利用可能であることを室内配合試験で確認した。

表—1に処理前後の土砂量の収支を示す。350m³の津波堆積土砂を処理した結果、有効利用可能な土砂量は約350m³と、処理前と同量の復興資材が得られる結果となった。5次処理において、凝集フロックの処理を簡易脱水として体積減少を極力抑えた効果が表れた結果といえる。

表—1 処理前後の土量収支（津波堆積物）

処理前：津波堆積物		350 (m ³)		
処 理 後		(m ³)	小計	区分
1次	がれき・ごみ	30	80	廃棄処分
2次	礫・がれき・ごみ	50		
3次	小礫・砂	200	350	有効利用
4次	細砂・シルト	50		
5次	脱水フロック	100		

4. おわりに

昨今の浚渫土砂の処分地容量は逼迫している現状を鑑みると、本技術が今後活用されることが望まれる。また浚渫土砂や津波堆積物の他には、低レベル汚染土壌の減容化や、昨今の豪雨被害で発生する土砂や、ダム湖本体やダム湖から放流した土砂の堆積の問題など、適用性を拡大できる可能性があると考えている。

謝 辞

最後に、本稿には「平成23年度 補正建設技術開発助成制度 震災対応公募：課題番号8」で得られた成果を含んでいます。また、本技術は第15回国土技術開発賞最優秀賞（国土交通大臣表彰）を頂いたものです。合せて、関係された方々に心より感謝申し上げます。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省港湾局：平成21年度土壌環境に配慮した浚渫土砂活用方策に関する検討業務報告書、平成22年3月。
- 2) 居場博之・御手洗義夫・西田浩太：ソイルセパレータ・マルチ工法における細粒分の効率的な脱水方法の検討、第68回土木学会年次学術講演会、Ⅳ-013,pp.691～692,2013。
- 3) 居場博之・西田浩太・池田秀作・三宅良二・國武洋臣・竹口はや人：土砂分級システム「改良型ソイルセパレータ工法」の開発と浚渫土砂への適用結果、第67回土木学会年次学術講演会、Ⅲ-013,pp.691～692,2012。
- 4) 御手洗義夫：津波堆積物からのがれき分別と土砂分級による良質な建設材料の有効利用、建設リサイクル、2012.秋号、Vol.61, pp.7-11,2012。
- 5) 居場博之・御手洗義夫：ソイルセパレータ・マルチ工法を用いた津波堆積物の有効利用技術、地盤工学会誌、Vol.61, No.7, Ser.No.666, PP.32-33, 2013。

〔筆者紹介〕

御手洗 義夫（みたらい よしお）
東亜建設工業(株)
技術研究開発センター
副センター長 兼 地盤・防災グループリーダー

