

3 次元膜体・流体連成モデルによる汚濁防止膜の揺動の数値計算

日本大学工学部土木工学科 学生会員 ○上ノ内 誉直
日本大学工学部土木工学科 正会員 金山 進

1. はじめに

海上工事におけるグラブ浚渫には、汚濁防止膜を使用することが多く、汚濁防止膜は浚渫工事によって濁りが発生し周辺の海域に拡散することを防ぐために設置される。汚濁防止膜が設置された状態で浚渫グラブ用いると、汚濁防止膜がグラブに巻き込まれる危険性があるとともに汚濁防止膜の変形による拡散防止効果の低減が懸念される。これらの問題は現地での検討が困難なため、数値解析が有効と考えられ、三瓶ら(2017)による検討事例がある。ただし、三瓶ら(2017)は紙面直角方向に一樣な現象を仮定した鉛直2次元のモデルを用いており、現実と異なる点も少なくない。そこで、本研究では3次元のモデルを用い、より現実に近い検討を行う。3次元解析にすることで、膜の奥行き方向の変位状況の違いを評価できるとともに、グラブの縦横方向の形状による違いなども検討できる。

2. 解析方法および解析条件

数値解析には三瓶ら(2017)と同様、膜・流れ連成モデルを用いるが、今回は3次元のモデルである。浚渫グラブの昇降を上下運動する平板で近似して流れを発生させ、これによる膜の変形を検討した。計算領域は、図-1 および図-2 のように、水深を15mとし、横断方向(汚濁防止膜の展張方向)に22m、長手方向に30mの閉領域とした。図-1 および図-2 の例は、グラブ形状が、横断方向7m、長手方向5m、膜の長さが12.5mのケースでのある瞬間の流れと膜の変形状況を示したものであり、図-1 は上からみた平面図、図-2 は側面図である。図中の矢印は流速ベクトル、黒の太線は変形した膜を表す多面体の全ての辺を重ね描きしたものであり、赤い線はグラブを近似した平板を示している。

解析条件は、グラブの形状を3通り(横断方向7m×長手方向5m、横断方向6m×長手方向6mおよび横断方向5m×長手方向7m)、グラブ軌道から膜までの距離を4通り(1.5m、2.5m、3.5mおよび4.5m)、膜の長さを2通り(7.5m、12.5m)に設定した。グラブの移動速度は、いずれのケースも上昇、下降とも1m/s、膜先端の重錘の質量は200kg/mで一定とした。

3. 解析結果

各条件における膜先端の重錘の変位量を整理した。図-3は鉛直方向変位の最大値 Z_{max} をグラブ軌道と膜の離隔距離に対して整理したものである。 Z_{max} の値が大きいほど膜の有効長が減少するため汚濁防止効果が低下するといえる。施工位置が膜に近いほど Z_{max} の値が大きく、膜の捲れによる汚濁防止効果の低下が懸念されるという結果となった。

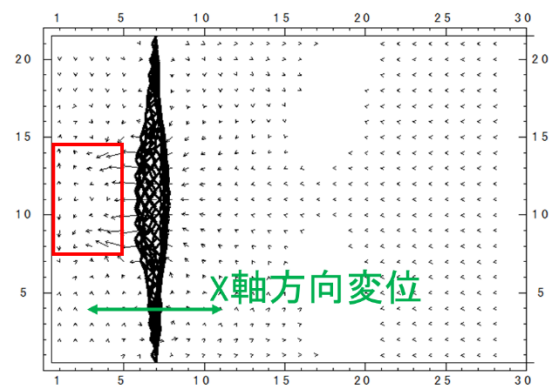


図-1 流動場と汚濁防止膜変形状況の平面図

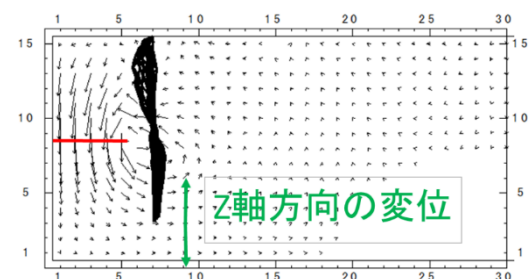


図-2 流動場と汚濁防止膜変形状況の側面図

キーワード: 汚濁防止膜, 膜体・流体連成モデル

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

また、膜の長さが大きいケースほど捲れる量も大きいですが、元々の膜長が長い分、直ちに汚濁防止低減に結びつくかは判断が難しい。

図-4 は水平方向変位の最小値 X_{min} をグラブ軌道と膜の離隔距離に対して整理したものである。 X_{min} の値が小さいほど膜先端がグラブ軌道に近づくため危険性が増すといえる。図-3 によれば、グラブ軌道と膜の離隔距離が小さいほど膜先端のグラブ側への変位が大きいという結果になっている。つまり、元々施工位置が膜に近くて危険性が高いのに膜がグラブに近づく量も大きくなることを意味している。グラブ形状が横断方向に長いケースほど膜のグラブ側への変位量が大きいというのが基本的な傾向であるが、膜の長さに関しては、必ずしも長いほうが危険というわけではないようである。

図-4 に示された一点鎖線は、膜の先端がグラブの軌道内に侵入するか否かの限界を示したものであり、この線よりも下に値がプロットされたケースでは、膜の先端のグラブの軌道内への侵入が起こることを意味する。図-4 によれば、グラブ軌道と膜の離隔距離が 1.5m の場合、全てのケースでグラブ軌道内への膜先端の侵入が生じるという結果になっており、重錘質量 200kg/m、グラブ移動速度 1m/s という今回の条件設定下では、施工位置から 1.5m の離隔の確保が一つの目安と考えることもできる。

図-5 に膜先端がグラブ軌道内に侵入した瞬間の計算結果の例を示す。これは、膜長 12.5m、グラブ横断方向7m、長手方向 5m 昇降速度 1m/s、重錘 200 kg、グラブ先端と膜の距離 1.5m の条件で、グラブが着底後に上昇中の状況である。

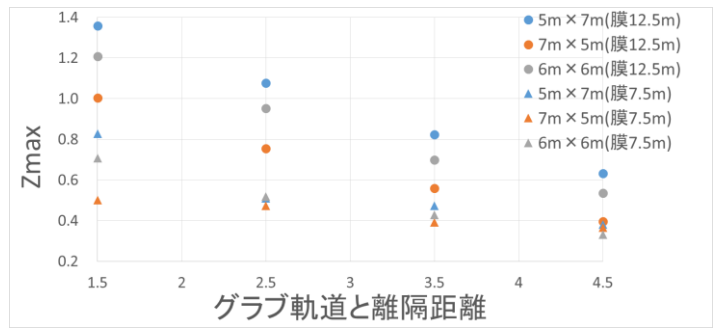


図-3 鉛直方向変位の最大値 Z_{max}

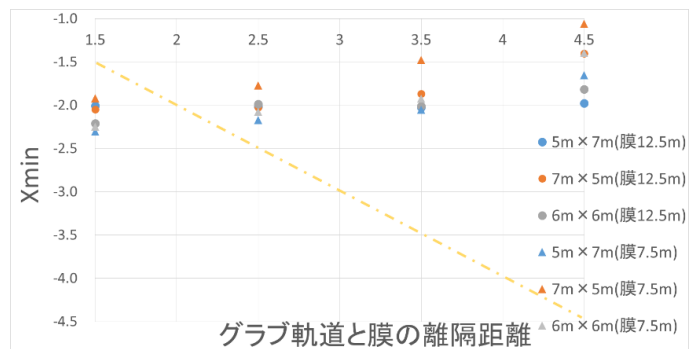


図-4 水平方向変位の最小値 X_{min}

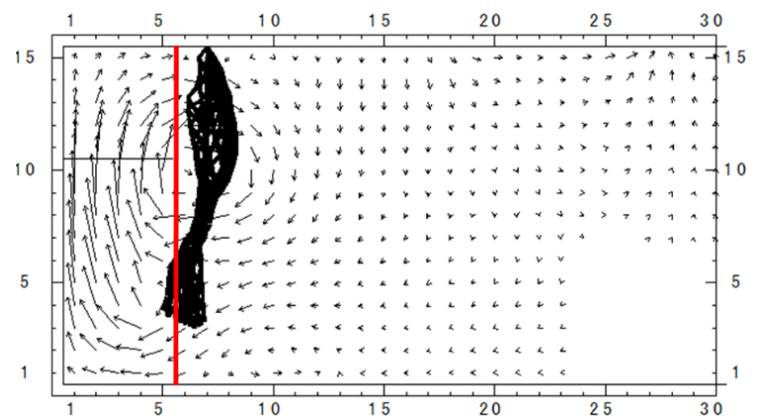


図-5 膜先端がグラブ軌道内侵入している例

4. まとめ

汚濁防止膜の近傍で浚渫グラブを使用した場合を対象に 3 次元の数値解析を行った。グラブの昇降位置が汚濁防止膜の展張個所に近いほど膜の変形は大きく、今回の検討条件下では、膜の先端がグラブの軌道内に入らない目安とした 1.5m という値を得た。また、グラブの形状が膜と平行な方向に長いもののほど、膜の変形が大きいという結果となった。