

大水深域へ投入するブロックの着底範囲に関する実験的研究

東洋建設(株)鳴尾研究所 正会員 ○金澤 剛
 東洋建設(株)九州支店 城戸 誠司
 東洋建設(株)九州支店 糸永 克彦
 東洋建設(株)土木技術部 加藤 直幸

1. はじめに

漁場整備において栄養塩の豊富な底層水を表層に供給させる湧昇マウンド礁の設置が進められている。この湧昇マウンド礁は大水深域で石材やブロックの投入により築造されることから、効率良く施工するため、事前の数値シミュレーションや計測施工が行われている^{1),2)}。一方、水産庁が五島西方沖で実施している湧昇マウンド礁築造工事は、水深が150mに達する従来にない大水深域で行われており、水面から投入されたブロックの着底範囲が従来以上に広範囲に散乱することが懸念された。そこで、ブロックの着底範囲を把握し、施工上合理的な投入数量を把握することを目的に、大型水槽を用いた水理模型実験を実施した。

2. 水理模型実験

実験は、東洋建設(株)鳴尾研究所にある鋼製大型水槽(L2.4m×W2.4m×D2.6m)を用いて、フルードの相似則に従うものとして模型縮尺1/60で行った。現地で使用されるブロックは図-1に示すように、1辺が2.0mの立方体の各所に溝が付けられ、中央に0.8m角の貫通孔を有したものであり、1個の質量は10.2tである。なお、貫通孔の片側端部は鋼板で塞がれている。ブロック模型はアクリルでこの形状を再現し、重心位置を考慮して鉛で質量調整を行った。実験諸元を表-1に示す。

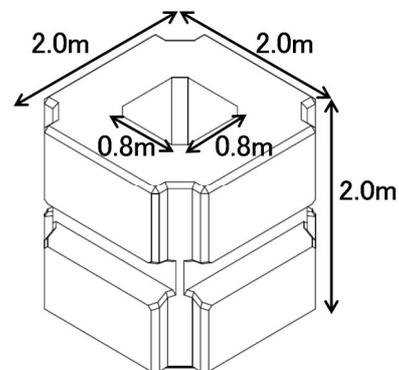
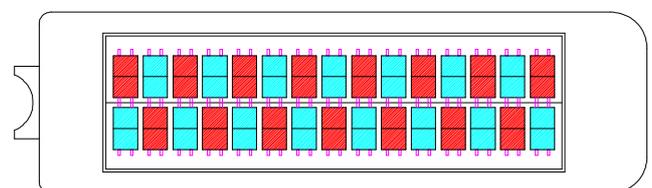


図-1 ブロック模式図

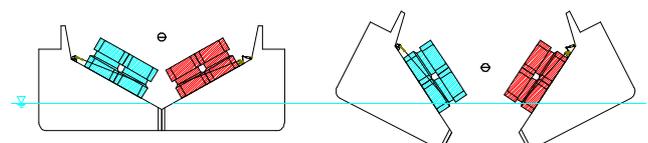
表-1 実験諸元

	原型	模型
水深(m)	150.0	2.5
ブロック代表長(m)	2.0	0.033
ブロック孔長(m)	0.8	0.013
船倉長(m)	40.0	0.7

現地でのブロックはこの鋼板を下にして図-2に示すように1隻の全開式バージに左右15列、1列につき2個の計60個が積載、ワイヤーで固定され、投入位置でバージの底開後、ワイヤーが開放されて所定の個数が投入される。実験では水槽中央の水面上に、底開時のバージ船倉底面と同一勾配の斜面を有する投入装置を用意し、その上にブロック模型を載せて留め金具で固定した。そして、留め金具を開放することでブロック模型を滑動、落下させた。なお、船倉上の滑り鋼板とその上を滑動するコンクリートブロックの摩擦を再現するため、ブロック模型は投入装置上に設けた真鍮製角材上を滑動させた。また、ブロックの落下速度とブロックの代表長に関するレイノルズ数を確認したところ、原型と模型ともに $Re > 4000$ の乱流領域であった。



(a) 平面図(右が船首)



(b) 運搬時

(c) 底開時

図-2 全開式バージ上のブロック積載状況

実験では、バージ1隻分の60個のブロックのうち、図-2に赤色で示す30個のブロック模型を表-2に示す

キーワード 湧昇マウンド礁, ブロック投入, 散乱, 着底範囲, 水理模型実験

連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜1-25-1 東洋建設株式会社 鳴尾研究所 TEL 0798-43-5902

個数ずつ船首側から順に連続投入した。例えば、ケース 2 の場合、まず船首側の 4 個を同時に投入し、それが着底した後に次の船首側の 4 個を投入するといった手順である。そして 30 個を投入後、さらに図-2 の青色で示す 30 個のブロック模型を同様に投入した。実験は各ケースについて複数回繰り返す、落下するブロックの挙動を観察するとともに、ブロックの着底位置を記録した。

3. 実験結果

図-3 にブロック模型が投入装置斜面を滑落した後、水中を落下する初期の状況を示す。ブロック模型は斜面を滑落したことから水平方向の運動量を得て、水中落下直後から水平方向にある程度移動した。その後ブロック模型は、鉛直あるいは水平軸周りの回転をしながら水中を自由落下して着底した。バージ 1 隻分の 60 個のブロック模型の着底位置の一例を図-4 に示す。図中、4 色の小さな□印がブロック位置を表し、中央のハッチを施した矩形が船倉を示す。また、楕円は同一海域での石材の投入実績に基づく堆積範囲である。図-4 が示すように、ブロック模型の着底範囲は比較的広範囲に及び、石材よりやや広く散乱した。これは投入時に与えられた水平方向の運動の影響に加え、落下中のブロック模型の回転の影響が大きいと考えられた。主に鉛直軸周りに回転して落下したブロック模型は比較的真っ直ぐに沈降していったが、主に水平軸周りに回転して落下したものは、水平方向に比較的大きく変位して沈降したようであった。

船倉の中心を原点とし、投入した 60 個のブロック模型のうち船首方向である x 正および船尾方向の x 負方向に最も遠く着底したブロックの x 座標を x_{max} および x_{min} とし、同様に船腹方向の y 方向にも y_{max} および y_{min} を求め、着底範囲 $X(=2MAX(x_{max},|x_{min}|))$ および $Y(=2MAX(y_{max},|y_{min}|))$ を比較した。実験ケースごとに着底範囲 X および Y の最大値、その X と Y で得られた楕円面積 S を表-3 に示す。ブロック模型の着底位置の最大範囲を示した表-3 によれば、ブロック模型を 8 個ずつ投入するケース 3 の着底範囲が最も狭かった。一方、全体的なブロック模型の散乱状況に着目すると、いずれのケースも投入したブロック模型の 90%程度が石材の堆積範囲の 1.25 倍の範囲に着底していた。これより、着底範囲に及ぼす投入数量の影響はあまり大きくないと考えられた。

4. まとめ

水理模型実験により水深 150m の海域に投入されるブロックの着底範囲は、石材の堆積範囲実績よりやや広くなると予測された。投入数量の違いにより着底範囲に差が生じた要因は今後の課題検討である。

参考文献

- 1) 大野嘉典・五明美智男・浅沼丈夫・川口毅・平沼賢治：人工湧昇流マウンド造成のためのブロック投入管理，海洋開発論文集，第 20 巻，pp.935-940，2004。
- 2) 加藤直幸：海底山脈の築造と施工管理（その 3），作業船，No.294，pp.35-40，2009。

表-2 実験ケース

	投入数量	ブロック配置
ケース 1	2 個ずつ	千鳥配置
ケース 2	4 個ずつ	
ケース 3	8 個ずつ	
ケース 4	16 個ずつ	
ケース 5	30 個ずつ	

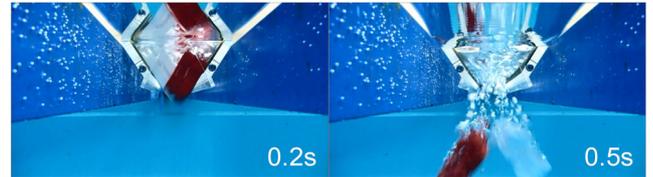


図-3 ブロック投下直後の状況

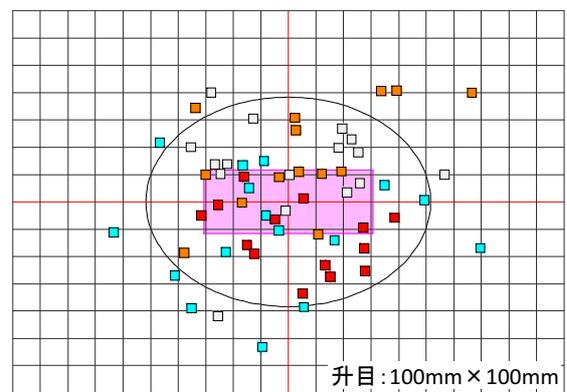


図-4 ブロック着底位置の一例(ケース 1)

表-3 ブロック着底範囲(原型に換算)

	X(m)	Y(m)	S(m ²)
ケース 1	83.5	78.7	5164
ケース 2	88.1	89.9	6218
ケース 3	69.4	79.8	4347
ケース 4	80.4	86.9	5486
ケース 5	84.0	95.0	6270