

64. 高濃度薄層浚渫を行う SWAN21工法

五洋建設(株)：寺本 昭

1. はじめに

わが国では、終戦後半世紀が経過して人々の生活水準も向上し安定した暮らしが営めるようになり、また近年、週休二日制への移行など余暇が増えて生活にゆとりが生まれると、環境保護意識の高揚や人と自然とのふれあいの場を求める声が多く聞かれるようになった。都市部の港湾、河川、湖沼などでは水辺環境の整備や、親水空間の創成が求められ、特に、入り口が狭く奥に深い港湾や湖沼などの閉鎖性水域ではその水質改善（浄化）が強く求められるようになった。

水辺環境の整備や水質浄化を行う上で、最も効率的な対策の一つに水底に堆積したシルト、粘性土などヘドロ状の底質（底泥と称す）の除去（浚渫）があげられる。これは、底泥中、それも特に表層の浮泥中に多く含まれている窒素やリンなどの栄養塩類の水中への溶出を防止するために行われるもので、通常このような浄化を目的とした浚渫では広域な面積の薄層浚渫が必要となる。

従来の浚渫方法は、ポンプ式やグラブ式浚渫船によるものが主流であり、表層の浮泥を確実に捉えようとすると、ポンプ式では底泥と同時に大量の水を攪拌しながら吸い上げるため、大型の土砂処分地や余水処理設備を必要とし、かつ運搬効率も悪いなどの問題点があり、グラブ式においては表層浮泥の流失、浚渫時の汚濁の発生、掘り跡の不陸などの問題があり、その改善が要望されていた。

2. 高濃度薄層浚渫工法開発の経緯

底泥を高濃度で浚渫しながら、しかも浚渫時に濁りをできるだけ発生しない集泥装置の開発は昭和63年に開始した。高濃度浚渫と汚濁発生を抑止といった相反する技術要素をいかにして同時に満足させるかがこの集泥装置機構開発のポイントであり、浚渫時に余分な水を吸引しないことと、底泥をできるだけ乱さずに静かに切り取ることの二つに焦点をしばり、特殊な回転バケット式集泥機と定容積型ポンプの組み合わせによるシステムを構築した。模型実験により集泥機構の有効性を確認した後、小型実験機の設計・製作へと開発を進めた。「SWAN21工法」命名の由来は、新しい時代に向けた浚渫システムというコンセプト“System of Dredging for Water Area and New Life 21”の頭文字からとったものである。

平成3年および4年には小型実験機を改良して台船に艀装した小型機「SWAN21」による実工事を施工し、平成5年2月には大型の高濃度底泥浚渫船「SWAN3号」（写真-1）を完成させ、平成7年7月末までにすでに5件の底泥浚渫工事を完工した。



写真-1 SWAN3号全景

3. SWAN 2 I 工法の特長

特殊回転バケット式集泥機を使用した本工法の特長は、つぎのとおりである。

- ① 水を加えない高濃度浚渫（見掛容積含泥率80%以上）が可能である。
- ② 底泥を乱さずに集泥できるため、濁りの発生が極めて少ない。
- ③ 水の混入しやすい薄層浚渫条件（30～40cm）においても、表層の浮泥を確実に捉える。
- ④ 広範囲な性状の底泥（施工実績範囲は含水比80～400%）の浚渫が可能である。
- ⑤ 浚渫掘り跡がポンプ式やグラブ式と比較して平坦に仕上がる。

4. 工法概要

(1) 浚渫原理

図-1 に回転バケット式浚渫機構模式図を示す。

ラダーの先端に回転バケット式集泥機を装備しており、これを底泥上にセットしてバケットの回転周速とスイング速度を一致させながら運転することにより、地盤とバケットの相対速度がゼロになり、下方に形成されたバケットが静かに連続的に底泥中に押し込まれ、底泥を切り取り、持ち上げることにより浚渫を行う。これにより、浮泥から硬質粘性土まで広い範囲の土質を高濃度で、周辺水域への汚濁の発生を極力抑えながら表層部を薄層で浚渫することができる。集泥機内部で持ち上げられた底泥は、スクリーンコンベア室に押し込まれ、コンベア端部より流量制御可能な定容積型圧送ポンプ（ロータリーポンプ）により吸引・圧送される。

図-2 に従来方式と本工法の掘削方法の違いによる刃先回転軌跡の比較図を示す。

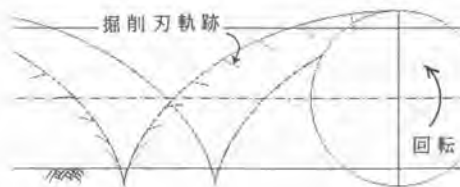
通常のポンプ船のカッタなどの場合、回転周速は前進速度に比べ十分大きく、その刃先の回転軌跡はトロコイドカーブを描く。これは、刃先が地盤を薄くスライスするため、底泥に運動量が与えられ、汚濁が発生しやすく、高含水比の浮泥などは跳ね飛ばされてしまう。

これに対し本工法は、回転周速と前進速度を同期させるため、その刃先回転軌跡はサイクロイドカーブを描く。この結果、掘削刃と地盤の相対速度はゼロとなり、底泥を包み込むように静かに底泥中に貫入するため、薄層の浮泥であっても乱さずに確実に



図-1 浚渫機構模式図

■ 回転バケット式集泥機の刃先回転軌跡
 回転周速=移動速度（サイクロイドカーブ）
 スイング方向



■ 通常カッタの刃先回転軌跡
 回転周速>移動速度（トロコイドカーブ）
 スイング方向

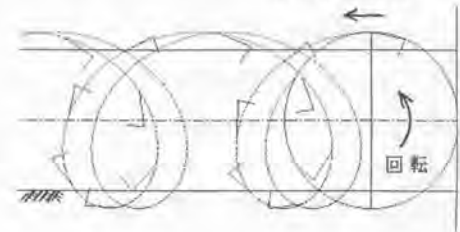


図-2 刃先回転軌跡比較図

とらえることができ、汚濁の発生は少ない。

(2) システム構成

本システムは図-3の施工概念図のごとく、集泥機、圧送ポンプ、およびその吸入・排泥ライン等で構成されている。浚渫された底泥は圧送ポンプにより船体中央に設けられた旋回式排泥管を通して、本船に接触した土運船に積み込まれる。または、船体中央部に空気圧送装置を容易に艀

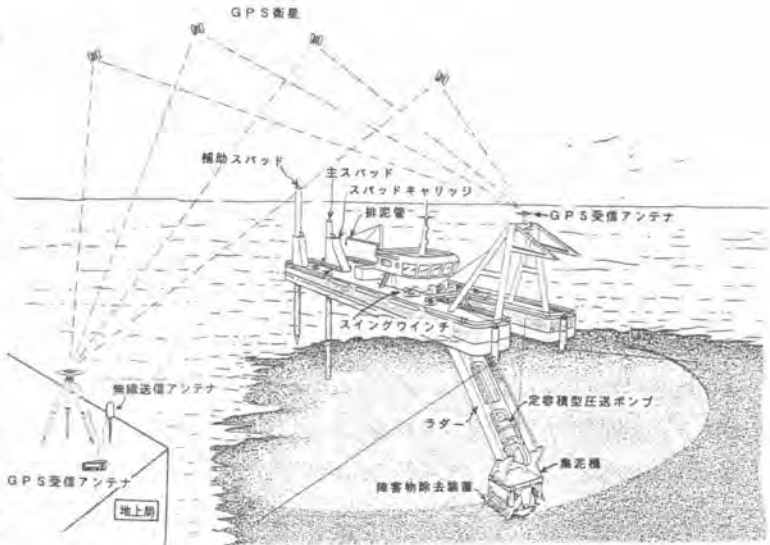


図-3 施工概念図

装することができ、施工条件に応じたパイプライン長距離圧送が確保できる。

操船方法は、まず船尾中央部にある主スパッドを地盤に打ち込み船体を所定位置に固定し、次に集泥機を底泥にセット後、スイングワイヤーを巻取ることにより船体を左右にスイングさせながら浚渫を行う。このとき、集泥機部は主スパッドを中心とした円弧を描くように移動し、1スイング列分の浚渫が終わると、主スパッドと船体を連結している油圧シリンダー（スパッドキャリッジ）を伸ばし船体を前に押し出すことにより集泥機を前進させ、次の浚渫列に移る。

(3) 自動化システム

「SWAN3号」は1回のスイングで幅2m、土厚30~40cmの底泥を表層から切り取り、前進およびスイングを繰り返すことにより広いエリアの薄層浚渫を行う。これを可能にしたのは、単に集泥装置の機構によるものだけでなく、現代のコンピュータの発達に大きく依存している。数センチメートル単位の高精度な位置管理、土厚管理を工事施工中にリアルタイムで行うにはコンピュータなしでは考えられず、最新技術としては船位計測に宇宙衛星を利用したGPS（グローバル・ポジショニング・システム）の導入も行っている。

自動スイング運転システムは、ラダーの自動昇降、スイング自動、スパッドキャリッジ自動前進の3つの制御システムから構成されており、主スパッドを1回打ち込むとキャリッジ最大前進距離6m間をいっきに自動浚渫することができる。集泥バケットの回転とスイング速度は自動で同期制御され、オペレータは、運転操作盤上に置かれた2台のCRT画面で浚渫船の位置や集泥機の運転状況を監視することができる。写真-2に運転監視CRT画面を示す。

(4) 高濃度浚渫特性

図-4は、スパッド打ち替えから次のスパッド打

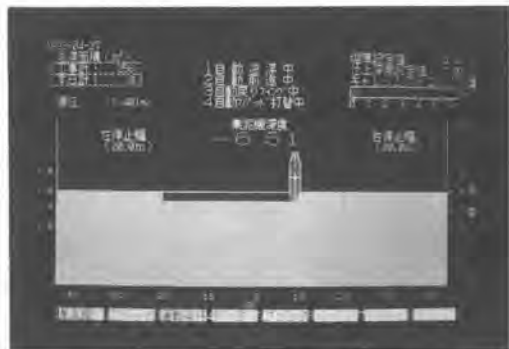


写真-2 運転監視CRT画面

ち替えまで3スイング列分のポンプ流量、揚土量および密度の時系列データの一例を示すが、底泥の平均地山単位体積重量（密度）が 1.382 t/m^3 に対して浚渫土の密度は安定してほぼ $1.3 \sim 1.4$ を維持している。含泥率に換算すると80

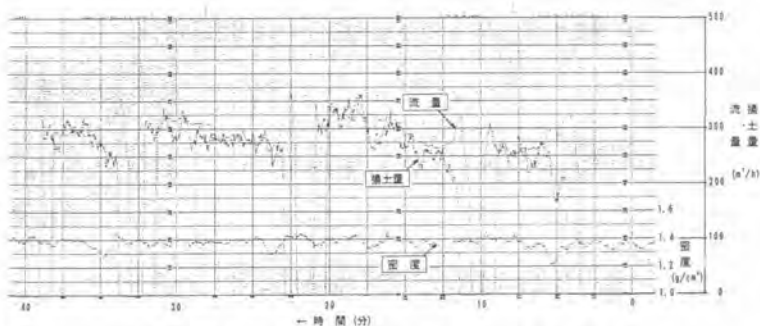


図-4 ポンプ流量、揚土量および密度時系列例

本工法では浚渫寄り切り時などに即座にポンプを停止できるため、スパッドキャリッジによる浚渫列前進時などの非浚渫時に無用に送水を続けることなく、連続して高濃度浚渫を維持することができる。

5. 施工実績

SWAN21工法は、すでに 30万 m^3 の施工実績を有している。表-1に、本工法の施工実績とその施工条件を示す。写真-3にバージ積込み状況を示す。

表-1 SWAN21工法施工実績

工事名	新小野田(発)泊地浚渫工事		中海港工事	新小野田(発)取水口前面浚渫工事	港清水域環境整備工事(瀬戸浚渫)	石巻湾港-7.0m泊地浚渫工事	新小野田(発)泊地浚渫工事	
工期	H.3.5~9	H.4.5~9	H.5.6~11	H.5.5~9	H.6.9~ H.7.3	H.6.12~ H.7.3	H.7.5~9	
浚渫船名	SWAN21 (走行台車方式)		SWAN3号					
工事内容	浚渫土量	43,000 m ³	53,000 m ³	21,000 m ³	22,000 m ³	20,000 m ³	87,000 m ³	
	浚渫土厚	0.92 m	1.48 m	0.48 m	1.7 m	0.5 m	0.2~0.5 m	0.8~1.0 m
	施工水深	-7.5 ~ -11.5 m		-4.7 ~ -5.0 m	-7.5 m	-10.0 m	-7.0 m	-7.5 m
	処理方法	浚渫~土運船~揚土	浚渫~土運船~直投	浚渫~排砂管~埋立	浚渫~土運船~直投	浚渫~土運船~揚土	浚渫~排砂管~埋立	浚渫~土運船~直投
排送距離	約100 m (バージまで)		バージローディング	約1,000 m (空気圧送)	バージローディング	バージローディング	約2,000 m (空気圧送)	バージローディング
運搬距離	約47 km	約165 km	—	約165 km	約32 km	—	約170 km	
土質	軟泥		シルト	堆積シルト	汚泥シルト	シルト	堆積シルト	
	湿潤密度	—	—	$1.1 \sim 1.25 \text{ g/cm}^3$	—	1.29 g/cm^3	1.23 g/cm^3	$1.32 \sim 1.46 \text{ g/cm}^3$
	自然含水比	180 ~ 250 %		150 ~ 340 %	—	204 %	263 %	125 ~ 170 %
	粒度	砂 2 % シルト 68 % 粘土 30 %	砂 6.1 % シルト 39.8 % 粘土 54.1 %	—	—	砂 24.7 % シルト 60.1 % 粘土 15.2 %	砂 2.5 % シルト 74.0 % 粘土 23.5 %	

6. おわりに

本工法は、高濃度でクリーンな浚渫技術の確立という観念から、埋立処分地不足や長距離輸送における施工コストの増大といった、港湾、河川、湖沼等における底泥浚渫のかかえる問題の解消を図るべく開発を進め、実用化に至った。今後、本工法をはじめとする新しい浚渫技術は、より良き水辺環境の創出に貢献できるものと確信する次第である。

なお、本工法は平成5年6月、運輸省の民間技術評価制度により評価証を交付された。



写真-3 バージ積込み状況