

揺動する汚濁防止膜に作用する張力について

日本大学 学生会員 ○湯本 健人
日本大学 正会員 金山 進

1. はじめに

汚濁防止膜とは、シルトフェンスやシルトプロテクターとも呼ばれ、河川・海岸工事等における汚濁を防止し、自然環境保護に貢献している。海底掘削や土砂投入した際に近隣の養殖場や水質への影響を低減するために必要とされている。

汚濁防止膜は、流れによって変形することが特徴の一つであり、流体との干渉を考慮できる膜・流体連成モデルが有効である。本研究で用いるものは流れの変化が緩やかな条件への適用性は確認されているが、流れの変化、膜体の変形が急激な場合には検討の余地がある。特に弛緩状態から急に緊張状態に移行する際に発生する衝撃展張力の発生が現時点では困難である。

衝撃展張力とは瞬発的に発生する大きな張力であり、膜の破損や海上作業員・作業船への危険などの要因となるため、これを予測・表現することは重要な課題である。

衝撃展張力の発生に関しては波動場や一様流場に限定されたモデルが榎木・青木（1988）、榎木ら（1991）、青木ら（1998）などによって提案されているが、自由に変化する一般的な流れに適用できるものは見受けられない。

このような背景の下、本研究は、膜・流体連成モデルに改良を施し、一般的な流れの下での衝撃展張力の発生を評価できるようにすることを目的とするが、今回の内容は以下の通りである。

- ・衝撃展張力の発生する可能性の高い条件、すなわち流動および膜変形の激しい条件に対して膜・流体連成モデルによる数値解析結果を行う。この際、衝撃展張力に深くかかわるとされる膜先端の重錘の慣性力を考慮しない場合と考慮した場合の両ケースを実施し、比較を行う。
- ・膜に作用する張力の経時変化を調べて衝撃展張力の発生の有無および発生のパターンなどを検討する。
- ・これらの結果に基づいて、衝撃展張力の発生を適切に表現できるモデル開発へ向けた課題を整理する。

2. 数値解析条件

数値解析の条件は膜に激しい変形流動が生じさせるために図-1のように設定した。重錘の重量は500kg/m、膜長6.4m（節点間隔0.2m×32要素）、水深15mの条件とし、幅3mの水平板を2.0m/sの速度で水表面から海底まで繰り返し上下させることで衝撃展張力の発生が期待される非定常流場を形成した。

水平板中心の軌道は膜の初期位置から3m離れている。流動場の計算格子は水平方向 Δx 、鉛直方向 Δz ともに1.0m、計算時間ステップ Δt は0.04sである。

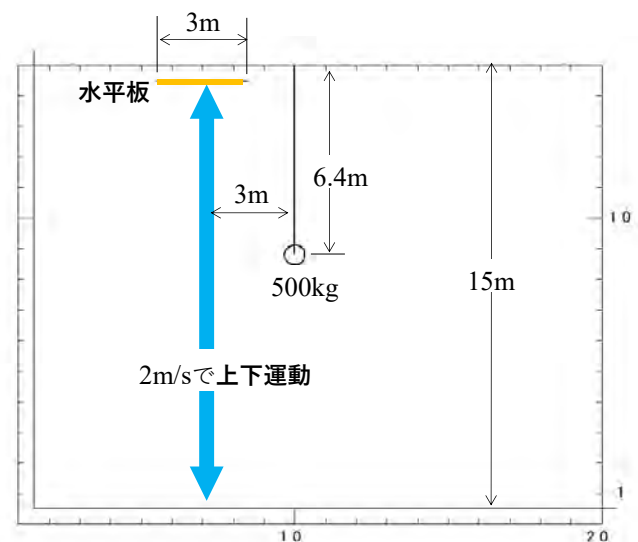


図-1 数値解析条件

キーワード 汚濁防止膜, 張力, 膜・流体連成シミュレーション

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 沿岸環境研究室 e-mail ccke22016@g.nihon-u.ac.jp

3. 数値解析に基づく膜張力の検討

平板上下運動の全 15 回のうち、6~7 ストローク目にあたる 2000~2500 ステップ (80s~100s) の膜張力の時系列を図-2 に示す。図中の一点鎖線は平板の高さの時系列である。張力は重錘の重量にあたる 4.9kN を中心に変動しており、重錘の慣性力を考慮しないケースでは間欠的にこの値をやや下回る小さなスパイク状の時系列を示しつつもほぼ一定の値であった。これに対して重錘の慣性力を考慮したケースでは多くのスパイク状の時系列が発生したが、平板が上昇しつつ重錘とすれ違う前に必ず大張力が現れるというパターンが見られ、図-2 はこの一例として抜粋したものである。このストロークにおけるスパイク状の大張力が最も大きかった部分である。

図-3 は最大のスパイク状張力が発生した瞬間の流動場および膜形状である。膜が伸び切った瞬間のようにも見えるが図-2 のような激しいスパイク状張力を直感的に想起させるものでもなく、モデル自体の妥当性検討の必要性を示唆する結果である。

4. まとめ

- ・衝撃展張力を表現できる膜・流体連成モデルの構築の手始めとして上下運動する平板近傍での垂下型汚濁防止膜の張力の時系列変化を調べた。
- ・重錘の慣性力を考慮した場合、所々にスパイク状の大張力が発生したが、平板が上昇しつつ重錘とすれ違う前に必ず大張力が現れるというパターンが見られた。
- ・張力の時系列に現れるスパイクが想像以上に激しく、計算方法自体に問題（現時点では 1 ステップ前の加速度で重錘の慣性力を計算している）がある可能性が認められ、これらへの対応が今後の課題と考える。

参考文献

- ・榎木 亨・青木伸一:流れの中に張られた汚濁防止膜に及ぼす流体力と有効深さの計算法について, 海洋開発論文集,Vol.3,pp.203-208,1988.
- ・榎木 亨・青木伸一・劉 海波:垂下式汚濁防止膜に発生する衝撃展張力のモデル化, 海洋開発論文集,Vol.7,pp.95-100,1991.
- ・青木伸一・岡野 聡・榎木 亨:自立式汚濁防止膜の有効高さ係留力の実用算定法, 海岸工学論文集,第 45 巻, pp.796-800, 1998

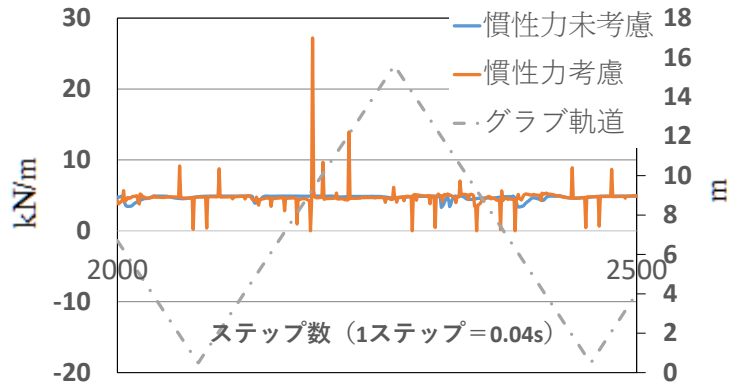


図-2 膜張力の時系列(2000~2500 ステップ)

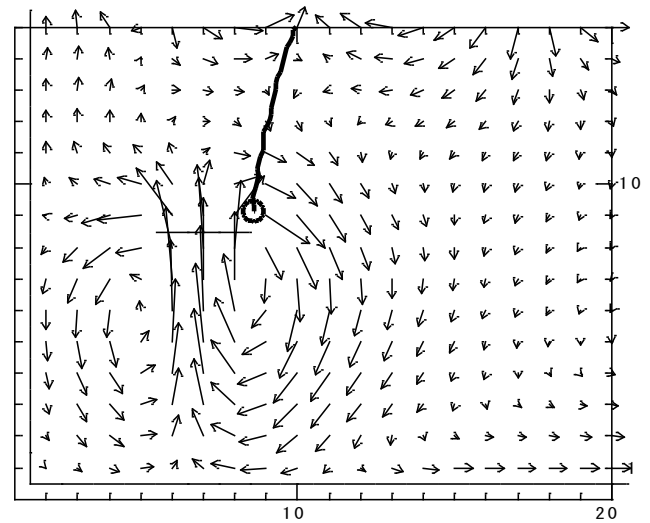


図-3 最大張力発生時の様子