

密閉式バケット降下時の底面流速に関する一考察

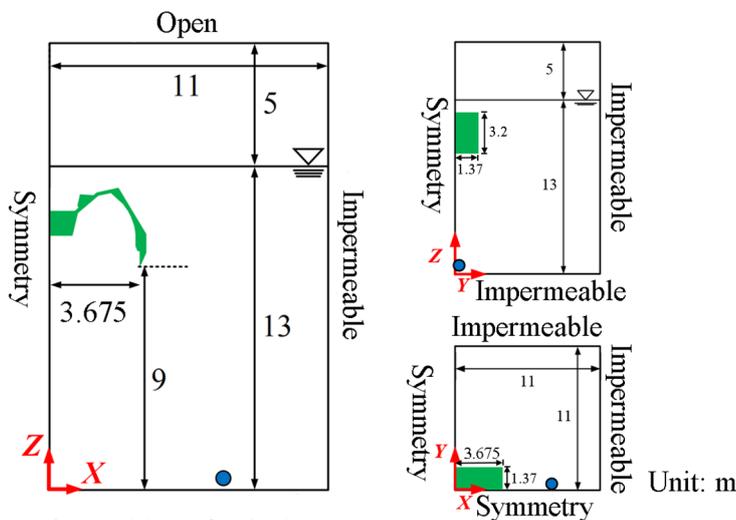
名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○ 龍 瑞
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 中村 友昭, 趙 容桓
 名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 水谷 法美
 東洋建設株式会社鳴尾研究所 正会員 金澤 剛

1. はじめに: グラブ浚渫作業時には, 周辺海域の水質に配慮するため濁りの発生や拡散の抑制が求められる。そこで, 濁りの拡散を防止するため, グラブバケットの構造 (首藤ら, 1976), 汚濁防止膜 (安井, 2003), バケット巻き下げ・巻き上げの低速化 (中村ら, 2015; 金澤ら, 2016) などの研究が行われてきたものの, バケット巻き下げ時に生じる流動場の変化を詳細に検討した事例は見られない。本研究では, バケット降下時を対象とした実スケールの数値解析を行い, バケットの周辺に生じる流動場を特に底面流速の観点から検討する。

2. 計算条件: 本研究では, 3次元流体・構造・地形変化・地盤連成数値計算モデル (中村・水谷, 2014) を図-1に示す計算領域に適用して2次元と3次元の数値解析を行った。同図に示すように, 中村ら (2015) と同様に, 汚濁防止膜が 22 m の間隔で底面まで設置されている静水深 13 m の一様水深部に, 全開時の密閉式バケットが底面から 9 m の位置に静止している状況を対象とした。そして, 表-1に示す D0 と D1 の2パターンでバケットを降下させた。ただし, 計算が不安定になるのを防ぐためにバケットを底面上 0.1 m で停止させた。また, 上記の3次元解析に加えて, 比較のために単位奥行き断面2次元解析も行った。

3. 計算結果及び考察: 図-1に示す位置の合成流速の大きさ $|V|$ の時間変化を図-2に示す。バケットの着底時刻は, D0の速度で降下させたときは約 11.5 s, D1の速度で降下させたときは約 24.0 s となることから判断すると, $|V|$ はバケットが底面に近づくにつれて徐々に増加し, バケットが着底した少し後に最大値をとることが分かる。また, 2D-D0 と 2D-D1, 3D-D0 と 3D-D1 の比較より, バケットを途中で減速させると, $|V|$ が全体的に小さくなることも確認できる。ただし, 3次元解析と断面2次元解析の結果は大きく異なっている。

底面上 0.2 m の位置における水平方向流速の大きさの最大値 u_{max} の分布を図-3 から図-6 に示す。ここで, バケットを D0 の速度で降下させた2次元解析の結果を示した図-3 では, 比較のために $\Delta t = 0.1, 0.01, 0.001$ s 間隔で出力したデータから算出した u_{max} をそれぞれ示した。また, バケットを D1 の速度で降下させた断面2次元解析の結果を示した図-5 では, $\Delta t = 0.01$ s 間隔で出力したデータから算出した u_{max} を, 3次元解析の結果を示した図-4 と図-6 では, $\Delta t = 0.1$ s 間隔で出力したデータから算出した u_{max} を示した。



●: The position of velocimetry, $x=7.325\text{m}$, $y=0\text{m}$, $z=0.25\text{m}$

図-1 計算領域の概略図

表-1 バケットの降下条件

Case	一次降下速度 [m/s]	一時停止高さ [m]	二次降下速度 [m/s]
D0	0.774	NA	NA
D1	0.774	4.0	0.258

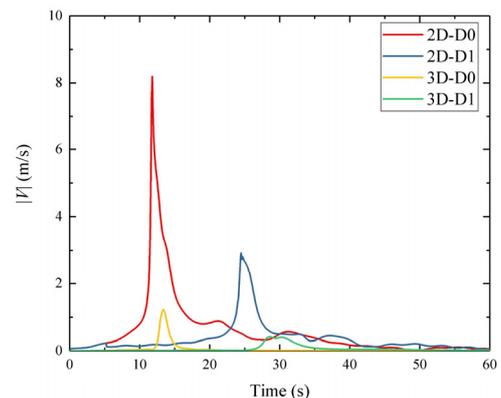


図-2 合成流速の大きさ $|V|$ の時間変化

図-3 より, $\Delta t = 0.1$ s 間隔のデータを用いた場合には u_{\max} が振動しているものの, $\Delta t = 0.01$ s より細かい場合にはそのような振動が見られないことが分かる. また, Δt を細かくするほど, u_{\max} が若干大きくなることも確認できる. したがって, Δt はできるだけ細かい方が好ましいものの, Δt を細かくするほど出力データが膨大になることから, ここでは上述のように 2 次元解析の場合は $\Delta t = 0.01$ s, 3 次元解析の場合は $\Delta t = 0.1$ s とした.

2 次元解析の結果を示した図-3 と図-5 より, バケットの降下速度に関わらず, u_{\max} の最大値はバケットの爪先の位置である $x = 3.675$ m より若干外側に発生していることが確認できる. また, 図-3 と図-5 の比較より, |I| の場合と同様に, バケットを途中で減速させることで u_{\max} が全体的に小さくなっていることが分かる.

3 次元解析の結果を示した図-4 と図-6 より, u_{\max} が大きい領域は x 軸方向だけではなく y 軸方向にも広がっている. また, その大きさは, |I| の場合と同様に, 2 次元解析よりも小さいことが分かる. これは, バケット降下時にバケットの内部から外側に吹き出す流れは, 2 次元解析のようにバケットの長軸方向である x 軸方向だけではなく, バケットの短軸方向である y 軸方向にも生じたためである. ただし, バケットを途中で減速させることで u_{\max} が全体的に小さくなる点では 2 次元解析と 3 次元解析で共通しており, 計算負荷の小さい 2 次元解析でもバケットを途中で減速させる効果の定性的な評価は行えると考えられる.

4. おわりに: 本研究では, 密閉式バケット降下時を対象とした数値解析により, バケット着底時の流動場を特に底面流速の観点から考察した. その結果, バケットの降下速度を一定とした場合と比べて, バケットを途中で減速させることで底面上に生じる水平流速の最大値が低減できること, 2 次元解析と 3 次元解析で底面流速が大幅に異なっているものの, バケットを途中で減速させる効果の定性的な評価は計算負荷の小さい 2 次元解析でも行える可能性があることを示した. 今後, さらなる検討を行う予定である.

参考文献: [1] 首藤伸夫・橋本宏・宇多高明・戸沢孝吉 (1976), 海洋開発シンポジウム講演集, Vol. 7, pp. 50-55. [2] 金澤剛・辻北智志・中村友昭 (2016), 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 72, No. 2, pp. I_580-I_585. [3] 中村友昭・福田俊・鈴木愛美・菊雅美・水谷法美・金澤剛 (2015), 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 71, No. 2, pp. I_580-I_585. [4] 中村友昭・水谷法美 (2014), 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 70, No. 2, pp. I_516-I_521. [5] 安井章雄 (2003), 環境技術, Vol. 32, No. 7, pp. 557-562.

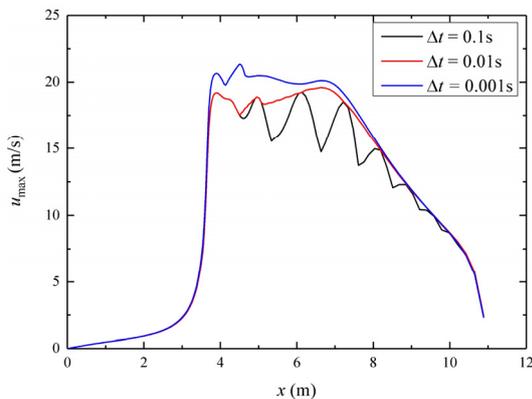


図-3 底面上の最大水平流速分布 (2次元, D0)

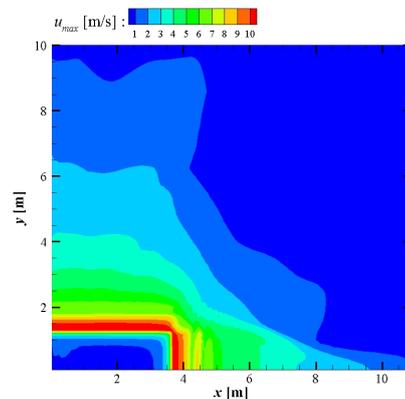


図-4 底面上の最大水平流速分布 (3次元, D0)

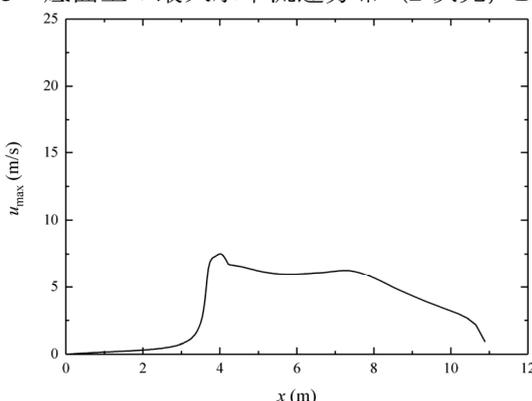


図-5 底面上の最大水平流速分布 (2次元, D1)

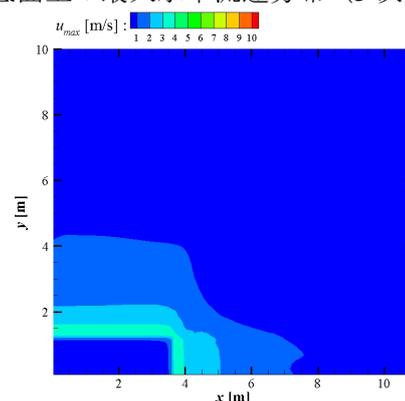


図-6 底面上の最大水平流速分布 (3次元, D1)