

海洋工事における汚濁拡散防止システムの開発

石倉 隆・内山 一郎・田村 良和

海洋工事には、土運船により土砂を直接海域に投棄する工法があるが、このとき濁りが発生する。この濁りが周辺海域へ拡散するのを防ぐため、工事区域の比較的広い範囲に汚濁防止膜を設置するが、水深が深い場所および潮流が速い海域では汚濁防止膜の固定が困難なため十分な効果が得られなかった。

このため、施工水深が大水深（40 m 程度）となる場所および潮流が速い場所（50 cm/s 程度）を対象に、防止枠（船）、スリットカーテンおよび潜堤からなる汚濁防止枠を構築し、その枠内に土運船を誘導、土砂投入して発生する濁りを抑制・防止できる汚濁拡散防止システムを開発実用化し、現在稼働している。

キーワード：土運船，濁り，大水深，急潮流，汚濁防止枠（船），汚濁拡散防止

1. はじめに

四方を海に囲まれ、かつ国土の狭い我が国では、国土の保全やその有効利用のため全国各地に多くの港湾・海上構造物が建設されてきた。近年は海上・航空輸送機器の大型化が進み、海上構造物の大型化、沖合展開に伴う大水深施工が増加してきている。海洋工事の施工は、このような沖合展開により自然条件もますます厳しさを増し、対応すべき新技術の開発が求められてきている。

本報文で紹介するシステムは海洋工事のうち、土運船により土砂の直接投入を行う工法について、大水深（40m 程度）となる場所および潮流が速い場所（50cm/s 程度）での施工を対象に、土砂投棄時の濁りを抑制する汚濁拡散防止システムで、その開発、実用化の概要を報告する。

2. 開発の経緯

航路や泊地の浚渫あるいは人工島の建設などの埋立て工事を行う際、底開式または全開式の土運船により土砂を直接海域に投入する工法が採用されている。しかし、土運船を用いて土砂を海洋に投棄する場合、土砂が落下する過程で濁りが発生する。

通常、この濁りが周辺海域へ拡散するのを防ぐために工事区域の比較的広い範囲に汚濁防止膜を

敷設して対処しているが、水深が深い場合には膜の固定が困難になることや、潮流の速い海域では膜が流されて十分な効果が得られないといった問題が発生する。

このような問題に対処すべく、施工水深が大水深（40 m 程度）となる場所および潮流が速い場所（50 cm/s 程度）を対象に、土砂投棄時に発生する濁りを抑制することのできるシステムとして開発した。

開発にあたっては、水理模型実験による汚濁防止枠（船）の性能確認および防止効果の改善、数値シミュレーションによる実験データの検証および予測手法の確立、現地での濁度、流況等の観測等の性能確認を実施した。

3. システムの原理

汚濁拡散防止システムは、

- ① 汚濁防止枠（船）、
- ② 濁りの再循環、
- ③ 底部開口部の絞り、

の3つに、その原理を依拠している。

（1）汚濁防止枠（船）

本システムは、四方を囲む防止枠（含スリットカーテン）を利用することにより、防止枠内へ投入された土砂の防止枠外への汚濁拡散を物理的に抑制している。実験の結果、図—1 に示すように、

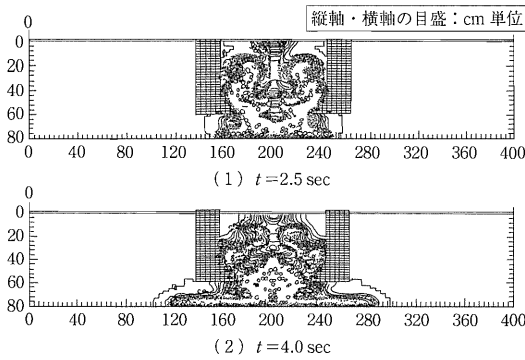


図-1 汚濁防止柵の効果

土砂投入により発生する濁りの範囲は、防止柵内にほとんど限定され、また防止柵外への濁り拡散の範囲も小さく、その防止効果があることが分かった。

(2) 濁りの再循環

土砂投棄時に瞬間的に防止柵（船）の内外に水位差が発生する。この水位差を復元させるために防止柵（船）の中へと向かう流れが発生し、落下中に発生する濁りを防止柵（船）内へ押し戻すことが水理実験等でも明らかとなっている。この土砂が落下する過程で発生した濁りが、防止柵（船）の中へと押し戻される現象を濁りの再循環と定義する。

本システムは、この水位差に起因した濁りの再循環現象を利用し、濁りの流出防止効果を高めている。

実験結果に基づく濁りの再循環の概念図を図-2に示す。

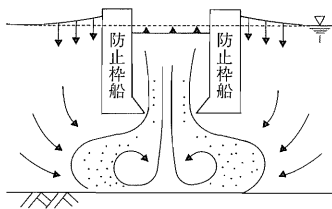


図-2 濁りの再循環の概念図

(3) 開口部の絞り

本システムは、防止柵船の底部開口部を適当に絞ることにより、投棄土砂の水中での落下速度を低減し、同時に濁りの流出を低減させている。底

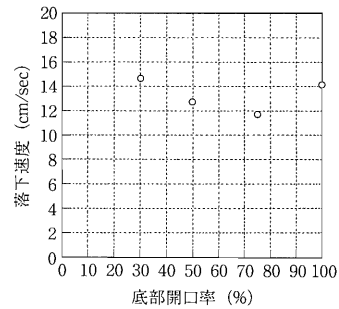
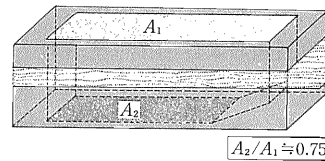


図-3 開口率による土砂の水中落下速度

部開口部に斜板を設置した実験では、開口率75%程度で土砂落下速度が最も小さくなっている。

図-3に開口率と水中落下速度の関係を示す。

4. システムの概要

本システムは、防止柵（船）、スリットカーテンならびに潜堤およびそれらを適切に組合わせた構造体より構成されている。

(1) 構成要素の概要

(a) 防止柵（船）

① 防止柵（船）は、上下部に広幅な開口部を有する船型の堅固な鋼製柵構造である。また、底部開口部を縮小させることにより、投棄土砂の水中落下速度を低減させる。

② 防止柵（船）は、それ自体移動可能で、通常、土砂投入位置まで曳航され、アンカにより固定される。防止柵（船）の一端には、土運船が入出渠するための船尾ゲートがあり、防止柵内で土運船が土砂投棄時は本ゲートは閉じられており、濁りの柵（船）外への流出を抑制している。

(b) スリットカーテン

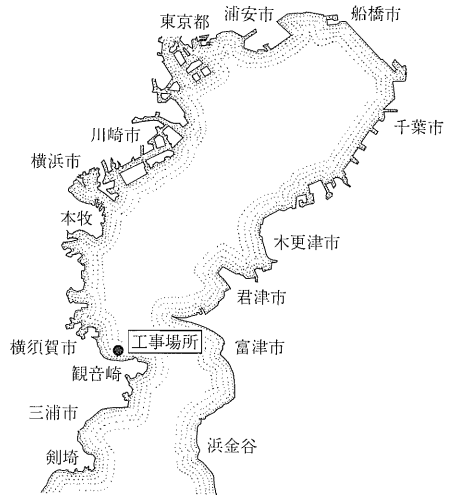
① 防止柵（船）にはスリットカーテンが取付けられている。これはフレキシブルな膜状の構造であり、一般に板状のゴム材が使用され

る。また、これらスリットカーテンは、通常、防止枠の側面および前後に配されている。

- ② 防止枠（船）から垂下した直下式スリットカーテンは、水平方向への濁りの拡散防止機能を有しており、水深によっては、スリットカーテンを海底面に着底させることにより、海底面に沿って拡がる濁りを抑制することもできる。

(c) 潜堤

- ① 潜堤は、通常、対象工事区域の周囲を捨石にて築造される。
- ② 潜堤は、防止枠船とスリットカーテンで調整できない大水深域において、底層部の濁りの流出防止対策として併用するものである。



図—4 施工位置図

5. システムの詳細

本システムは横須賀港走水大津地区漁場改良事業で現在稼働中である。本工事は横須賀市馬堀海岸地先に漁場の生産力回復のための漁場改良事業の一環として、施工されている。

施工位置（図—4 参照）、施工状況およびシステムの詳細を以下に紹介する。

(1) 工事概要

- ・工事名称：横須賀港走水大津地区漁場改良事業

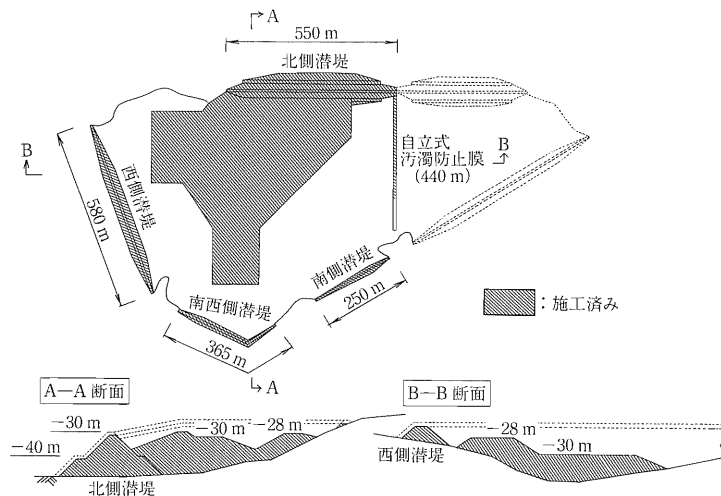
- ・施工場所：横須賀市馬堀海岸地先
- ・工事期間：平成 10 年 4 月～
- ・工事土量：797,810 m³

(2) 工事施工状況

図—5 に平成 13 年 2 月末現在の施工状況を示す。

(2) システムの詳細

現在稼働中のシステムについて、下記に詳述する。



図—5 施工状況図

(a) 主要諸元等

表—1, 表—2, 表—3に防止柵(船), スリットカーテンおよび潜堤, 土運船および押船の主要諸元を示す。

表—1 防止柵(船)の主要諸元

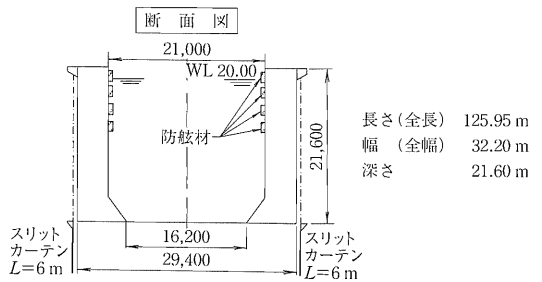
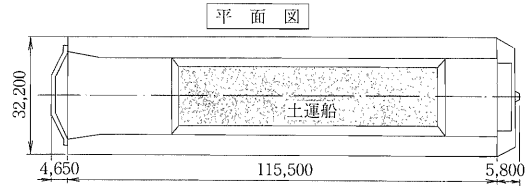
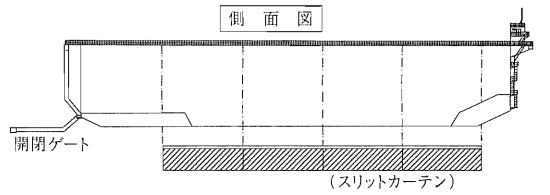
全垂線間長	125.95 m
幅	115.50 m
深さ	32.20/21.00 m
喫水	21.60 m
主発電機	500 kVA×440 V×632 PS×1 台
補助発電機	75 kVA×440 V×93 PS×2 台
操船ウインチ	55 t×4.5 m/min×4 台
ゲートウインチ	35 t×7 m/min×2 台
スリットカーテンウインチ	8 t×4.5 m/min×10 台
バーヅ引込みウインチ	5 t×7.0 m/min×2 台
バラストポンプ	1,000 m ³ /h×55 kW×2 台
計測装置	GPS 方式 超音波測深システム

表—2 スリットカーテンおよび潜堤の主要諸元等

スリットカーテン	全高	長さ	86.05 m (片舷)
	厚材	長さ	6.0 m
		厚さ	12.0 mm
		質	合成ゴム
潜堤	設置水深(平均)	全長	-40 m
	高さ(平均天端高)	約	2,900 m
		高さ(平均天端高)	15.0 m (-25.0 m)

表—3 土運船および押船の主要諸元例

土運船	全長	80.0 m
	幅	16.6 m
	深さ/喫水	5.3/4.6 m
押船	全長	29.5 m
	幅	8.2 m
	深さ/喫水	3.4 m
	総トン数	192.97 トン
	機関馬力	2,600 PS



図—6 全体配置図

(b) 全体配置

現在稼働中の防止柵(船)およびスリットカーテンの全体配置を, 図—6 および写真—1 に示す。

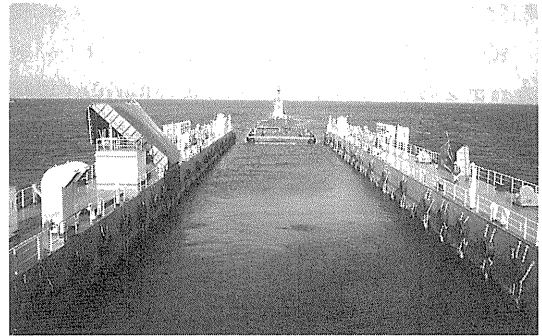
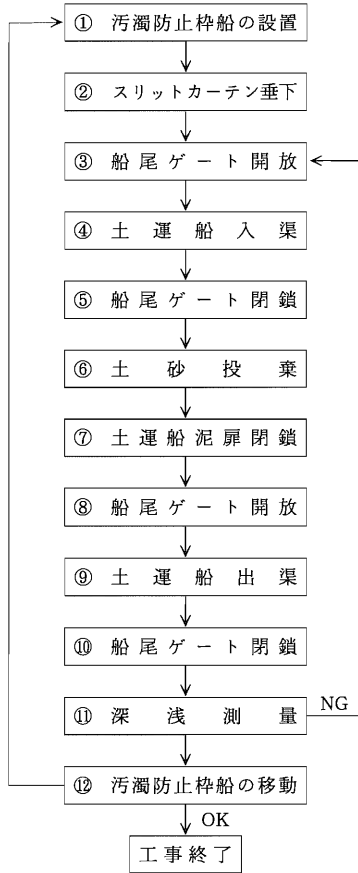
(c) 施工要領

本工事における施工フローおよび施工手順を以下に示す。

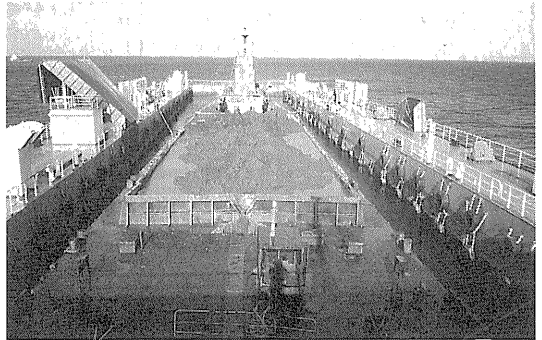
- (i) 施工フロー
- (ii) 施工手順



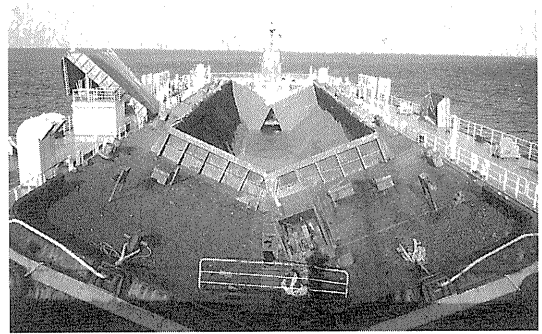
写真—1 汚濁防止柵(船)概観



写真—2 土運船入渠

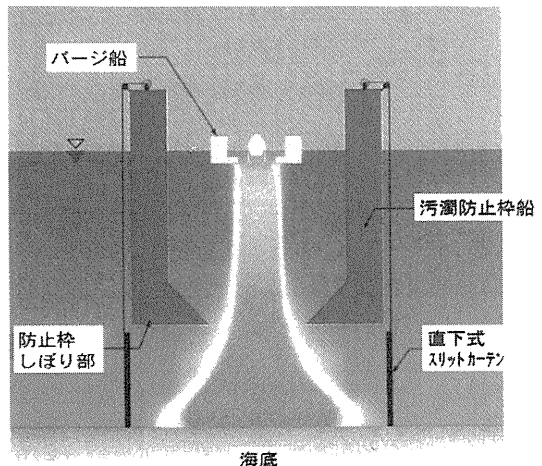


写真—3 船尾ゲート閉鎖

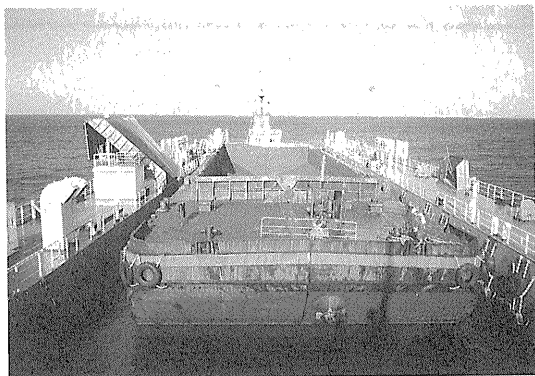


写真—4 土砂投棄

- ① 汚濁防止枠（船）の設置
汚濁防止枠（船）のアンカを打設し GPS で位置を確認しながら所定の位置に固定する。
- ② スリットカーテン垂下
スリットカーテンを所定の位置まで垂下させる。
- ③ 船尾ゲート開放
汚濁防止用のウォーターカーテンを作動させ、船尾ゲートを開放する。
- ④ 土運船入渠
土運船を押船ごと防止枠（船）内に誘導、入渠させる。入渠した土運船は、防止枠船内の数箇所
に土砂投棄時の移動防止用係船索をとる（写真—2参照）。
- ⑤ 船尾ゲート閉鎖
船尾ゲートを閉鎖する（写真—3参照）。
- ⑥ 土砂投棄
土運船の泥扉を開放し、土砂を投棄する（写真—4、図—7参照）。



図—7 投入時イメージ図（断面）



写真—5 泥扉閉鎖



写真—6 土運船出渠

- ⑦ 泥扉閉鎖
土運船の泥扉を閉鎖する（写真—5 参照）。
- ⑧ 船尾ゲート開放
船尾ゲートを開放する。
- ⑨ 土運船出渠
土運船を出渠させる（写真—6 参照）。
- ⑩ 船尾ゲート閉鎖
船尾ゲートを閉鎖する。
- ⑪ 深浅測量
数回の投棄後、投棄場所の地盤高さを超音波測深装置を用いて測量する。
- ⑫ 汚濁防止柵（船）の移動
所定の地盤高さに達していれば、汚濁防止柵（船）を次の場所に移動させる。

6. システムの効果

土運船直接投入時と汚濁拡散防止システムの現

地における使用結果は次のようにまとめることができ、濁りの抑制、防止に十分な効果を発揮していることを示している。

- ① 表層部・中層部：汚濁防止柵（船）の喫水より上層（海底面より 20 m 上層）に、土砂投入に伴い発生する濁りの拡散、浮上は観測されず、汚濁防止柵（船）による濁りの抑制、防止効果が発揮されている。
- ② 底層部：土砂投入に伴い発生する濁りの継続時間は 1～2 時間程度で、投入の前後で濁度の大きな違いは認められていない。

7. おわりに

以上、汚濁拡散防止システムについて、開発の経緯、システムの原理、概要また稼働状況を簡単に紹介した。実海域での施工結果でも汚濁拡散防止という初期の目的が十分に果たされており、施工区域が大水深となる場所や潮流が速い場所で人工島等の埋立工事を行う際、本システムを使用することで、土運船による直接投入の適用の可能性がさらに増加するものと考えている。

【筆者紹介】



石倉 隆（いしくら たかし）
五洋建設株式会社
土木本部機械部
部長



内山 一郎（うちやま いちろう）
五洋建設株式会社
技術研究所
主任



田村 良和（たむら よしかず）
大新土木株式会社
船舶管理部