

底開・全開バージによる土砂投入形状の 現地比較実験

FIELD EXPERIMENT ON DEPOSITION CONFIGURATION OF
EARTH-SAND DUMPED FROM HOPPER AND SPLIT BARGES

荒井清¹・太田正規¹・五明美智男²・矢内栄二³・松見吉晴⁴

Kiyoshi ARAI, Masanori OTA, Michio GOMYO, Eiji YAUCHI and Yoshiharu MATSUMI

¹正会員 工修 東亜建設工業(株) 大阪支店 (〒596-0015 大阪府岸和田市地蔵浜11-1)

²正会員 水修 東亜建設工業(株) 技術研究所 (〒230-0035 横浜市鶴見区安善町1-3)

³正会員 工博 東亜建設工業(株) 土木本部設計部 (〒102-8451 東京都千代田区四番町5)

⁴正会員 工博 鳥取大学工学部 社会開発システム工学科 (〒680-0946 鳥取市湖山町南4-101)

Hopper and split barges are frequently used in marine construction schemes for reclamation of offshore land for airports and caisson foundations. In order to realize a designed geometry accurately and effectively, the deposition configuration of earth and sand dumped by barges and the optimum interval of discharge sites of barges for a specified degree of uniformity in the mound surface must be predicted in advance.

In the present study, a sailing arrangement system based on a prediction model was used in a construction project. It was confirmed by field engineers that the deposition configuration of earth and sand dumped by a hopper barge is different from that of earth and sand dumped by a split-type barge. The characteristics of the spatial deposition configurations resulting from dumping by each type of barge were investigated under the condition of a single discharge of earth and sand in field experiments

Key Words : Hopper barge, split barge, sand dump, deposition configuration, field experiment

1. はじめに

海面から土砂を投入する方法として、底開式バージおよび全開式バージがしばしば使用される(図-1)。著者らは、これらの土運船を用いた効率的な土砂投入管理を目的として、リアルタイム地形計測と堆積形状予測モデルを組み合わせた配船位置管理システムについて研究を行ってきた^{1)~4)}。その結果、底開式と全開式バージでは投入後の堆積形状も異なることが現場技術者から指摘されるようになってきたが、従来の研究ではこの点について明確に検討されたものはほとんどなく、配船位置管理システム運用上の

問題となってきた。

本研究では、同一海域において実施された底開式と全開式バージの直投による堆積形状を現地調査により比較し、それらの特徴について検討する。

2. 調査内容

(1) 調査地点と項目

現地調査は、兵庫県神戸市において実施されている「六甲南フェニックス」工事の水深14mの海域において行った。サンドドレーンにより改良された軟弱地盤上およびその周辺に厚さ1mの盛砂をして、その上に底開式あるいは全開式バージにより土砂の直接投入を実施している(図-2)。投入土砂の中央粒径 $d_{50}=30\text{mm}$ であり、底開式バージは表-1に示すように $3,200\text{m}^3$ 積み1隻および $5,000\text{m}^3$ 積み2隻と、全開式バージとして $3,000\text{m}^3$ 積み1隻および $3,500\text{m}^3$ 積み3隻、合計7隻の土運船を使用した。

投入した土砂の堆積形状は、事前事後に東亜建設工業(株)で開発されたGPSとナローマルチビーム探査ソナーおよび動揺補正装置を組み合わせたリアルタ

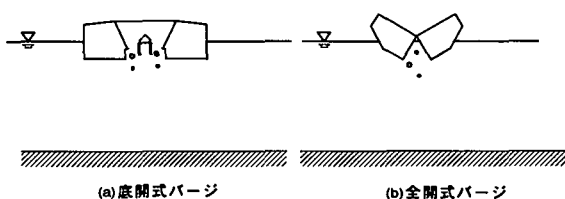


図-1 底開式および全開式バージ

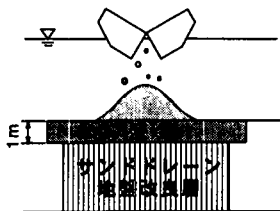


図-2 投入概念図

表-1 バージ諸元

諸元	底開式		全開式	
	A	B,C	D,E,F	G
積載量(m ³)	3,200	5,000	3,500	3,000
全長(m)	99	122	101	78
幅(m)	20	22	19	19
土槽 (m)	長さ	66	98	56
	幅	11.6	13.5	13.9
	深さ	6.4	6.5	6.5
	開口幅	3.4	3.6	8.5
吃水 (m)	満載	4.7	5.0	4.8
	空船	1.7	1.4	1.2

イム地形計測システム(ペルーガシステム)を用いて測定した。施工条件として、潮位、潮流速度および流向、風速・風向、投入位置より50m離れた位置での流速、投入所要時間を測定した。

(2) 沈下量の測定

土砂投入によって生じる沈下量(めりこみ量)として、底開バージのAと全開バージのDについて、地盤改良部分における投入前後の地盤高変化を計測した。

計測には図-3に示すSEP台船を用い、電気式静的コーン貫入試験装置による先端抵抗の変化から地盤の変化を読みとった。

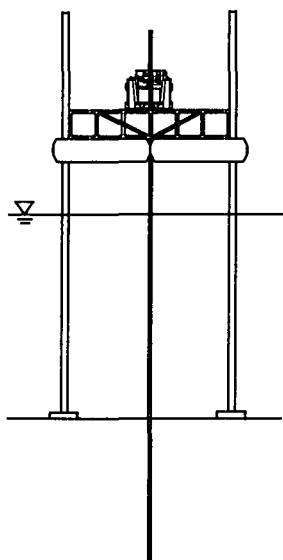


図-3 沈下量測定方法

3. 計測結果と考察

(1) 堆積形状

表-2に投入状況の結果を示す。表中の投入時間は土槽内から土砂が排出終了するまでの時間である。

図-4は、代表的なケースにおける底開・全開それぞれのバージによる堆積形状の鳥瞰図を示したものであるが、底開式・全開式いずれについても大きな二つの山が形成されている状況が認められる。

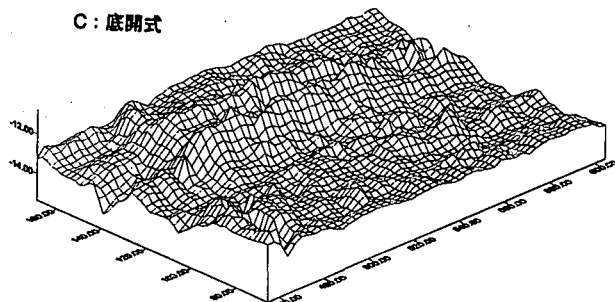
図-5～11は、各バージにおける投入前後の深浅値

表-2 投入状況調査結果

船名	種類	積載 (m³)	投入時間 (s)	地盤*	流速 (m/s)	風速 (m/s)	
A	底開	3,194	26	改	0.20	4.0	
		3,168	24	未	0.05	1.0	
		3,181	22	未	0.40	9.0	
		3,172	20	改	0.15	3.0	
		3,167	20	未	0.20	8.0	
B		3,594	15	改	0.05	3.0	
C		4,841	14	改	0.05	2.0	
D	全開	2,315	118	未	0.15	1.0	
		2,601	105	未	0.20	7.0	
		2,831	100	未	0.30	4.0	
		E	2,680	173	未	0.10	6.0
		F	2,658	158	未	0.10	8.0
G		2,418	80	未	0.15	3.0	

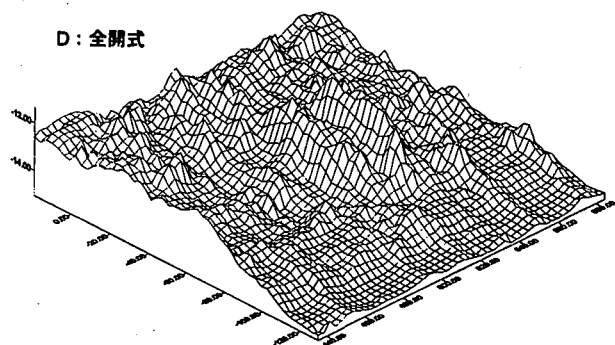
* 改：サンドドレーン改良部投入，未：未改良部投入

C：底開式



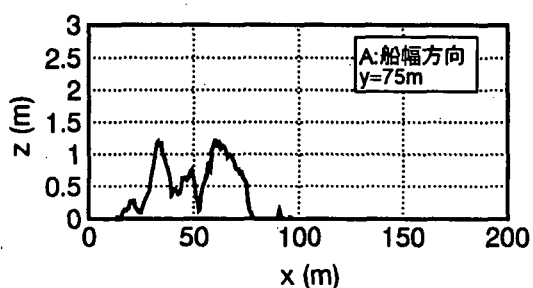
(a) 底開バージ

D：全開式

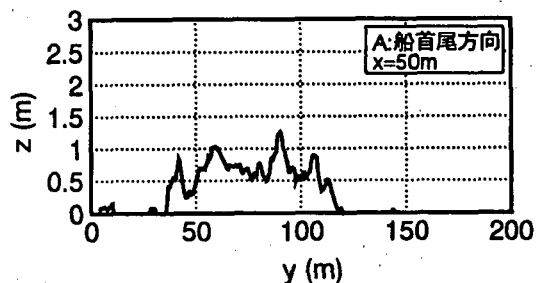


(b) 全開バージ

図-4 堆積状況鳥瞰図

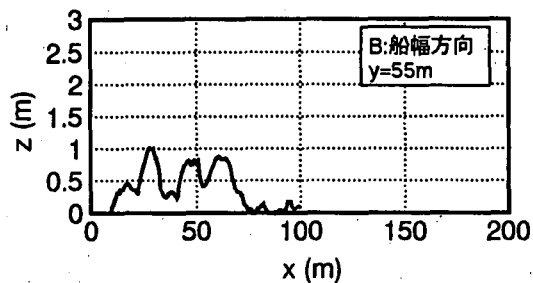


(a) 船幅方向

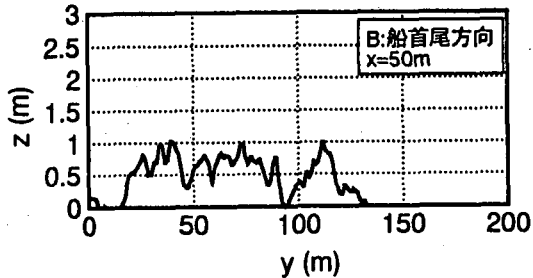


(b) 船首尾方向

圖-5 堆積形狀(底開A)

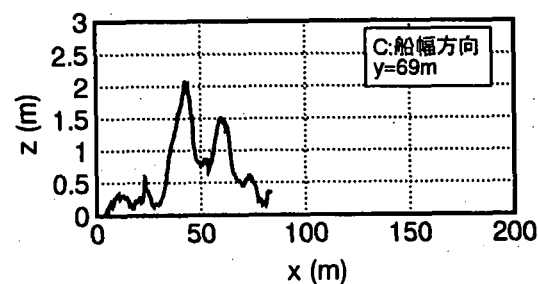


(a) 船幅方向

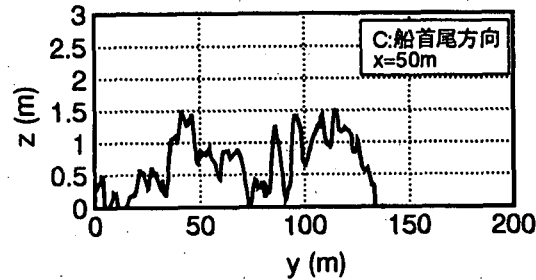


(b) 船首尾方向

圖-6 堆積形狀(底開B)

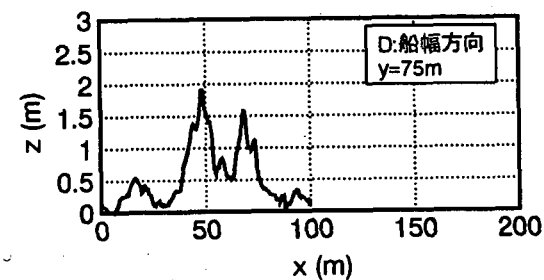


(a) 船幅方向

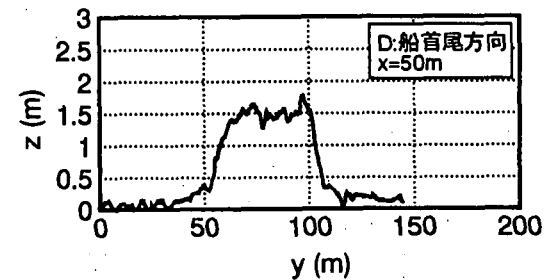


(b) 船首尾方向

圖-7 堆積形狀(底開C)

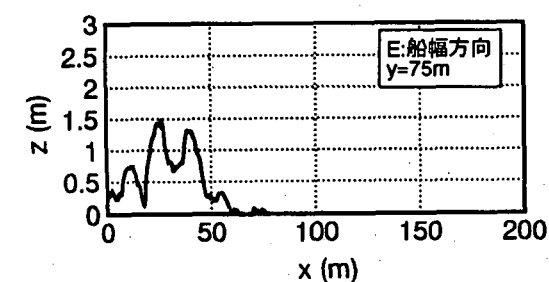


(a) 船幅方向

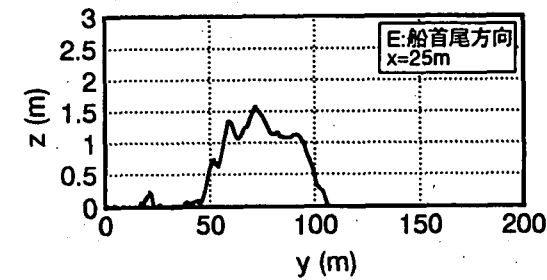


(b) 船首尾方向

圖-8 堆積形狀(全開D)

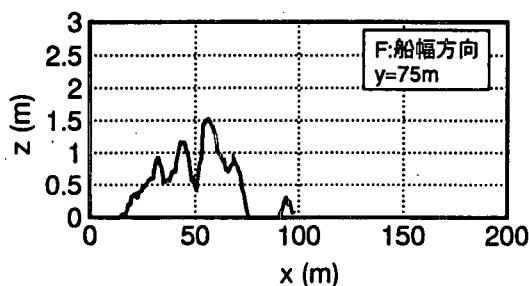


(a) 船幅方向

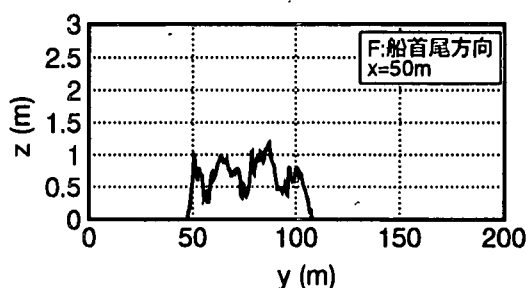


(b) 船首尾方向

圖-9 堆積形狀(全開E)

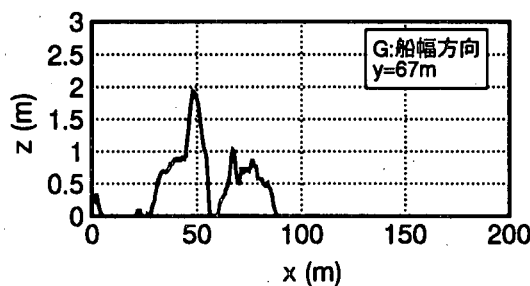


(a) 船幅方向

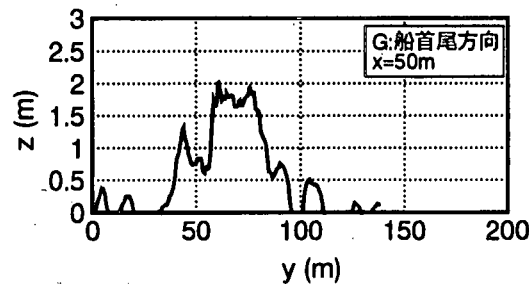


(b) 船首尾方向

図-10 堆積形状(全開F)



(a) 船幅方向



(b) 船首尾方向

図-11 堆積形状(全開G)

の差分から、堆積中央部の断面形状を算出したものである。(a)は船幅方向、(b)は船首尾方向であり、凡例中の座標値はそれぞれの切り出し座標を示している。

底開バージ(図-5～7)および全開バージ(図-8～11)のすべてのケースにおいて、船幅方向には二山型の堆積形状が、船首尾方向には一山型の堆積形状が認められる。

底開バージによる堆積形状(図-5～7)の特徴として、船首尾方向の堆積幅が長く、堆積高さの変動幅も20cm前後と比較的大きいことがあげられる。

図-8～11は、全開バージの堆積形状である。全開バージの場合、船首尾方向の堆積幅が50m程度の変動の少ない山型を形成することが特徴的である。船幅方向の堆積形状で見ると、底開バージの結果と異なり二山の脇に小さな山があるが、これは全開バージでは投入までに要する時間が長く、風や流れにより船体が移動したことによる堆積と考えられる。表-2に示したように、今回の調査では全開バージによる投入の際には特に風が強く、土砂投入中に15～20mもバージ船体が移動したケースもあった。図-10(a)の全開バージFのケースで明瞭な二山が現れていないのは、このような理由によるものと考えられる。

堆積形状の違いとして、二山の頂部幅と頂部高さについて検討する。図-12は、二山の頂部幅Bと頂部高Dの関係を示したものである。底開式は頂部間隔の分散幅が大きく、また全開式よりも頂部間隔が大きい。同一の頂部幅で比較すると、全開式は底開式よりも頂部高さが大きくなる傾向が見られる。ま

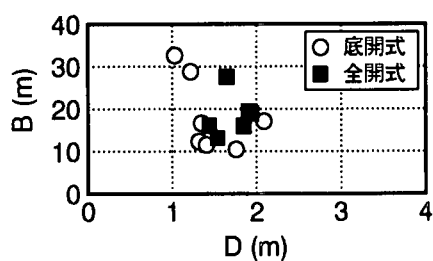


図-12 頂部間隔Bと頂部高D

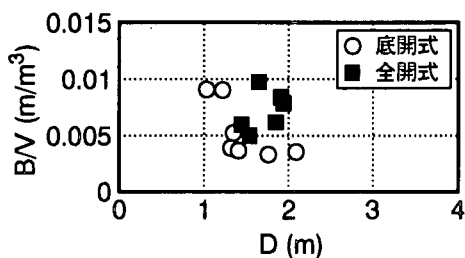


図-13 単位土量あたりの頂部間隔と頂部高

た、底開式は頂部高さが大きくなると頂部間隔が小さくなる傾向が見られるが、全開式の場合には特徴的な傾向が認められない。ただし、このときの底開式と全開式とでは1000m³前後も投入土量が異なっている。そこで、二山の頂部幅を投入土量Vで割ったものと頂部高Dの関係を示したものが図-13である。このときの結果でも、底開式の場合には頂部高さが大きくなると頂部間隔が小さくなる傾向が見られるが、全開式の場合には特徴的な傾向が認められない。

(2) 沈下量

表-3に静的コーン貫入試験により測定された敷砂面の沈下量を示す。ここで、測定位置は図-14に示すように投入時の衝撃が最も大きいと考えられた二山の中央部である。

その結果、投入による敷砂面の沈下量は、3cm～18cmとなり、比較的小さな値となった。この理由については現在室内実験により検討中であるが、投入位置直下では衝撃によるめりこみはあまり大きくなく、むしろ堆積後の静的な荷重によって沈下していくものと考えられる。

表-3 静的コーン貫入試験結果

船名	測点	地盤高(m)		沈下量(m)
		投入前	投入後	
全開D	3	-13.28	-13.31	0.03
	4	-13.27	-13.45	0.18
	5	-13.18	-13.24	0.06
底開A	6	-12.28	-12.32	0.04
	7	-12.48	-12.57	0.09
	8	-12.51	-12.56	0.05
	9	-12.45	-12.45	0

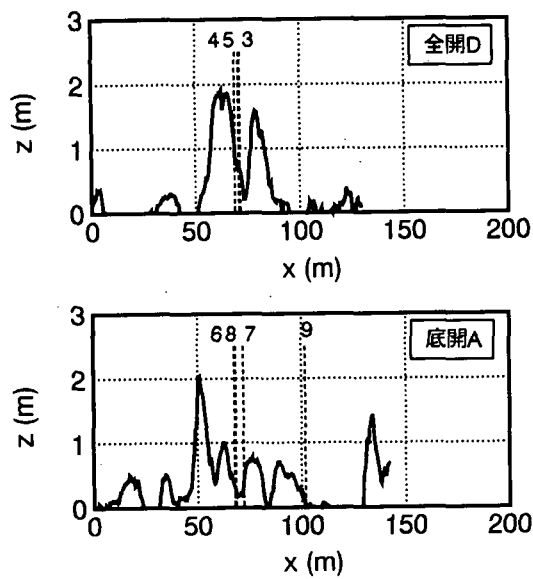


図-14 沈下量測点

(3) 配船位置管理システムへの適用

以上の結果から、配船位置管理システムで投入モデル³⁾を使用するにあたっては、下記の項目を考慮する必要があることがわかった。

① 二山頂部間隔

全開式バージは底開式バージよりも土砂が集中する傾向があることがわかった。その理由として、全開式バージは油圧方式により扉が開くにつれて少しずつ投入するのに対し、底開式ではヒンジをはずす

ことにより瞬時に投入するため大きなエネルギーを持って投入することによるものであると考えられる。

② バージ船体の移動

底開式バージとの投入方法の違いにより、全開式バージでは風や流れの影響を受けやすい。対象水深や土量によっては、バージ船体が移動することを考慮する必要がある。

3. むすび

堆積形状については、底開式・全開式いずれについても「二山型」となった。しかし、二山の頂部幅は全開式よりも底開式の方が大きくなり、堆積厚は全開式が底開式よりも大きくなる傾向がみられた。このことから、全開式バージは底開式バージよりも土砂が集中する傾向があることがわかった。その理由として、全開式バージは油圧方式により扉が開くにつれて少しずつ投入するのに対し、底開式ではヒンジをはずすことにより瞬時に投入するため大きなエネルギーを持って投入することによるものであると考えられる。

流れの影響については、上記に述べた投入方法の違いにより全開式バージでは流れの影響を受けやすいが、底開式バージではこの程度的水深ではほとんど流れの影響を受けないことがわかった。

謝辞：本調査の実施にあたり快く承認を頂いた大阪湾広域臨海環境・整備センターの方々に謝意を表す。また、深浅データの取得・解析にあたっては東亜建設工業株式会社の方々の協力を得た。併せて謝意を表す。

参考文献

- 1) 矢内栄二・横堀浩一・松見吉晴：トレミー管および全開バージによる投入土砂の堆積形状，海洋開発論文集，Vol.13, pp.369-373, 1997.
- 2) 松見吉晴・矢内栄二・荒井清・増田稔：底開式バージによる投入土砂の堆積形状に関する予測モデルの検証実験，土木学会第52回年次学術講演会講演概要集VI, pp.46-47, 1997.
- 3) 松見吉晴・荒井清・太田正規・矢内栄二・増田稔：軟弱底面上に投入した土砂の堆積形状とその予測，海岸工学論文集，第45巻，pp.891-895, 1998.
- 4) 矢内栄二・太田正規・松見吉晴：確率モデルを用いた土砂堆積形状予測計算におけるパラメータ設定法，土木学会第53回年次学術講演会講演概要集II, pp.168-169, 1998.
- 5) 武藤碩夫・吉井総介・石田勉：大規模埋立用底開バージによる土砂投下の研究，三菱重工技報，Vol.11, No.1, pp.92-104, 1974.

(1999.4.19受付)