

(VII-11) 波動条件下における流水の乱れが水草状中空糸膜の揺動に与える影響

武蔵工業大学工学部 学生会員 ○森 哲生
武蔵工業大学工学部 正会員 長岡 裕
武蔵工業大学大学院 学生会員 増田 憲寿
武蔵工業大学工学部 浅野 智晴

1.はじめに

進行波中に水草状中空糸膜を浸漬させると、波動による水塊の楕円運動により、膜同士が常に独立して運動することになり、膜同士が固着して有効膜面積が減少することを防ぐことができると考えられる¹⁾。本研究では、波動条件下に膜モジュールを浸漬させ、吸引実験を行い、付着堆積固形物の剥離効果を検討した。

2.実験概要

2.1 実験装置

実験装置の概略を Fig.1 に示す。沖側に造波装置を設け、進行波を発生させた。また、岸側に反射波の影響を抑えるためゴム製の消波材を設置した。有効膜長 14cm の中空糸膜を 50 本植生した単位膜束を、塩化ビニル管に 6cm 間隔で 20 個接続したものを 1 モジュールとし、水路ほぼ中央部に 2 モジュールを設置した。植生密度（膜モジュールの設置面積に対する全膜表面積の割合）は 1.25 とした。中空糸膜はポリエチレン製 MF 膜（内径 0.28mm、外径 0.41mm、孔径 0.03 μ m）であり、全ての膜先端部に対しエポキシ樹脂系接着剤の充填を施した。実験条件を Table1 に示す。

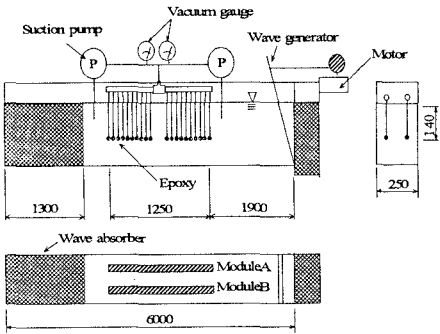


Fig.1 Wave channel (unit:mm)

2.2 実験方法

蒸留水で満たした水路内に、モデル濁質として過酸化水素水及びヒロリン酸ナトリウム飽和水溶液で分散処理を施したカリンを投入し、吸引実験を行った。各モジュールで設定した初期透過流束を維持するため吸引圧の調整を行い、水路内濁度は 150 ~ 180 NTU の範囲で保つように測定随時カリン及び蒸留水で調節した。経時測定項目は水温、吸引圧、膜透過流量とし、測定結果より膜透過流束及びろ過抵抗を算出し、膜の閉塞状況について検討した。また実験 1 において吸引実験が終了後、乱れによる膜面に堆積した濁質の剥離速度を測定するため剥離実験を行った。水路内水を蒸留水に入れ替え、吸引を行わない状態でろ過抵抗変化を測定した。なお水路内水の入れ替えは、濁質の剥離に影響を与えないように吸引を継続しながら速やかに行った。

L.D.V.（レーザードップラー流速計）を用いて水路内の流速変動を測定した。水路内は蒸留水に入れ替え、トレーサーとしてコバルト用修正液を投入した。測定位置は膜装置の沖側、中央、岸側の 3 箇所であり、膜揺動範囲とされる水路底面より 8cm の位置から 1cm 間隔で測定を行った。測定終了後、FFT（高速フーリエ変換）法によりスペクトル解析を行い、流速変動を波動成分と乱れ成分に分離した。分離はフィルター法に基づき行い、高調波がみられなくなる部分を境界周波数とし、それ以上に卓越した周波数成分を波動成分、それ以下の周波数成分を乱れ成分と定めた。

3.実験結果

吸引圧、膜透過流束、ろ過抵抗の経時変化を Fig.2, Fig.3, Fig.4 に示す。剥離実験におけるろ過抵抗の経時変化を Fig.5 に示す。初期設定において低い透過流束を設定したモジュール A-1 は安定した透過流束が維持で

Table1 Experimental conditions

Experiment	No.1		No.2	
Module	A-1	B-1	A-2	B-2
Initial flux(m/day)	0.35	0.65	0.55	0.75
Period(sec)	0.8		0.7	
Wave height(cm)	4.5		8	
Depth(cm)	19		22	

きた。これは吸引力が弱い
膜面に堆積した濁質の付着力が
小さく、水路内の乱れによる剥離
が効果的になされたためである。

Fig.3 に示すように実験開始
1440 時間後、水路内水入れ替え
の間、モジュールB-1 のフラックスに約
0.1m/day の回復がみられた。し

かし、それ以降は特に大きな変化がみられず、この回復は新たに膜面に付着する
水路内濁質が減少したためと推測できる。それに対し、実験開始 1720 時間後に
吸引を止めたところ、急激にフラックスが上昇し約 1.0m/day 回復した。この間のろ過
抵抗の低下を回帰したところ、以下の式が求められた。

$$R = R_1 + (R_0 - R_1)e^{-1.2757T} \quad \dots (1)$$

ただし、 R :ろ過抵抗 (1/m), R_0 :ろ過抵抗初期値 (1/m)

R_1 :ろ過抵抗収束値 (1/m), T :経過時間 (hour)

一方、実験 1 以上の乱れによる剥離効果を期待し、両モジュールとも高フラックス維持
を設定した実験 2 に関しては、すぐに膜の閉塞がおきてしまい、安定した流束を
維持することができなかった。

L.D.V.による流速測定結果の一例(膜モジュール内の点)をFig.6に、流速変動条
件から算出された流速変動パワースペクトルをFig.7に示す。波に起因するビ
ークが約3ヶ所現れているが、これを除くとパワースペクトルが調波数の5/3乗に比例し
ており、乱れの慣性小領域となっている。流速変動の波動成分、乱れ成分をFig.8,
Fig.9に示す。流速変動の波動成分、乱れ成分ともに水面に近づくほど大きな値
を示した。特に乱れ成分においては膜モジュールの揺動に影響を受けているため水面
付近では、かなり流速変動は増大した。膜モジュールの目視による揺動状況は、全
体的に膜が沖側にたわんだ(巻き込まれた)状態で、膜同士は個々にばらけ
て揺動していた。沖側にたわんだ理由としては、膜束付け根部分の膜孔より
空気が入ったことと波動内における楕円運動の影響を受けたことが考えられ
る。

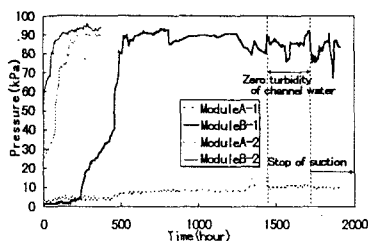


Fig.2 Variation of pressure

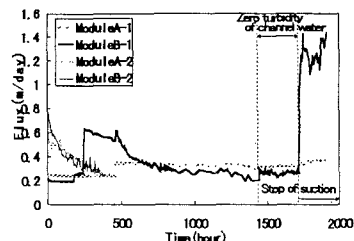


Fig.3 Variation of flux

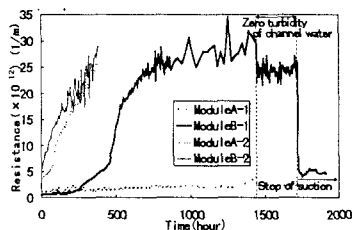


Fig.4 Variation of filtration resistance

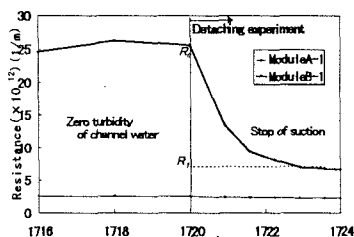


Fig.5 Variation of filtration resistance

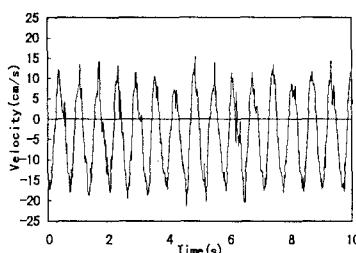


Fig.6 Data of velocity

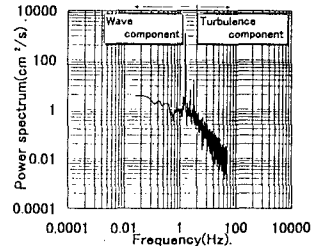


Fig.7 Power spectrum of velocity

参考文献

- 1) 増田憲寿, 長岡 裕:懸垂型水草状中空膜モジュールにおけるろ過特性, 土木学会第 50 回年次学術講演会講演概要集 第 II 部門, 1068-1069, 1995

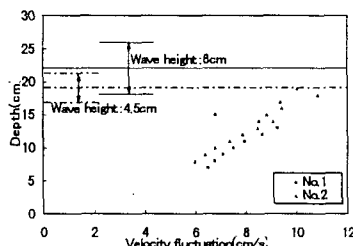


Fig.8 Horizontal wave component profile

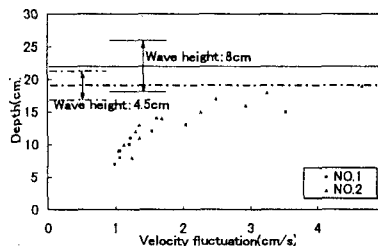


Fig.9 Horizontal turbulence component profile