

II-175

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 建設工学系 正 員 青木伸一

豊橋技術科学大学大学院 建設工学課程 岡野 聡

1. まえがき

垂下式汚濁防止膜の係留力については既にいくつかの研究例があるが、研究成果が現行設計法（海洋工事汚濁防止協会，1993）の改良に資するまでには至っていない。特に，垂下式汚濁防止膜の波あるいは波・流れによる展張力や係留力についてはあまり研究例がない。樺木ら（1990,1991）は，水理実験および数値計算により衝撃展張力の重要性を指摘しているが，これは膜の上下に配された展張ケーブルが水槽の両側に固定された状態での水理実験で見出されたものであり，実際には係留索の変位やカーテンのふかれによる緩衝効果が期待できるため，現実の汚濁防止膜でもクリティカルなものになるかどうかは明らかでない。また，前野ら（1996）は実測データをもとに抗力係数を試算しているが，実際設計に応用するにはデータ数が十分とはいえない。本研究では，一般的な形式の垂下式汚濁防止膜の係留力を模型実験により測定し，係留力の特性を調べるとともに，現行設計法による結果と比較し，その問題点について考察する。

2. 実験装置および方法

水理実験は，長さ20m，幅0.8mの造波水路に循環流発生装置を付設し，模型膜体の諸元，流れおよび波の条件を種々変えて行った。膜は，カーテンの下部に重錘を有する一般的なタイプのもので，図-1に示すように，水槽の両側に膜の上端部を固定し，膜の上端に水平に通した展張ケーブルの中央部から係留する方法をとった（このとき，カーテン下部は固定していない）。したがって，40cmの展張幅で2スパン分の膜を展張したことになる。係留索および展張ケーブルには，ナイロン製つり糸（径0.55mm）を用いた。フロート部は直径10mmの発泡スチロール棒を間隔をあけて取り付け，十分な浮力を有し，かつ自由に変形するようにした。膜重量は 4.68 dyne/cm^2 である。係留索の取り付け角度は，現行の設計法に準拠して，水底面とのなす角が 30° となるように係留位置を決定した。張力測定装置は，片持ち梁形式の歪ゲージ式張力計を作製し，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。使用した膜体模型は12種類で，それらの諸元は以下のとおりである。

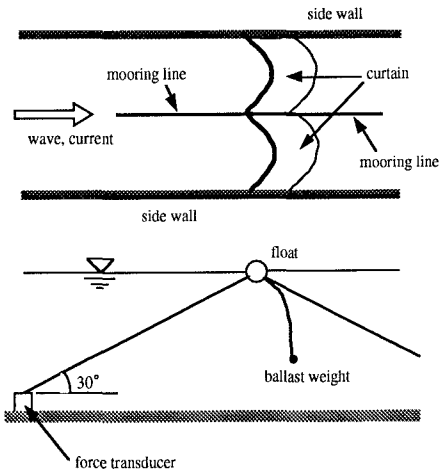


図-1 模型実験の状況

膜長さ： $l=82.5, 85, 90 \text{ cm}$ （1スパン当りはこの半分），膜丈： $d=10, 20 \text{ cm}$ ，下部重錘重量： $W=0.1, 0.2 \text{ gf/cm}$ また波および流れの条件については，各膜体模型に対して以下の組み合わせでそれぞれ18ケース実験を行った。

流れ（平均流速）： $U=0, 5 \text{ cm/s}$ ，波高（概略）： $H=4, 6, 8 \text{ cm}$ ，周期： $T=0.7, 1.1, 1.5 \text{ s}$

したがって，全実験ケースは $18 \times 12 = 216$ ケースである。

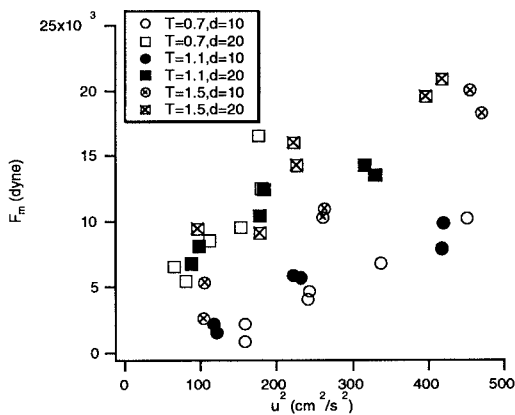
波によって係留索は弛緩と緊張を繰り返すが，係留力の時間波形はそれほど衝撃的な波形とはならない。また，波のみの場合には上手および下手側の係留索とも同程度の大きさを示すのに対して，波・流れの場合には上手側の係留索の張力がかなり大きくなる。なお係留力の代表値としては，時間波形のピーク値の平均を用いた。

キーワード：垂下式汚濁防止膜，係留力，波，流れ

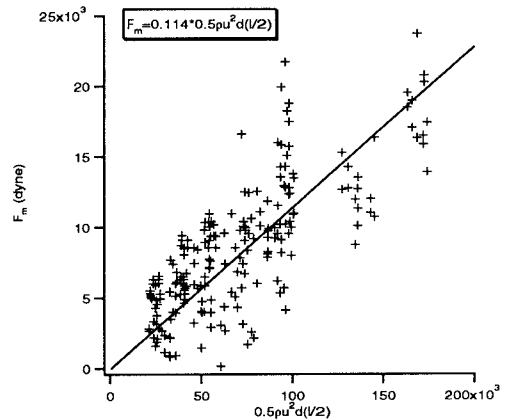
連絡先：〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 Tel：0532-44-6850 FAX：0532-44-6831

3. 実験結果

（1）波のみが作用する場合：図－2は、流速の2乗（微小振幅波理論による値を膜面上で鉛直方向に平均したもの）と係留力 F_m の関係を見た一例であるが、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、係留力は膜丈 d が大きいほど大きくなる傾向がある。そこで、係留力と $0.5\rho u^2 d(l/2)$ の関係（図－3）を直線で回帰すると、今回の実験からの予測式として図中の式を得る。膜の取り付け角度を考慮して現行設計法の抗力係数に相当する係数（力の発生メカニズムから考えて、この係数を抗力係数と呼ぶことはふさわしくないの）を求めてみると、約0.1となり、現行設計法の1.2の1/10程度となった。



図－2 係留力と流速の2乗の関係（波のみ）



図－3 係留力の直線回帰（波のみ）

（2）波と流れが同時に作用する場合：図－4は、波のみの場合と同様に、係留力と流速（波および流れの流速をたし合わせたもの）の2乗を用いて整理したものであるが、波のみの場合ほどまとまりがよくない。その理由は、図に示したように、波のみの場合には見られなかったカーテン下部の錘りの影響が顕著に現われたためである。これは、流れが重合することによって膜がふかれるためであると考えられるので、ふかれた後の有効膜丈を用いて同様に整理することを試みたが、現象を十分説明するものとはならなかった。ただし、現行設計法に比べると、波のみの場合ほどではないが、係留力はかなり小さな値を示している。

4. あとがき

実験で測定された係留力は、現行設計法による予測値よりもかなり小さい値になった。ただし、データのばらつきが大きく、特に、流れによるカーテンのふかれをどのように考慮して整理するかが課題である。また本研究では、係留力について結果的に抗力的な表現となったが、力の発生メカニズムから考えて本整理方法が妥当かどうかについても再検討する必要がある。実際設計では、生物付着による膜重量の増大や斜め入射の問題も重要な問題である。

参考文献

海洋工事汚濁防止協会（1993）：汚濁防止膜の設計・施工要領。

榎木・青木ほか（1990）：波浪中に張られた垂下式汚濁防止膜の展張ケーブルに発生する衝撃張力の特性，海洋開発論文集，第6巻，pp.311-316。

榎木・青木・劉（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，pp.95-100。

前野・石川ほか（1996）：現地観測に基づく汚濁防止膜の抗力係数に関する一考察，海岸工学論文集，第43巻。

図－4 波・流れによる係留力（重錘重量の影響）

