

気泡流が浸漬型中空糸膜分離モジュールに与えるせん断応力に関する研究

武蔵工業大学 学生会員 黒坂正和, 武蔵工業大学 学生会員 飯尾尚弘
 武蔵工業大学 正会員 長岡 裕, 三菱レイヨン(株) 井手口誠
 三菱レイヨン(株) 小林真澄

1.はじめに

膜分離活性汚泥法の問題点は、活性汚泥中の浮遊物質、微生物代謝成分などが膜表面に堆積して起こる膜閉塞である。その対処法として気泡流を膜壁面近傍に発生させる事で、せん断応力が膜壁面に作用し、効果的に堆積物の剥離効果が期待できると考えられる。本研究は、空気量が中空糸膜に作用する荷重を水平方向、水深方向の2方向で測定し、応力に変換することにより、空気量が中空糸膜に与えるせん断応力の影響を明らかにすることを目的とした。

2.実験概要

2.1 実験装置及び実験方法

Fig.1, Fig.2 に実験装置概略図を示す。中空糸膜は直径 540 μ m のものと、直径 780 μ m のものを使用し、センサーに1本接続と3本接続での測定を行う。ディフューザにはエアストーン型のものを用い、気泡が安定して上昇するように、平行に2本設置した。2方向荷重の測定にはSSK社製二分力計(LV30-1)を用い、パソコンの入力にはインタフェース社製AD変換ボード(PCI-3135)を用いた。測定条件をTable1に示す。

Table1 Experimental condition

	Case1	Case2	Case3	Case4
Air flowrate(L/min)	5,10,15,20			
Outer diameter(μ m)	540	540	780	780
Inner diameter(μ m)	350	350	540	540
Length(mm)	378.2	379.7	377.2	371.3
Connected number	1	3	1	3

中空糸膜の張力を一定にするため、基準長さを設定した。中空糸膜の長さ方向に3.94(GPa)の応力を作用させたときの中空糸膜の長さを基準長さとし、その99.7%の長さで実験装置に設置した。

水道水を満たした水槽内に実験装置を沈め、二分力の測定には二分力計を用い測定し、アンプ,AD変換ボードを経由し、パソコンに取り込む。空気量を

5,10,15,20(L/min)に変化させ測定を行った。また各空気量で4回データを取り、平均値を計算した。

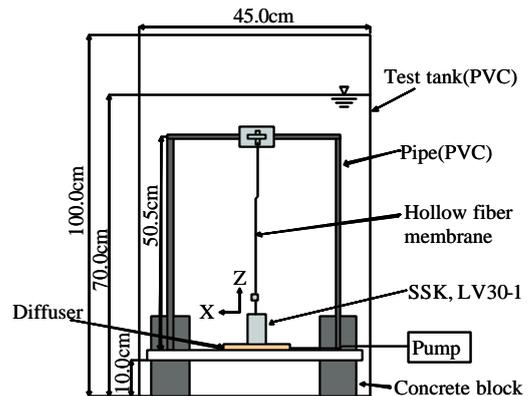


Fig.1 Experimental set-up(Front view)

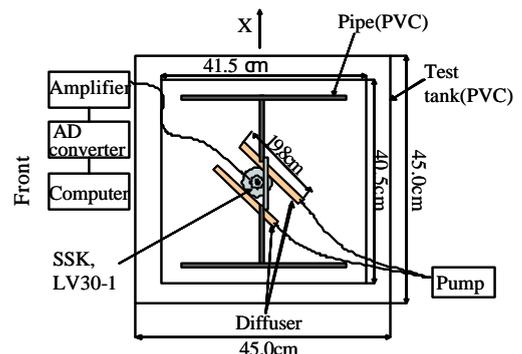


Fig.2 Experimental set-up(Top side view)

気泡流を発生させる前状態を水道水が静止した状態と仮定し、その値を気泡流が発生した状態で測定した値から差し引くことにより0点補正とした。

2.2 測定結果の応力変換

測定値を中空糸膜の表面積で除すことで応力に変換した。また3本接続のものは、1本接続の表面積を3倍した値で応力に変換した。

2.3 σ_3 について

正規分布に従うものは、平均値の ± 3 倍の標準偏差の範囲に入る確率が約99.7%とされている。測定結果の評価方法として、式(1)の計算式で求める σ_3 を本研究の指標とする。

キーワード： 膜分離, 気泡, せん断応力

連絡先： 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1丁目28番1号 武蔵工業大学 TEL 03-3703-3111 (内線 3257)

$$\sigma_3 = \text{平均値} + \text{標準偏差} \times 3 \quad (1)$$

3. 実験結果及び考察

Fig.3, Fig.4 に Case1 で空気量 5(L/min),20(L/min)における経時変化グラフを示す．すべての Case において X(水平方向)軸方向より Z(水深方向)軸方向の時間平均値が上回った．

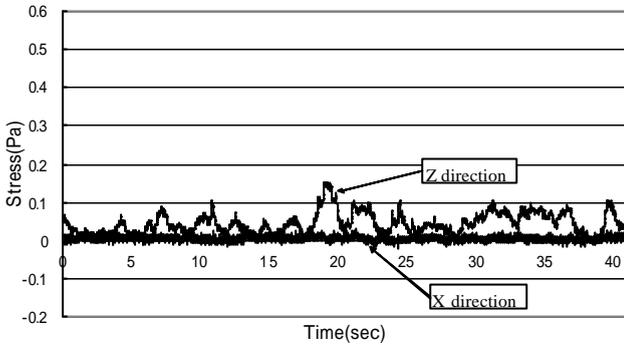


Fig.3 Variation of Stress (Case1, 5L/min)

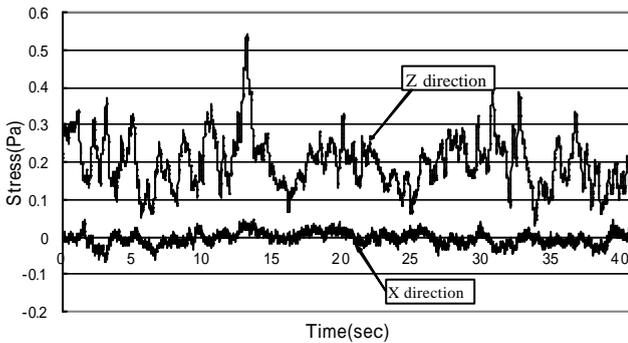


Fig.4 Variation of Stress (Case1, 20L/min)

Fig.5 に応力の時間平均値と空気量の関係図(Z軸方向)を示す．Fig.5 から空気量と応力の時間平均値がほぼ比例関係にあることが確認できる．これは空気量が増加したことにより，中空系膜壁面近傍に存在する気泡が増加した．このことから膜壁面に接触する頻度が多くなり，Z 軸方向に作用する応力が増加したのだと考える．また Case1, Case 3 の 1 本接続の結果よりも，Case2, Case 4 の 3 本接続では，緩やかな応力増加傾向を示した．この傾向は，3 本接続の場合では単独で存在している 1 本接続より，膜 1 本に作用する気泡流の影響が小さかったためであると考ええる．

Fig.6(X 軸方向),Fig.7(Z 軸方向)に σ_3 と空気量の関係図を示す．標準偏差はすべての Case で増加傾向が確認できたため， σ_3 もすべての Case において空気量と σ_3 は増加傾向を示した． Fig.6, Fig.7 の最大値を示した Case1-20L/min(X 軸方向) 0.112(Pa) と

Case3-20L/min(Z軸方向) 0.490(L/min)とを比較すると，4.38 倍の差を示し，Z 軸方向が大きな値を示した．

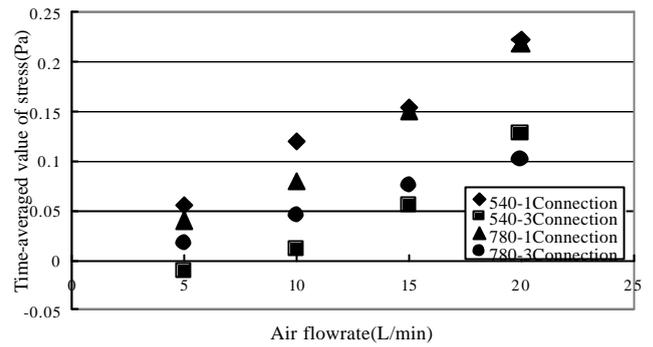


Fig.5 Relationship between Time-averaged value of Stress and Air flowrate(Z direction)

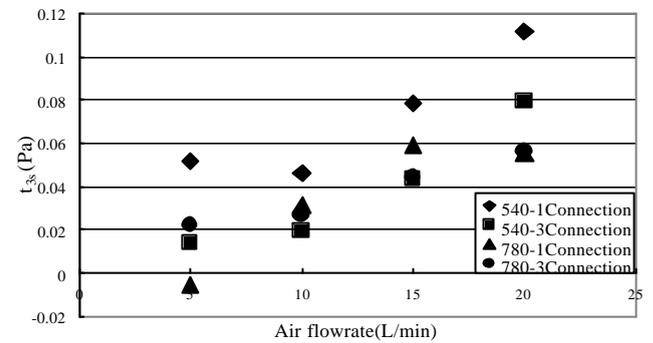


Fig.6 Relationship between σ_3 and Air flowrate (X direction)

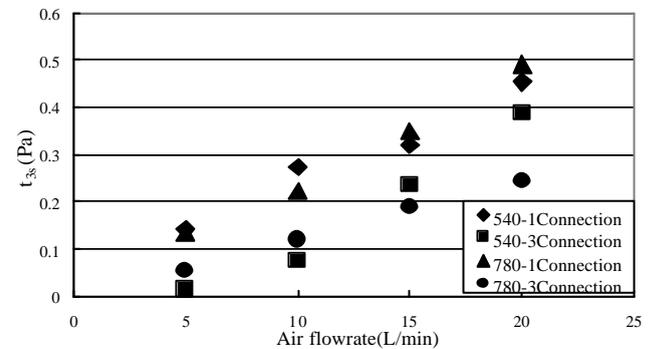


Fig.7 Relationship between σ_3 and Air flowrate (Z direction)

4. まとめ

中空系膜は縦置きにした場合、水深方向に作用する応力は，中空系膜の外径によらない．また，空気量の増加に伴い応力の増加傾向を示す．中空系膜を 3 本束ねている方が 単独で 1 本存在するものよりも，作用する応力が小さくなる．水深方向と水平方向にかかる応力は，約 4 倍水深方向にかかる応力が大きくなる．