

垂下式汚濁防止膜の係留力に関する水理実験

豊橋技術科学大学 建設工学課程

○ 牧野 友美

豊橋技術科学大学大学院 建設工学専攻

岡野 聡

豊橋技術科学大学 建設工学系

正会員 青木 伸一

1 まえがき

汚濁拡散防止膜は一種の膜体構造物であるが、このような構造物は仮設構造物と考えられており、破壊が直ちに大災害につながらないことから、従来はその設計に対して十分な注意が払われていなかったようである¹⁾。しかし、より海象条件の厳しい海域での工事が増えることを考えると、構造物に及ぼす流体力の特性および、その算定法を確立することが必要であると思われる²⁾。本研究は、現行設計法に代わる新たな設計法を確立するための基礎研究として、波および波・流れ共存場の中に張られた垂下式汚濁防止膜に発生する係留力を模型実験により測定し、その特性を明らかにするものである。

2 実験装置および方法

水理実験は、1/50の縮尺模型を想定して行った。長さ 20m、幅 0.8m の造波水路に、循環流発生装置を設置し、流れおよび波を種々変えて係留力の測定を行った。膜は、図-1 に示すように、水槽の両側に膜の端部を固定し、フロートの中央部から係留する方法をとった。したがって、実際には 40cm (現地 20m) の幅に膜を 2 スパン展張したことになる。係留索はナイロン糸 (径 0.55mm) を、フロートは直径 10mm の発泡スチロールを用いた。係留索の取り付け角度は、現行の設計法に準拠して、水平と 30° をなすように係留位置を決定した。張力測定装置は、片持ちばり形式の張力計を作成し、波および流れの上手側と下手側の 2 つの係留索の張力を測定した。

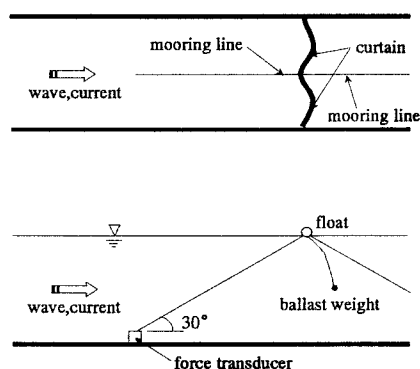


図-1 係留状況

表-1 実験の諸元

模型の諸元		実験 1		実験 2	
		1 スパンの長さ (l)	膜の丈 (d)	下部重錘 (W)	膜の重量 (w _e)
波・流れの諸元	流れのみ	42.5cm	10cm, 20cm	0.1gf/cm, 0.21gf/cm	4.68dyne/cm ²
	波のみ	42.5cm	10cm, 20cm	0.1gf/cm	34.84, 86.24dyne/cm ²
	波・流れ	42.5cm	10cm, 20cm	0.1gf/cm	34.84, 86.24dyne/cm ²
	波・流れ	42.5cm	10cm, 20cm	0.1gf/cm	34.84, 86.24dyne/cm ²
波・流れの諸元	流れのみ	流速 (U)	2, 3, 3.5, 4, 4.5, 5 cm/sec	流速 (U)	2, 3, 3.5, 4, 4.5, 5 cm/sec
	波のみ	波高 (H)	4, 6, 8 cm	波高 (H)	4, 6, 8 cm
	波・流れ	周期 (T)	0.7, 1.1, 1.5 sec	周期 (T)	0.7, 1.1, 1.5 sec
	波・流れ	流速 (U)	5 cm/sec	流速 (U)	2, 5 cm/sec

3 実験ケース

まず第一段階として、膜丈や下部重錘による影響に着目した実験を行い、基礎的な係留力の特徴を把握した (実験 1)。次に第二段階として、生物付着による膜の重量増加の係留力に与える影響をみるために、膜の厚さを変えて実験を行った (実験 2)。膜体模型と波・流れの諸元は表-1 のとおりであり、実験に用いた膜の形状は計 8 種類、全実験ケースは $4 \times 24 + 4 \times 33 = 228$ ケースである。

4 実験結果と考察

波のみが作用する場合：膜が波によって下流側に引っ張られたり、上流側に引き戻されたりするので、係留索も弛緩と緊張を繰り返す。したがって、係留力は上流側・下流側ともに同程度の係留力を示すので、両者の平均を用いて考察することにした。図-2 は、流速の 2 乗 (膜面上で平均した計算値) と係留力 F_m の関係を見たものであるが、係留力はほぼ流速の 2 乗に比例していることがわかる。また、膜丈 d が大きいほど係留力が大きくなる傾向にある。そこで、係留力と $0.5 \rho u^2 d l$ との関係を示したのが図-3 である。膜丈によるばらつきが小さくなっており、係留力は $0.5 \rho u^2 d l$ にほぼ比例するとして取り扱えることが分かる。

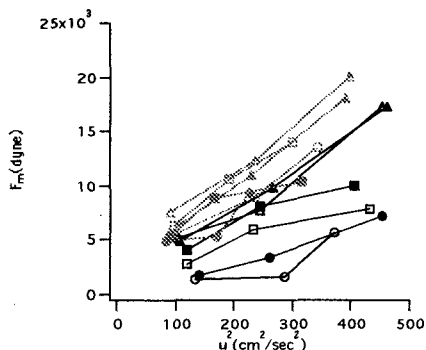
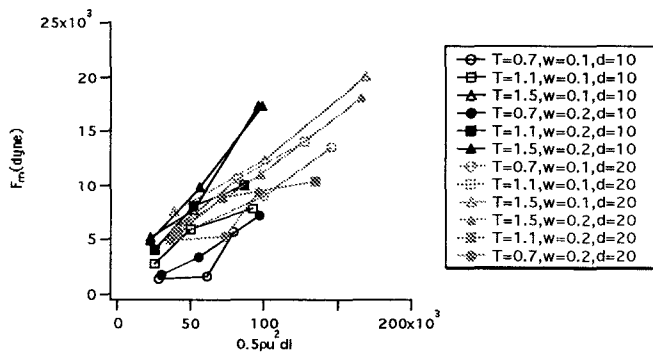


図-2 流速の2乗と係留力の関係

図-3 $0.5\rho u^2 d l$ と係留力の関係

波・流れ共存場：流れが存在する場合には、流れの上手側にある係留索の方が常に大きな張力を示すので、上流側のみの係留力を用いて考察することにする。また、流れによる膜のふかれを考慮して、変形後の膜丈（有効膜丈 d_e ）を d の代わりに用いる（算定法については青木ら³⁾を参照）。図-4 に示すように、係留力は波のみの場合と同様に、ほぼ流速（波と流れを加えたもの）の2乗に比例しているといえる。しかし、波のみの場合でははっきりと現れていた膜丈の影響が見られず、むしろ下部重錘の影響が強く出ている。そこで、係留力と有効膜丈 d_e を用いたパラメータ $0.5\rho u^2 d_e l$ の関係を示すと図-5 のようになる。波のみの場合に比べると、特に短周期波（ $T=0.7\text{sec}$ ）でのばらつきが大きい、有効膜丈を用いることにより、ある程度まとまることがわかる。

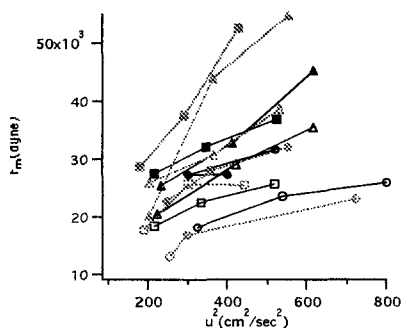


図-4 流速の2乗と係留力の関係

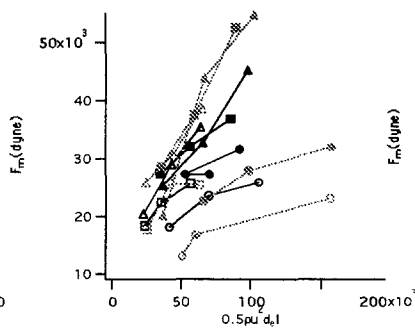
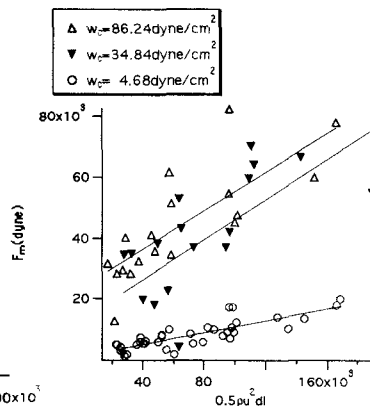
図-5 $0.5\rho u^2 d_e l$ と係留力の関係

図-6 膜の厚さの影響（波のみ）

膜の厚さの影響：浚渫・埋立が大規模化し、工期が長期化するにつれて、海中に展張してある膜には貝類が付着し、膜の厚みが増え、重量も増加することが報告されている。膜の重量の変化は係留力の変化に大きな影響を表すことが予想され、実際設計において重要な問題となる。図-6 には、波のみの場合について係留力と $0.5\rho u^2 d l$ の関係を3種類の膜についてそれぞれプロットしたものと、その回帰線が示してある。膜の厚さ（重量）が増えることによって係留力も増加していることがわかるが、その割合は一定ではなく、また、厚い膜ではデータのばらつきが大きい。

5 まとめ

垂下式汚濁防止膜が緊張と弛緩を繰り返しながら運動する際の係留力を測定し、その大きさに及ぼす諸要因について考察した。実験データのばらつきが大きく、予測式の提案までには至らなかったが、さらに詳細な実験を行って設計式を提案したい。

参考文献

- 1) 海洋工事汚濁防止協会（1993）：汚濁防止膜の設計・施工要領
- 2) 榎木亨・青木伸一・劉海波（1991）：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，第7巻
- 3) 青木伸一・岡野聡・榎木亨（1998）：自立式汚濁防止膜の有効高さと係留力の実用算定法，海岸工学論文集，第45巻