

環境対応型グラブ（スーパーグラブバケット）浚渫工法

○東亜建設工業(株) 土木事業本部技術研究開発センター グループリーダー 津田 宗男
土木事業本部機電部 課長 峯吉 武志

1 概要

近年、港湾や河川、湖沼におけるダイオキシン類やP C Bなどを含む汚染された底質が、深刻な環境問題となっている。これらの汚染底質を通常のグラブ浚渫で除去すると、濁りとともに汚染物質が周辺水域に拡散してしまう。また、余掘土や余水が多量に発生し汚染土砂、汚染水の処分量が増大し不経済となる。そこで、経済性に優れ、環境への負荷が小さい環境対応型密閉グラブ浚渫工法（以下、スーパーグラブバケット工法、S G B工法）の開発を行った。写真-1, 2 に示すように、S G B工法には一般の港湾を対象としたグラブ浚渫船に装着するワイヤー型と、浅い水域や狭隘な水域を対象とした油圧式バックハウ型がある。

ここでは、バックハウ型S G B工法について特徴や機能を報告する。また、施工実績、濁りの発生特性についての現地調査結果も併せて報告する。

2 開発の目的

深刻な問題となっているダイオキシン類やP C Bなどの汚染物質は、水底の表層に堆積している土砂の細粒分に吸着していることが多い。このため、通常のグラブ浚渫で除去すると、刃先面からの汚濁水の漏洩によって、濁りとともに汚染物質が周辺水域に拡散してしまうこととなる。また、掘削面が円弧状となるため必要以上の汚染底泥を浚渫したり、薄層浚渫ではバケット内に多量の汚濁水を含んだまま浚渫することとなる。

従来から、運河や河川、湖沼などの浅い水域や狭隘な水域では、バックハウ台船で浚渫を行っている。発生した多量の濁りは工事区域に展張した汚濁防止膜によって拡散を防止し、その沈降を待って工事完了としている。このため、このような水域に適用でき、濁りの発生を低減できる環境への負荷が小さいグラブ浚渫工法の開発が望まれていた。また、除去された汚染底質を処分するに当たっても、できるだけ余掘量や余水量を低減できる、経済性の高い浚渫工法が開発が望まれていた。

そこで、汚染底質による濁りの拡散を抑止し、かつ余掘量すなわち汚染底質の最終処分量を低減することを目的として、環境対応型のスーパーグラブバケット工法（S G B工法）を開発した。

3 スーパーグラブバケット浚渫工法の特徴

3. 1 概要

S G B工法の開発にあたって要求された機能には、①汚染底泥を確実に除去できること、②濁りの発生を極力低減できること、③汚染底泥は水底の薄い表層部に存在することが多いため、薄層浚渫に対応できること、④汚染土や濁水の処分量を極力低減できること、⑤施工条件に広く対応できることなどが挙げられる。

これらの条件を満足するため、S G B工法は、①高い密閉性能、②バケット開閉速度可変機構、③薄層浚渫支援システム、④水平掘り機構、⑤掘削時の水抜機構、⑥浚渫土厚に合わせたバケット容量の調節機構などの特徴を有している。

スーパーグラブバケット工法には、写真-1 に示す、一般の水深の大きい港湾を対象としたグラブ浚渫船に装着するワイヤー型(公称容量 6.0m³)と、写真-2 に示す、浅い水域や狭隘な水域を対象とした油圧式バック



写真-1 ワイヤー型S G B



写真-2 バックハウ型S G B

ホウ型(同 1.3m³)がある。ここで紹介するバックホウ型 S G B 工法は、汎用のバックホウに装着するアタッチメント式であり、陸上運搬が可能で内陸においても適用できる。

3. 2 高い密閉性能

S G B は、刃先面の特殊構造により高い密閉性を有しており、掘削から地切り、水切り、土運船への巡回ステップにおいても、濁水の漏洩による濁りの発生を大幅に低減することができる。S G B 浚渫では、写真-3 に示すように、高い密閉性により水切りから土運船への巡回ステップにおいても濁水がほとんど水面に落下していない。それに対して、バックホウ浚渫では、写真-4 に示すように、多量の濁水が水面に落下し濁りが生じている。

S G B の密閉性の高さは水掴み試験で定量的に検証されている。水を満杯に掴んだバケットを水面上で 10 分間保持した場合でも、バケット容量 1.3m³ に対し、漏水量は 100mL(0.008%)であった。

3. 3 水抜機構

水抜機構は着底、掘削ステップにおいてバケットの上方の水抜き穴から水が抜ける構造で、バケット閉操作時に内圧の上昇を抑止できる。底泥取込み時に土砂と水の置換えがスムーズに行えるため、余分な水の取込みと濁りを小さく抑えることができる。また、グラブ上昇時には水抜き穴が閉塞される構造であるため濁水の漏洩も少ない。

3. 4 水平掘削機構

掘削作業において通常のグラブバケットでは、刃先の軌跡は円弧状になる。このため、薄層浚渫においては、余堀土量の割合が増大し汚染土の処分量も増大する。そこで、図-1 に示すように、油圧シリンダとリンク機構により水平掘削機能を持たせている。写真-5 は、気中において水平掘削を行ったときの掘削面である。

3. 5 薄層浚渫支援システム

薄層浚渫支援システムは、高精度の刃先面の位置制御によって、高い施工精度を確保するものである。

本システムは、R T K-G P S や G P S 方位計、機器集合部、確認用モニタ、シリンダストローク計、センサ類などから構成されている。R T K-G P S や G P S 方位計から得られた位置情報とシリンダストローク計などからのバック

ホウ本体の情報を機器集合部に集積し、これを信号変換し演算処理を行う。写真-6 に示すように、確認用モニタに X Y Z 3 方向のバケット位置を表示する他、バケットの開閉角度など施工を支援するための情報も表示する。オペレータは操作



写真-3 S G B 浚渫工法（水切り時）



写真-4 バックホウ浚渫工法



写真-5 水平掘削の掘削面

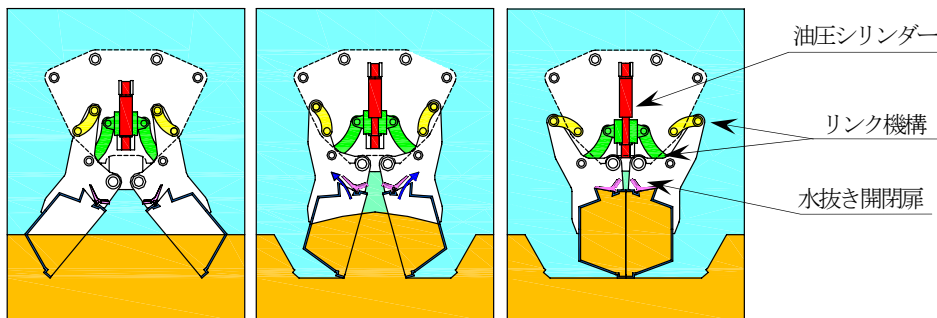


図-1 水平掘削機構

室上部に設置された確認用モニタから、次のような支援情報を確認しながら浚渫を行う。

①船体ならびにバケットの平面位置：操作室には、機器集合部のパソコンとLAN接続されたパソコンが設置されており、画面の切り換えや拡大などの操作が行える。施工中は、主にバケットの浚渫位置を確認する。掘削した位置は掘削深度に応じて配色されるため、掘残しや余分な掘削を防ぐことができ、効率的に浚渫を進めることができる（写真-6中①）。

②バケットの深度位置：浚渫する地盤の深浅データを事前にシステムに取込んでおき、バケット位置における設計浚渫深度のラインを表示できる。リアルタイムで刃先の高さも表示できるため、バケットの位置制御が容易に行える。また、掘削ライン判定により、位置・深度・時間情報を検知・記録しておくことが可能である。水平掘削機構と併せて余掘りの少ない浚渫が可能となる（写真-6中②）。

③バケットの開閉角度：バックホウ型SGBは、主に軟らかい粘性土を浚渫対象としているが、汚染土壌は掘削の障害となる異物を含むことが多い。これらが挟まるとバケットが完全に閉じられず、密閉性を低下させる上、刃先の破損原因となる。確認用モニタには、リアルタイムでバケットの開閉角度が表示されているため、異物の挟込みを検知できる。事前に除去したり、空缶などバケット内に取込める小さい異物は再把握することで、対応が可能である（写真-6中③）。

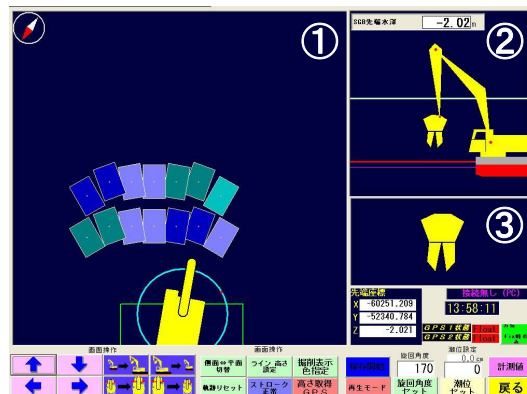


写真-6 確認用モニタ画面

3. 6 バケット開閉速度可変機構

バックホウ浚渫の施工サイクルにおける汚濁の発生原因となるのは、海底地盤への刃先貫入時、バケット閉操作時(バックホウでは搔込み時)、地切り時、水切り時である。地盤への刃先貫入については、オペレータが薄層浚渫支援システムのモニタ画面でバケット深度を確認し、地盤から約1mの高さから下降速度を低下させることで汚濁の発生を抑制できる。また、バケットの地切り、水切り時については上昇速度を調整することで対応できる。

刃先貫入後のバケット閉操作については、レバーに取付けられた油量調整ボタンを押し、ブレーカペダルを踏むことで油圧配管経路を切替え、所定の速度で掘削できる仕組みとなっている。一定速度で徐々にバケットを閉じることで、水抜き機構による浚渫土砂と水の置換えをスムーズに行うことが可能で、刃先の摺動部やバケット内圧による汚濁の漏出など、汚濁拡散の抑制を図ることができる。

3. 7 バケット容量の調節機構

バケット容量と1掴み当たりの浚渫土量をほぼ一致させることにより、余分な水をバケット内に取り込まず、高含泥率での浚渫が可能となる。浚渫土厚が薄くなるとバケット内の土量が減少するが、SGB工法では浚渫土厚に対応してバケット容量を変動させる容量調整機能を有しており、余水量を低減できる。

4 施工実績

4. 1 概要

バックホウ型SGB工法は、(独)水資源機構発注の平成19年堅田港航路維持浚渫工事や平成20年度国土交通省岡山河川事務所発注の百間川沖元浚渫工事などにおいて採用されている。百間川沖元浚渫工事では発注者指定型NETISが適用されており、バックホウ型SGBの施工精度や経済性などの有効性が評価されている。また、堅田港航路維持浚渫工事では濁りの発生量が大幅に低減できることが実証されている。なお、これらの工事では薄層浚渫や施工時の水域環境の維持などを目的としてSGB工法が採用されたもので、浚渫土砂は汚染物質を含むものではない。

ワイヤー型SGB工法は平成16年の佐世保港岸壁前面の浚渫工事などにおいて、実施工に供されている。30,000m³の汚染底泥を薄層で浚渫し、高い評価を得ている。

4. 2 百間川沖元浚渫工事の事例

(1) 工事概要

百間川は一級河川旭川の放水路で、河口部においては水門の増築工事が進んでいる。その上流

側では、土砂の堆積によって河床高が水門の設置高より高くなっており、流水断面積が確保できていないのが現状である。本工事は、河口部の流水断面積を確保するため、水門呑口部の河床浚渫を実施したものである。

余水や濁りの発生量を最小限とするなど、環境面を重視するためSGB浚渫を適用した。浚渫土はポンプ圧送および空気圧を併用して陸上の仮置き場まで搬送した(図-2)。空気圧送においては管中混合固化処理を行い、改良土を第4種建設発生土として場外搬出・処分した。

工事概要は下記の通りである。

- ・工事名：百間川沖元浚渫工事
- ・工期：平成20年2月28日～平成20年10月30日
- ・発注者：国土交通省 中国地方整備局 岡山河川事務所
- ・施工場所：岡山市沖元地先
- ・主要工事数量：浚渫工 4,320m³、管中混合固化処理工 4,320m³



写真-7 百間川の浚渫状況

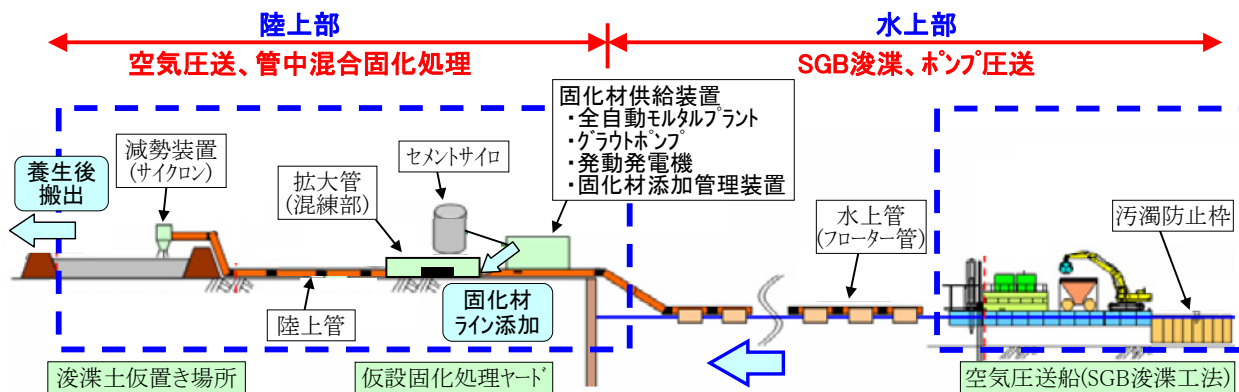


図-2 施工フロー

(2) SGB浚渫工

浚渫船は、陸上運搬したSGBを装着したバックホウを積載した組立台船である。この台船にはポンプ圧送設備も艀装されている。

河床高 T.P. -1.3~-2.5m の河床を T.P. -2.4m まで浚渫した。浚渫土厚は 0.0~1.1m で、平均 0.6m であった。出来形は、最

大余掘厚は 35cm、最深部で T.P. -2.75m であった(表-1)。平均では、平均余掘厚は 23cm、浚渫レベル T.P. -2.63m であった。設計値より厳しい自主管理値を上回る精度で浚渫し、固化処理土量を 10% 削減することができた。施工能力は想定より若干高くなった。これは、浚渫水深が小さくサイクルタイムが設定値の 130 秒より短かったためである。

本工事では、SGB浚渫により濁りの発生を抑制している。しかし、水門の開門時には流速が非常に大きくなるため、濁りの流出を防止するため汚濁防止柵と汚濁防止膜を展張して万全を期した。工事水域周辺の環境監視として、ポータブル水質試験機で濁度を測定し水質を確認した。汚濁防止柵および膜内の濁度は通常時より若干上昇しているが、汚濁防止膜の外側は通常時とほとんど変わらない値であった。SGB浚渫工法が濁りの少ない環境に優しい工法であることが示された。

(3) 管中混合固化処理工

浚渫土砂は浚渫船の圧送ポンプで水上部 350m を搬送し、空気圧送で陸上部 150m を仮置き場まで搬送した。陸上配管の起点には空気圧縮機と固化剤添加設備を設置し、ライン添加方式による管中混合固化処理を行った。バージュなどに貯泥せず、1 グラブごとに直接圧送船のポンプに投入するため、通常よりも原料土の含水比のばらつきが非常に大きくなる。そこで、薄層浚渫箇所ではバケット容量調整機構を適用し、余剰水の取込みを極力低減し、浚渫土砂の含水比の均等化を

表-1 出来形の精度

	設計	自主管理	実績
平均余掘厚	300mm	300mm	230mm
最大余掘厚	規定なし	500mm	350mm
偏差	規定なし	±250mm	±175mm

図った。配合設計においてもばらつきの大きさを考慮した。その結果、改良土の不良率を配合設計では25%と設定したが、一軸圧縮強度の実績値では8%と品質の高い改良ができた。

5 濁りの発生量

5.1 現地調査の概要

(独)水資源機構発注の堅田港の航路維持浚渫工事において、新たに開発されたSGB工法と狭隘な運河や河川で実績の多い従来型のバックホウ(BH)浚渫工法について、濁りの発生量や拡散特性の現地調査を行い、両工法の比較検討を行った。

浚渫区域は原水深2~4mの浅い水域に開削された幅60mの-4m航路で、底質はシルト・粘土分の含有率91%、自然含水比が394%の浮泥が薄く堆積しており、濁りが発生しやすい条件であった。

ここでは、濁りの発生量(発生原単位)について報告する。今回の調査は「港湾工事における濁り影響予測の手引き(国土交通省港湾局)」に準じて実施している。その他、サイクルタイムによる濁りの発生量の変化、濁りの拡散状況などについても調査している。

5.2 調査結果

表-2にSGB工法とBH浚渫工法による濁りの発生量の比を示す。浚渫土量はそれぞれ約100m³で、浚渫の所要時間は2.0時間、1.5時間であった。

濁りの発生原単位は、浚渫土量当たりの濁りの発生量を示す指標である。SGB工法の濁りの発生原単位はBH浚渫工法のものに比べると39.3%に低減している。また、SGB工法の時間当たりの濁り発生量はBH浚渫の27.1%と低減している。この指標は目視で感じる濁りの発生量に近いものである。BH浚渫では施工中に水面が茶色く濁っているのがはっきり視認できたが、SGB工法では濁りはほとんど見られなかった。

図-3はグラブ浚渫工の濁りの発生原単位の既往の調査結果を整理したもので、粒径75μm以下の細粒分を50%以上含む浚渫土を細粒土、それ以外のものを粗粒土と分類している。一般的に細粒分が多く、グラブ容量が小さい方が濁りの発生量が増大する傾向が見られる。本調査において、スーパーグラブバケット工法は細粒分が非常に多いにもかかわらず、従来のグラブ浚渫工法より濁りの発生量を大幅に低減できることが分かる。

6 おわりに

今回の調査によって、スーパーグラブバケット工法が濁りの発生が少ない環境に対する負荷の小さい浚渫工法であることが検証できた。また、余掘り量や余水量が少なく、汚染土砂の浚渫においてはその処分量が少なく経済性が高いことと併せて、汚染土砂を含む狭隘な運河などの浚渫に適用性が高い工法であることが言える。今後、狭隘な水域や浅い水域における浚渫工事の参考となれば幸いである。

最後に、NETISの技術評価や濁りの現地調査にあたりご指導、ご協力いただいた国土交通省中国地方整備局岡山河川事務所、(独)水資源機構琵琶湖開発総合管理所、各漁業組合の関係者各位に深く謝意を表し、ここに本報告を終了する。

参考文献

- 1) 国土交通省港湾局：港湾工事における濁り影響予測の手引き，54p，2004。
- 2) 津田宗男，和田晴久：スーパーグラブバケット(SGB)浚渫工法－航路・河川・湖沼の環境に配慮した底泥除去工法－，マリンボイス21，vol.258，pp.24-27，2007年11月。
- 3) 小島幸康，永江啓師，山口知之，阪口隆史，松田信彦，津田宗男：環境対応型密閉グラブバケットによる浚渫工事の濁りの発生量調査，海洋開発論文集，第24巻，2008年。

表-2 濁りの発生量

浚渫工法	濁りの発生量	濁りの発生原単位	時間当たりの濁り発生量
比率	39.3%	42.7%	27.1%
SGB/BH			

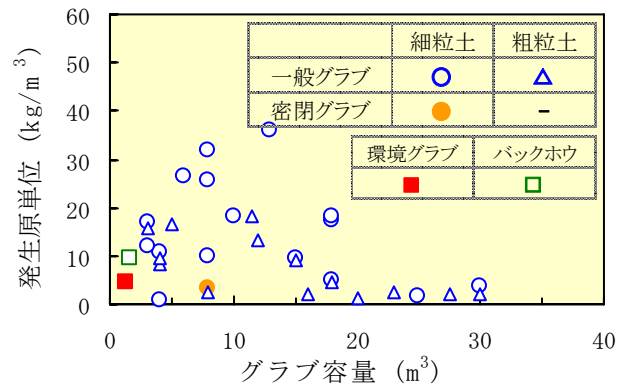


図-3 グラブ浚渫の濁りの発生量