

垂下膜による流れと汚濁の制御に関する試計算

日本大学工学部土木工学科 学生会員 ○吉田啓朗

日本大学工学部土木工学科 正会員 金山 進

1. はじめに

汚濁防止膜は主に水中工事などにおいて発生する汚濁の拡散を防ぐために用いられ、導流堤や矢板など恒久構造物と異なり移動と撤去が容易であるため、一時的な流況制御での活用が期待できる。しかし汚濁防止膜は、一部水深が開口した状態で流況制御を行うと剛体ではないため流れを受けて変形し、さらに膜長さ、下端の錘重量、配置レイアウトなどにより制御効果が変わる、水圧により膜が変形することにより、100%の流況制御効果が得られないことから、これらを織り込まれた効果予測と配置計画が必要になる。これらの検討には現地実験などが有効であるが、多大な費用と時間を要する。そのため数値シミュレーションによる予測が可能になれば事業を円滑化でき、現地実験などに役立てられる。以上のことから、汚濁防止膜での流況制御の数値シミュレーション手法の確立が望まれる。

本研究では、膜・流体連成3次元モデルを用いてモデルケースに対する試計算を行い、膜長、錘重量を変えて膜の変形と流線の制御状況を検討し、妥当な結果が得られるかを調べるとともに課題の抽出を行う。

2. 手法

図-1のように流下方向右側にのみ垂下膜を設置し、流れとともにトレーサー濃度を与える。膜の存在する側については膜の初期位置よりも右側の領域、膜の存在しない側については中心線を介してこれと対称な領域を設定し、両者へ漏出したトレーサー総量を比較する。膜のない側の領域のトレーサー量に対する膜のある側のトレーサー量の比率が低いほど膜による流線制御の効果は高いといえる。計算領域のサイズは幅20m×奥行12m×深さ24mである。流入部と流出部の幅は5mであり、流速は0.3m/s、トレーサー濃度は100とした。計算条件として、膜の長さを18m、20m、22mとし、錘重量100kg/mから500kg/mまでを50kg/m刻みに設定した。途中で数値計算が破綻する条件もあったが、それらは除外して評価した。

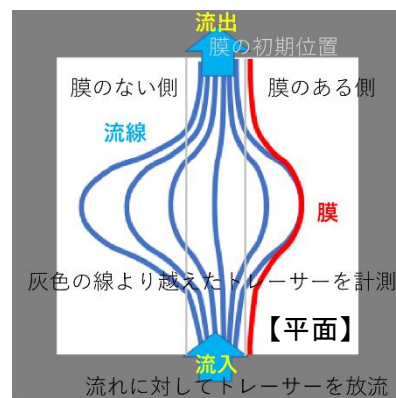


図-1 検討の概要

3. 解析結果

図-2は膜体と流速ベクトル、トレーサー濃度の計算結果例（膜長18m、錘重量100kg/m）である。この例では、計算初期には膜の全深度にわた

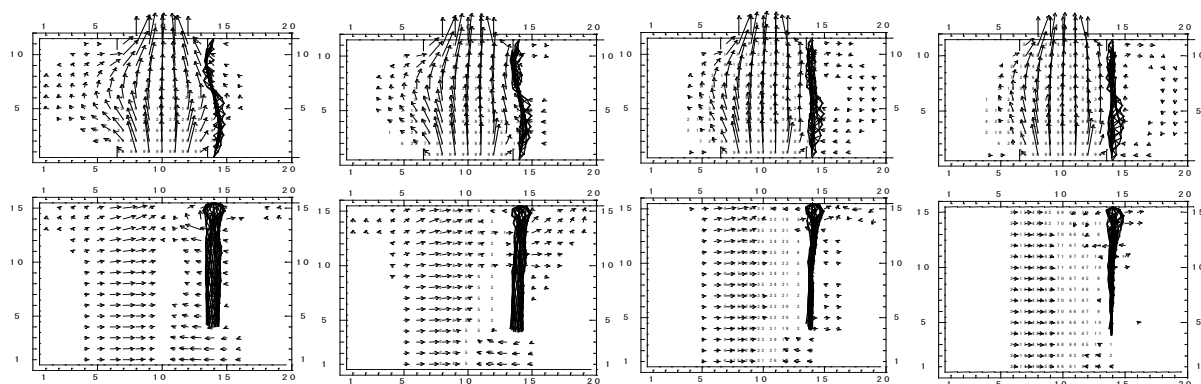


図-2 膜体と流速ベクトル、トレーサー濃度の計算結果例（膜長18m、錘重量100kg/m）

1 段目：平面図（右から10s～40s）、2 段目：正面図（右から10s～40s）

キーワード: 鉄分施肥, 河川水の海域拡散, 密度流, コリオリ力

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

ってS字状の変形が生じているが、錘に下向きに引っ張られることで深部は次第に平板状に回復して行き、S字状の変形は表層部に限定されてようになっている。図-3は、計算結果に対して膜のない側とある側のトレーサー累積値（上段）と両者の比率（下段）を整理したものである。このようにして得られる比率（膜のない側に対する膜のある側の比率）を膜長条件毎にまとめて表示したものが図-4である。膜なしに対する膜ありの比率が一旦は1より大きくなり、それ以降に急激に減少しているが、これは全ての条件でみられた現象である。これは膜の変形により膜自体が初期位置よりも外側に張り出す際に膜に接しているトレーサーが漏出していないにもかかわらずカウントされてしまうためであり、膜の変形の仕方によってはトレーサーを抱き込むような形になり、一時的に1を大きく上回ることもあった。

計算開始から80秒までは多くの条件で安定して計算できたことから80秒後における累積値と比率を膜長条件毎に錘重量の関数として整理したものが図-5である。これによれば、膜長18mでは錘重量250kg/m以上、膜長20mでは錘重量200kg/mを超えると膜のある側のトレーサー累積値のほうの方が膜のない側よりも大きくなっているが、膜長22mでは膜側が高くなることはなかった。膜長が大きいほど流況制御効果が大きいという結果は妥当であるといえるが、いずれの膜長においても錘重量が大きいほど流況制御効果が低下するという結果となっていることは解析の妥当性について検討の余地があるといわざるを得ない。

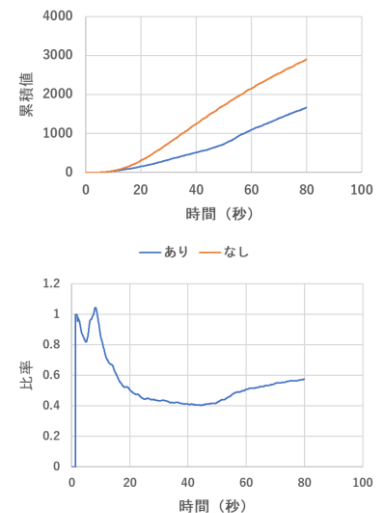


図-3 計算グラフ 上は累積値。下は累積値からの比率。

4. まとめ

膜による流況制御の検討への膜・流体連成3次元モデルの適用性について検討を行った。膜を設置した側面への流れの漏出が設置しない側よりも小さい、膜長が大きいほうが制御効果が大きいという妥当な結果が得られたが、一方では錘重量が大きいほうが制御効果が低下するという妥当性に検討の余地を示唆する結果となっている。また、条件設定によっては途中で計算が破綻してしまうこともあり、残された課題は多いといわざるを得ない。

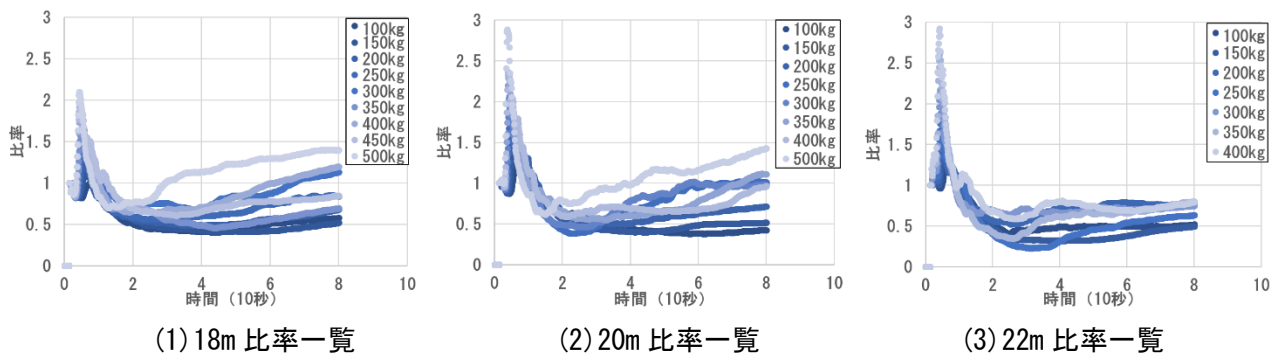


図-4 各条件の比率

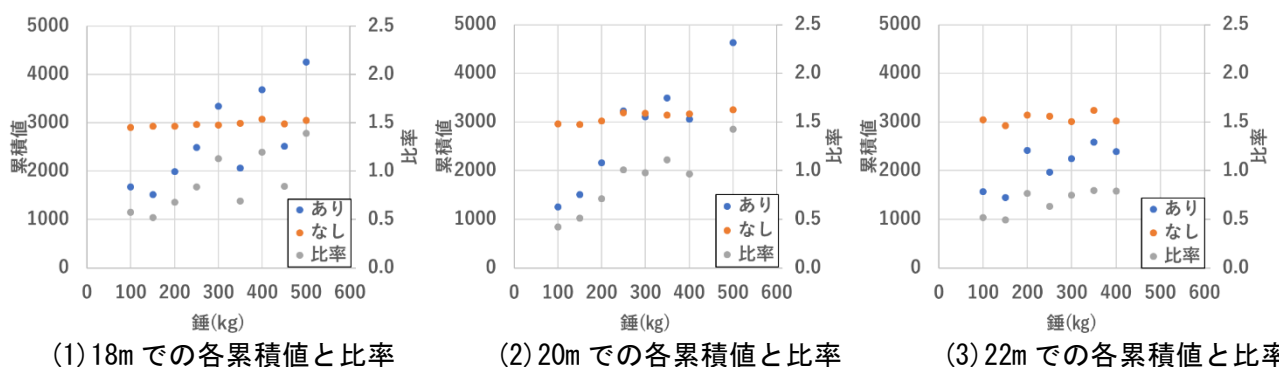


図-5 各膜長の最終点グラフ