

中空糸膜状浸漬型 MBR において弛緩率が膜面せん断力に及ぼす影響

東京都市大学大学院 学生会員 ○佐々木 哲哉
 東京都市大学 酒井 駿治
 東京都市大学 正会員 長岡 裕
 三菱レイヨン株式会社 笹川 学
 三菱レイヨン株式会社 ランムゾー

1. はじめに

MBR ではファウリングを抑制するため、曝気による気泡流で膜面の物理洗浄を行っている。この洗浄力は中空糸膜のユニットの構造に大きく左右される。既存の研究¹⁾で気泡径が膜面せん断力に及ぼす影響などが検討されたが、膜のたわませ具合の指標となる弛緩率と膜面洗浄力の関係は明らかではない。本研究では弛緩率が膜面せん断力に及ぼす影響について検討する。

2. 実験方法

実験装置を図1に示す。水槽に水道水を満たし、散気管、二分力計(LV30-1, SSK 社製)、中空糸膜を固定したユニットを浸漬させ実験を行った。ユニットの曝気流路断面は 125mm×125mm であり、散気管は孔径 2mm の穴を 2 つ空けたものを 2 本使用した。中空糸膜は周長 2.8mm、材質は PVDF である。中空糸膜の下端は二分力計に接続し、上端はネジによりユニットと固定した。上端部は可動式であり、中空糸膜の固定位置を変えることにより(弛緩率 1%の場合、0%の位置より 9mm 上部を固定)弛緩率を調節した。弛緩率 0%は張力が発生する直前の位置で設置を行った。二分力計は x 方向(流れに対して鉛直)及び z 方向(流れに対して平行)の力の測定が可能である。

二分力計による測定は流れが静止した状態で 5.12 sec, 100Hz のサンプリングを行い、基準点を取った後に曝気を開始し、流れが定常化した後に 40.96sec, 100Hz の測定を行った。各弛緩率に対してエアフラックス(曝気量/曝気領域の断面積)を 0.003 m/s ~0.013 m/s の 4 段階に設定し、それぞれ測定した。また、デジタルカメラ(Casio 社製 Exilim EX-F1)で撮影した動画(30fps 撮影)より、膜中央部(高さ 450mm 地点)の動きを 1/3sec 毎にプロットし、膜の挙動を測定した。

3. 測定結果及び考察

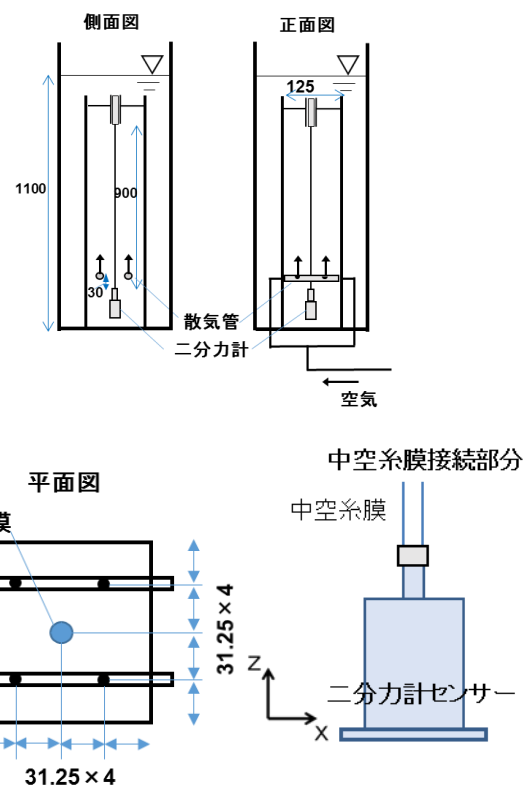


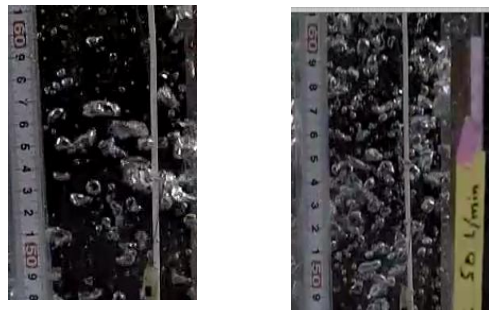
図1 実験装置図

図2にエアフラックス 0.021m/s 及び 0.053m/s 時の曝気状況を、図3に動画から解析したエアフラックス 0.053m/s 時の膜中央部の揺れの経時変化を示す。中空糸膜の下端及び上端は縦軸 0mm に位置し、図中の黒い太線はユニットの壁面を示す。弛緩率 1.5%では他弛緩率と比べ、膜中央部の振幅が大きくなっており、また長周期で揺れ動いている傾向が示唆された。

図4に弛緩率 0%, エアフラックス 0.021m/s 時の x 方向及び z 方向のせん断応力の経時変化を示し、図5の横軸にエアフラックス、縦軸に x 方向のせん断応力の変動を示す。エアフラックスの増加とともに、変動が大きくなる傾向が示唆されたが、弛緩率の影響は明らかではなかった。図6の横軸にエアフラックス

キーワード MBR 中空糸膜 弛緩率 膜面せん断力 ファウリング

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL 03-5707-0104 E-mail : g1281711@tcu.ac.jp



0.021m/ エアフラックス 0.053m/

図2 曝気状況

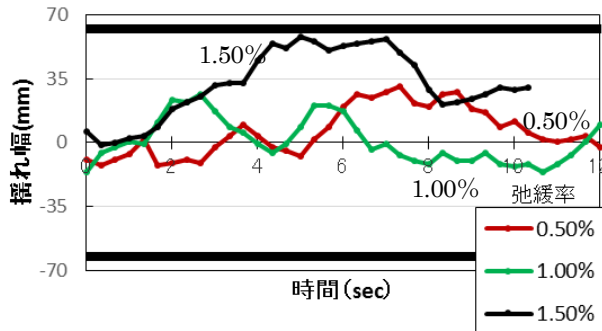


図3 膜中央部の揺れの経時変化
(エアフラックス 0.053m/s)

ス、縦軸に z 方向のせん断応力の平均値を示す。膜をたわませた状態である弛緩率 0.5%~1.5%では明確な違いは見られなかったが、弛緩率 0%時の平均値は他条件より大きくなる傾向を示した。その要因として、流れに対して垂直方向への動きが制限され、力が鉛直方向に分散されず、水平方向に伝わったためであると考えられる。

図7の横軸にエアフラックス、縦軸に x 方向及び z 方向の共分散を示す。0.021m/s では、弛緩率 0%時に共変動が強く出ていることが示唆された。

4. まとめ

弛緩率が中空糸膜の膜面せん断力に与える影響を、動画による揺れ幅の測定及び中空糸膜の下端に接続した二分力計から検討した。弛緩率大きい場合、長周期で揺れ動く傾向が見られた。流れ方向に対し水平方向に働く弛緩率 0%時のせん断応力は、たわませた状態である弛緩率 0.5%~1.5%と比べ大きな値を示した。その要因として、流れに対して力が鉛直方向に分散されず、水平方向に働いたためであると考えられる。

参考文献

1)岡本, 李, 長岡: 浸漬型中空糸膜モジュールに働くせん断力の発生機構, 下水道研究発表会講演集, vol45, p301-303, 2008

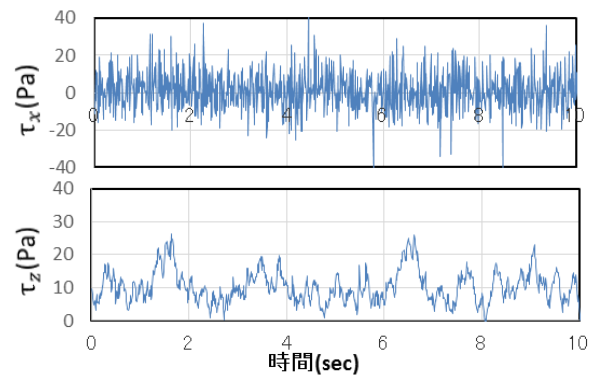


図4 水平方向及び鉛直方向のせん断応力の経時変化
(弛緩率 0% エアフラックス 0.021m/s)

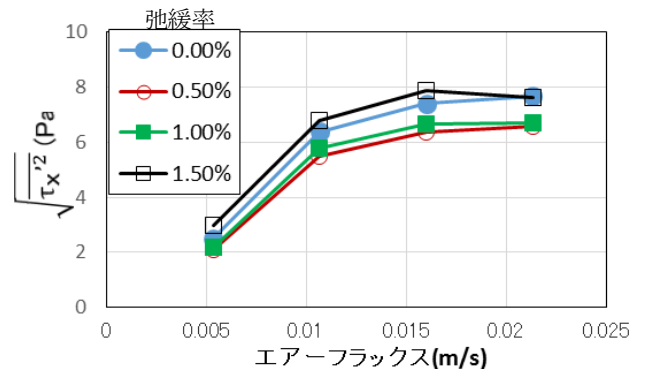


図5 弛緩率が流れと鉛直方向に働く
せん断応力の変動に与える影響

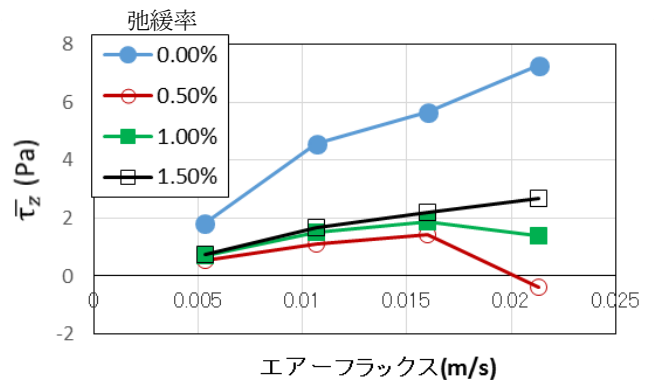


図6 弛緩率が流れと水平方向に働く
せん断応力の平均に及ぼす影響

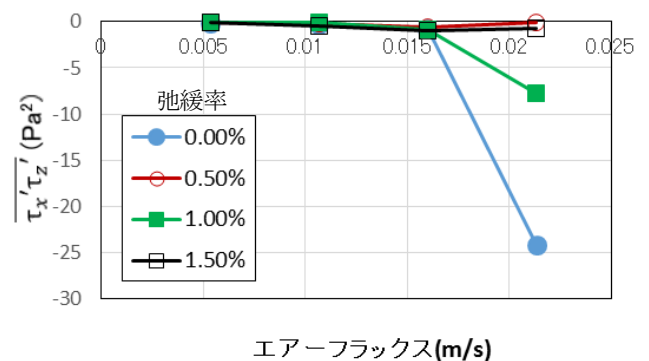


図7 弛緩率が水平方向及び鉛直方向の
せん断応力の共変動に及ぼす影響