

浚渫グラブの昇降による拡散係数について

日本大学工学部土木工学科 学生会員 ○片倉佑基
 日本大学工学部土木工学科 佐藤允彦
 日本大学工学部土木工学科 正会員 金山 進

1. はじめに

港湾・河川・運河などの底面を浚って、土砂などを取り去り、必要な水深を確保する土木工事のことを浚渫といい、浚渫グラブ（グラブバケット）と呼ばれる装置を用いることが多い。浚渫における汚濁の広がり
 の主な原因は流れによるものであるが、流速が小さい場所ではグラブ昇降による拡散が主体と考えられ、施工前に実施する環境影響評価における汚濁拡散解析では、こういったことが重要となるケースも想定される。小田島ら(2018)は、鉛直2次元の浚渫グラブを水平板で近似した流動計算と移流拡散方程式による数値的検討により、浚渫開始から一定時間（計算条件などから具体的には4分）経過後の濁りの拡散幅 σ がグラブの昇降速度とグラブ幅の積に比例するという結果を得ている。本研究では、小田島らの計算結果を再整理し、ある時点での拡散幅 σ ではなく、現象を一貫して表現できる拡散係数 K の定式化を行うとともに、浚渫間隔（土運船への積み込みのため、グラブが空中に出ている時間）によって異なる値となっていた比例係数を統一的に表すことを試みた。

2. 拡散係数の定式化

水平方向の拡散係数 K は式(1)で与えられる拡散幅 σ の2乗値の時間変化率から式(2)のように与えられる。

$$\sigma^2 = \frac{\int x^2 C(x, z) dx dz}{\int C(x, z) dx dz} \quad (1)$$

$$K = \frac{1}{2} \frac{d\sigma^2}{dt} \quad (2)$$

式(1)において x は浚渫地点から水平距離、 z は鉛直方向の距離、すなわち深度である。 $C(x, z)$ は x および z の関数として表した浮遊土砂の濃度分布である。小田島らの計算結果を再整理して条件毎に σ^2 の時系列図を作成し、その傾きから拡散係数 K を算定した結果を図-1に示す。浚渫間隔によって比例係数は異なるものが、拡散係数 K は実質速度とグラブ幅の積に比例する結果となった。ここで「実質速度」とは小田島らによって提案されたものであり、浚渫グラブが空中に出ている間の昇降速度を0として算定した浚渫1サイクルの平均速度である。

このように拡散係数 K が定式化されれば、グラブを昇降させる流動計算を行わなくても流速が0の場合の汚濁拡散予測が行える。また、複雑な地形条件でも適用可能になる。

3. 浚渫間隔によらない定式化の試み

前述のとおり、小田島らの「実質速度」を用いて整理した図-1では浚渫間隔によって関係式が異なったため、浚渫間隔によらない関係式を試みた。

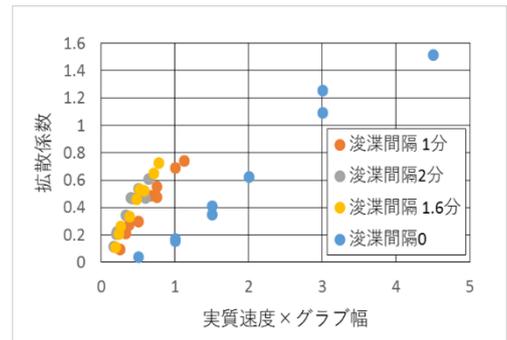


図-1 拡散係数での整理（小田島ら）

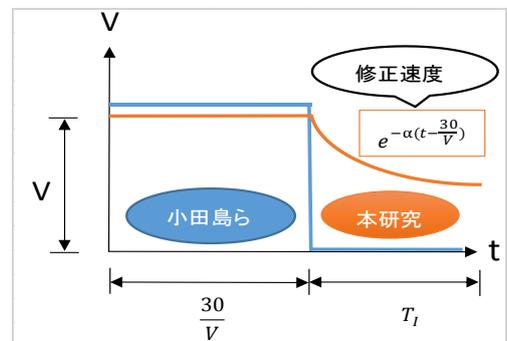


図-2 新たな有効速度（修正速度）

キーワード: 浚渫グラブ, 汚濁拡散, 拡散係数

連絡先: 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1, kanayama@civil.ce.nihon-u.ac.jp

ただし、浚渫間隔 0 のケースはグラブが水面と海底を単純に往復する流れであり、グラブが空中に出た後も上昇時に発生した流速が残っている浚渫間隔 1 分、2 分、1.6 分のケースとは明らかに異なった現象といえる。さらに実際の浚渫では浚渫した土砂を土運船に積み込む時間は必ず必要であり、浚渫間隔 0 という条件はあくまで仮想のものでしかない。以上のような理由から、ここで浚渫間隔によらない定式化を検討するにあたって浚渫間隔 0 のケースは除外した。

図-2 は浚渫間隔によらない定式化を目指して本研究で新たに定義した「修正速度」の概念図である。前述のとおり、小田島らは図中の青線のような流速変化を仮定して「実質速度」を定義していたが、計算結果を詳細に観察すると、海水の動きはグラブ離水後に急激に 0 となるのではなく、徐々に減衰していた。このことを表現するため、図中の橙線のようにグラブが水面から出た後、流速が指数関数的に減衰するものと仮定した 1 サイクルの平均値として式(3)で与えられる新たな「修正速度」 V_k を導入した。

$$V_k = \frac{30 + \frac{1}{\alpha}(1 - e^{-\alpha T_I})}{\frac{30}{V} + T_I} \quad (3)$$

ここでは、 T_I は浚渫間隔(分)、 V は昇降速度(m/s)である。また、係数 α はグラブ離水後の流れの減衰を表すものであるが、この値を調整することで浚渫間隔によらない統一的な表現を試みた。

$\alpha=10.0$ 、 $\alpha=1.0$ 、 $\alpha=2.0$ 、 $\alpha=0.1$ 、 $\alpha=0.01$ の 5 つの条件のうち相関係数が最も高かったのは図-3 に示した $\alpha=1.0$ の条件であった。これに対して図-4 は小田島らによる「実質速度」を用いた結果であるが、両者は非常に似かよったものとなっている。そこで、図-5 と図-6 のように浚渫間隔を一つの色に統一し、相関係数 R^2 の値を算出して比較したところ、新たな「修正速度」による統一性の向上はわずかでしかないという結果となった。

4. まとめ

今回、小田島ら(2018)のものに対して浚渫間隔による関係式の違いはそれほど解消されなかった。このことから、浚渫間隔によらない関係式を得ることは難しいといえる。しかし、汚濁拡散予測に役に立つ拡散係数自体がグラブ幅とグラブの昇降速度の積として表されることが確認されたのは重要なことであると考えている。

参考文献

小田島圭佑・金山 進(2018):浚渫グラブの昇降による汚濁拡散におけるサイクルタイムの影響, 平成 29 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集, II-29

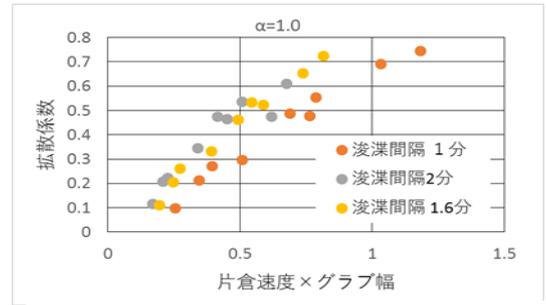


図-3 拡散係数での比較（修正速度）

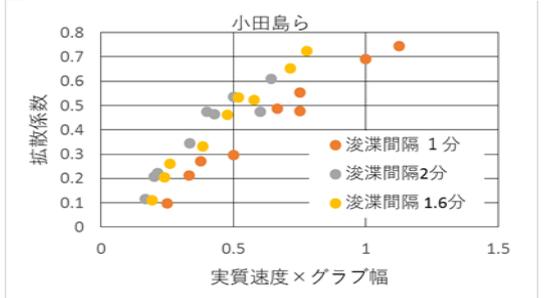


図-4 拡散係数での比較（実質速度）

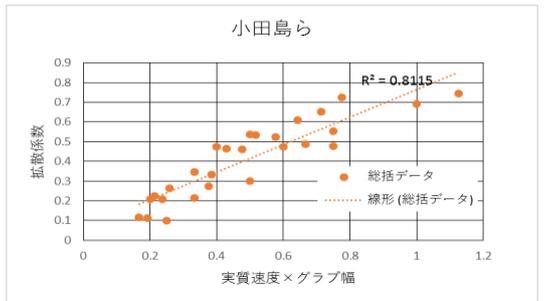


図-5 相関係数での比較（修正速度）

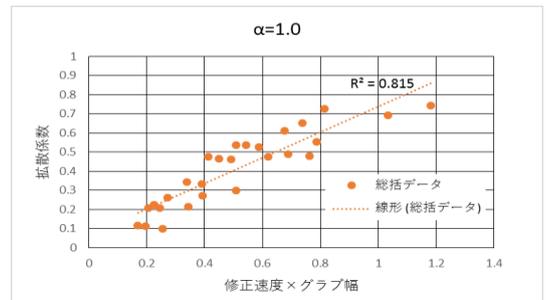


図-6 相関係数での比較（実質速度）