

大規模施工における環境浚渫工法の適用

※守屋 典昭¹・金山 進²

¹五洋株式会社 土木本部 船舶機械部 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)

²五洋株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)



※発表者

我が国の港湾における基幹航路の維持確保，産業の国際競争力強化を目的とする高規格ターミナルの整備，泊地・航路の増深事業が鋭意進められている．工事ロットの大型化は事業の円滑かつ効率的な推進の上で適切かつ必然的な傾向であるが，水深を1m程度増深するといった浚渫層厚の小さい施工の場合，従来大容量普通グラブでの施工は必ずしも効率的とはいえない．また，浚渫に伴う汚濁発生などの環境負荷の低減は事業の迅速な推進とともに重要な課題である．本報は，大規模施工における環境浚渫工法について，余掘り土量および汚濁発生量に対する環境負荷の低減効果などを報告するものである．

キーワード END工法，薄層浚渫，水質汚濁低減，余掘り低減

1. 環境浚渫工法の概要

浚渫時の水質汚濁，浚渫土砂の処分地不足問題の解決などを目的に，環境保全型浚渫工法として「環境浚渫工法=END工法 (Environmental Dredging) 工法」を2002年に開発し，これまでに13件の工事で実績を積み重ねてきた．

END工法は，米国のCable Am社から技術導入した薄層浚渫グラブバケット（以下ENDグラブという）と，GPSや深度計などを利用した浚渫管理システムで構成され，薄く均一に高精度，高効率で浚渫することが可能な工法である．

最近では，安全，環境，効率などの面でますます高い技術水準が求められている．当社は容量4m³級，7m³級のENDグラブに加え，2008年に大規模施工に対応した図-1に示す24m³級のENDグラブを製作し，これまでに神戸港、徳山下松港、北九州港に導入している．



図-1 ENDグラブ (24m³級：神戸港)

END工法の主な特長は，必要な堆積土砂だけを薄く平らに浚渫できること，浚渫時の汚濁の発生量が少ないことが挙げられる．

(1) 薄層水平掘削

従来型グラブを使用した浚渫では，グラブの深度を下げながら閉じて，掘削するため掘り跡が円弧状になり，余分に土砂を掴み，掘り跡も凹凸になっていた．

ENDグラブはユニークな機構により，開閉ワイヤーを巻き上げる単純な操作だけで，海底土砂を薄く水平に掘削できる．図-2に水平掘削確認状況を示す．



図-2 水平掘削状況 (4m³級)

また，工事区域全体を薄く水平に仕上げるためには，1掘削毎のグラブの深度を同じ高さとし，平面的に掘り残しがないように重ね合わせて浚渫する必要がある．浚渫管理システムは，水圧式深度計などで刃先の深度を，クレーンブーム先端に取り付けたRTK-GPSでENDグラブ

の平面位置を、高精度に計測して、浚渫目標位置とENDグラブの現在位置をリアルタイムにモニタに表示し、オペレータがそれを確認しながらENDグラブを操作することで、高精度な薄層浚渫を実現することができる。図3にクレーン室に設置した浚渫管理システムの状況を示す。



図3 浚渫管理システム

(2) 水質汚濁低減

高精度での薄層浚渫により余掘りを低減できることに加えて、施工に伴う汚濁の発生が小さいことがEND工法の大きな特徴であり、主に以下の機能に裏付けられる。

- ・サイドプレートがオーバーラップして閉じる構造になっており、密閉性が高い。
- ・水平掘削機構により、グラブの刃先しか掘削面に接しないため、接触面積の大きい普通グラブに比べて、グラブ上昇時の巻き上げや付着した泥による汚濁の発生が低減できる。
- ・グラブ側面にベンチレーティングシステム(水・空気抜き機構)が設けられており、グラブ下降時にはプレートが開き、着底時の水圧を低減させ浮泥の巻き上げを防止するとともに上昇時にはプレートが閉じ、密閉性を保てるようになっている。図4にベンチレーティングシステムの概念図を示す。

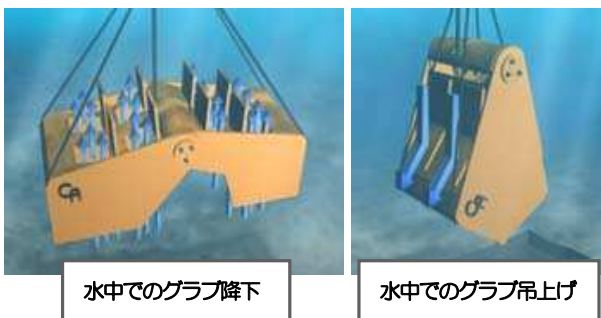


図4 ベンチレーティングシステム

2. 大容量環境浚渫工法の適用事例

ここでは、平成20年に神戸港において24m³級ENDグラブを適用した事例について報告する。

(1) 対象工事

本工事(神戸港ポートアイランド(第2期)地区航路・泊地(-16m)浚渫工事)は、神戸港のスーパー中樞港湾プロジェクトで最初の浚渫工事であった。神戸港は、ポートアイランド、六甲アイランドにおいて、既存の高規格コンテナバースを有効活用し、機能向上を図ることにより、次世代高規格コンテナターミナルを形成することを目指しており、その施策の一つにPC18東面大水深高規格コンテナターミナルの整備がある。このPC18東面の整備事業として、平成18年度より水深-16mの高規格コンテナターミナルの整備を進めており、平成20年度の岸壁工事に引き続き、航路・泊地の浚渫工事を施工している。

工事内容は、神戸港ポートアイランド(第2期)地区航路・泊地をグラブ浚渫船3隻で計画水深-16mを確保できるように浚渫し、浚渫土砂を神戸空港島北護岸まで運搬し、バージアンローダ船2隻で揚土するものであった。浚渫状況を図5に示す。

工事数量は、浚渫面積325,000m²、浚渫土量(余掘を含む)342,650m³、工期は平成20年7月17日～平成20年12月15日であった。

本工事の特徴は、余掘を含む浚渫土厚が1.0m未満の薄い区域(DL-15.7m以深)が全体面積の50%程度と多いことである。この区域では積算基準の土厚区分能力係数(E1)は0.5～0.6となる。また、大型コンテナ船(30,000t以上)がポートアイランド第2期地区のコンテナバースに入出港する際は、所定の退避場所へ退避する必要がある、浚渫時間が限定された。

そこで、作業効率を向上させるために、23m³級普通グラブの浚渫船2船団に加え、同クラスの普通グラブに比べて約1.5倍の掘削面積を有し、薄層での浚渫作業効率の良い24m³級ENDグラブを1船団配置した。ENDグラブ浚渫船を加えることで、浚渫層厚ごとに作業に適したグラブ浚渫船3船団を配置することができた。



図5 浚渫状況

(2) 薄層水平掘削の効果

24m³級ENDグラブは、掘削面積が37m²と普通グラブに比べ約1.5倍広く、さらに高精度な位置管理により掘削ラップ幅を最小限に抑え、掘削回数を減らすことにより、大幅に施工効率を上げ、工期短縮に効果を発揮した。図-6に示す浚渫工進捗図から分かるように、3船団のグラブ浚渫船のうち、ENDグラブを装備した浚渫船の施工面積が全施工面積の50%以上を占めることからEND工法の施工効率が高いことがわかる。

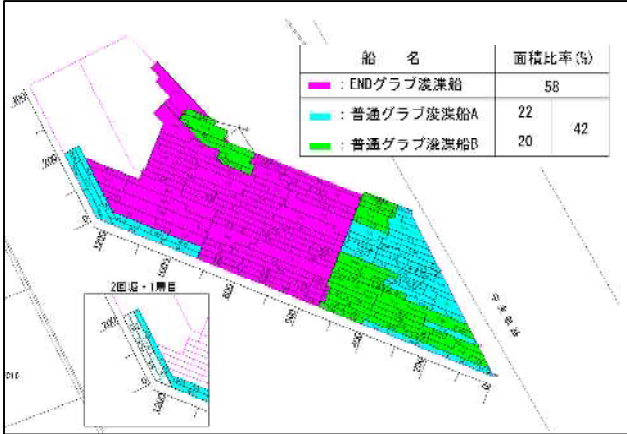


図-6 浚渫工進捗図

また、図-7、図-8に示す水深出来形分布図から分かるようにENDグラブは普通グラブに比べて、高い精度での薄層浚渫を行っており、余掘りが低減され、処分地の延命に寄与した。

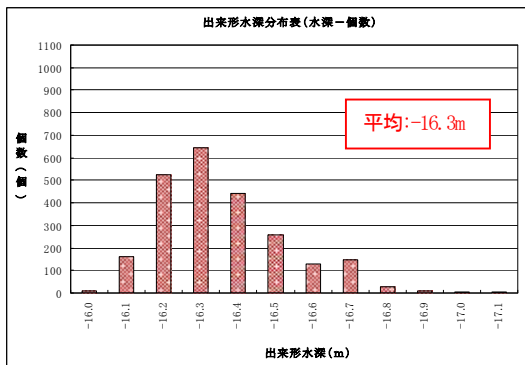


図-7 ENDグラブ出来形分布図

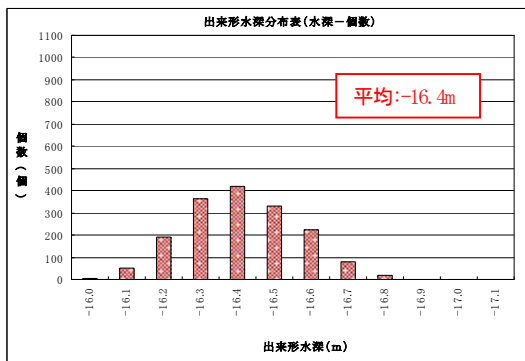


図-8 普通グラブ出来形分布図

(3) 水質汚濁低減効果

既存の現地施工調査により、汚濁発生原単位（地山1m³当りから発生する汚濁粒子重量）は、4m³級ENDグラブの場合5.2kg/m³、7m³級ENDグラブの場合7.1kg/m³という値が確認されており、これらは普通グラブに比べて1オーダー小さい。

今回、新たに導入した24m³級ENDグラブが既存のものと同様な低汚濁負荷性能を有することを確認する目的で施工中の平成20年11月8日に汚濁調査を実施し、大容量ENDグラブの汚濁発生原単位を算定した。

汚濁発生原単位は、施工によって発生した全汚濁粒子量を対応する施工地山土量で除することで算定される。今回はグラブ枠を設置しての施工であるため、全汚濁粒子量は図-9に示すようにグラブ枠内および枠下に滞留している汚濁粒子量W1とグラブ枠外へ漏出したW2を把握する必要があり、図-10のように配置した測点において①濁度連続測定（図中の○印：全8ch）を行うとともに、②グラブ枠内での濁度分布観測を行った（図中の(イ)～(ホ)において濁度の鉛直分布を測定するとともに代表深度では採水SS分析）。また、グラブ枠外への漏出汚濁量を算定するためには枠下での流速が必要となるため、調査時には電磁流速計（直読式）による流速鉛直分布の測定を併せて実施した。所定の回数の浚渫作業の間、①濁度連続測定を行い、グラブ停止直後に②グラブ枠内での濁度分布観測を行った（図-11）。

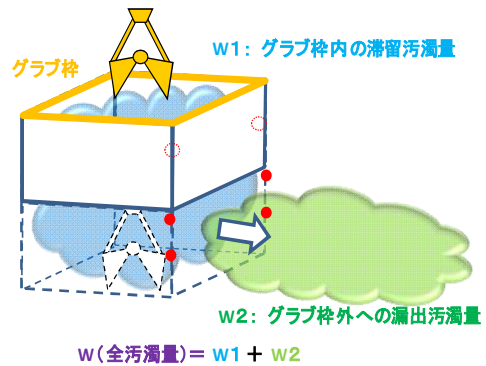


図-9 グラブ枠設置条件下での汚濁発生量

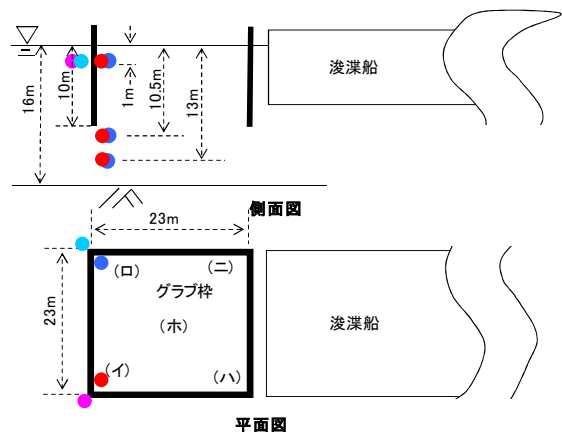


図-10 汚濁濃度計測点



図-11 グラブ枠内での濃度分布観測状況

この方法を採用する場合、計測開始時にはグラブ枠内がほぼ清澄となっていることが望ましいため、計測機会は施工ライン変更直後あるいは大型コンテナ船航行時の退避からの帰還直後に限定されるが、調査期日中には2回の計測機会を得ることができた。

計測結果および汚濁発生原単位の算定結果は表-1に示す通りである。いずれも計測時間は420s（グラブ昇降3回分）であり、グラブ枠内滞留濃度 C_1 は420s経過時点でのグラブ枠内および枠下に滞留していた濃度の空間的平均値、検査面平均濃度 C_2 はグラブ枠の4辺のうち下流側にあたる1辺の下に設定された検査面上での濃度の420s間の時間平均値である。

これらを基に算定された汚濁発生原単位は1回目が $3.9\text{kg}/\text{m}^3$ 、2回目が $6.2\text{kg}/\text{m}^3$ 、平均で $5.1\text{kg}/\text{m}^3$ となり、既存のENDグラブと同程度であった。

表-1 濃度測定結果

	1回目	2回目	平均値
グラブ枠滞留濃度 $C_1(\text{mg}/\text{L})$	23	38	—
検査面平均濃度 $C_2(\text{mg}/\text{L})$	12	10	—
検査面平均流速 $U(\text{cm}/\text{s})$	4.2	6.3	—
汚濁発生原単位 $w_0(\text{kg}/\text{m}^3)$	3.9	6.2	5.1

図-12は、国土交通省港湾局による「港湾工事における濁り影響予測の手引」²⁾に掲載されているグラブ浚渫の汚濁発生原単位（細粒土対象のみ）とともに今回の調査結果をプロットしたものであるが、ENDグラブの汚濁発生原単位は密閉グラブと同程度、普通グラブに比較するとかなり小さいことがわかる。

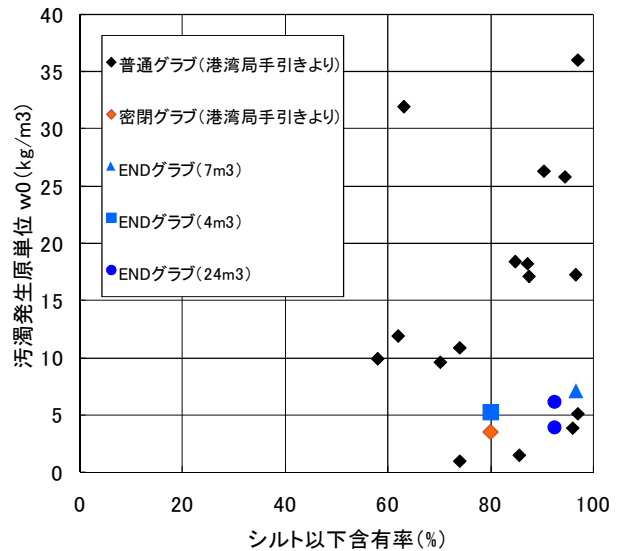


図-12 グラブ浚渫の汚濁発生原単位（細粒土対象のみ）

3. おわりに

次世代高規格ターミナルの整備の円滑かつ効率的な推進の一役を担うべく大容量環境浚渫工法の適用性を現地施工調査によって検証した。

グラブ容量を 24m^3 級に大型化した今回の工事において、高い精度での薄層浚渫により余掘りが低減され、処分地の延命に寄与できた。また、汚濁発生原単位は、平均で $5.1\text{kg}/\text{m}^3$ という数値を示し、既存のENDグラブと同等の低汚濁負荷性能を確認できた。

今後は、本工法が各地で計画されている港湾整備、泊地・航路の増深事業等の一助となれば幸いである。

謝辞：本調査にあたりご指導いただいた国土交通省近畿地方整備局神戸港湾事務所の皆様に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐藤昌宏・車田佳範・守屋典昭・上原大摩・滝上英孝・酒井伸一：環境浚渫工法の汚濁調査事例と水質モニタリング手法の提案，海洋開発論文集，第20巻，pp.1127-1132，2004。
- 2) 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。