

二重汚濁防止膜周辺の流況に関する実験的研究

大阪市立大学 正 会 員 小田一紀 重松孝昌

学生会員 ○小林徹雄 濱崎佳尚

(株)ブリヂストン

山瀬晴義

1. はじめに 一般に、汚濁拡散防止膜の効果の検討は、数値シミュレーションを用いて防止膜周辺の流況を求めた後に得られた流れ場で拡散計算を行ってその効果を判定するのが通常である。しかし、従来の流れ場の計算では、計算の対象となる全領域で渦動粘性係数に一定値を与える等、十分な精度を有しているとは言い難い。著者らは、既に、鉛直2次元室内実験によって汚濁防止膜を1枚だけ設置した時のその周辺の渦動粘性係数の分布を明らかにしている¹⁾。本研究では、自立式膜と垂下式膜を併用したとき、それらの周辺の渦動粘性係数の分布を実験によって求めたのでここに報告する。

2. 実験概要 実験は、長さ50m、幅2.5m、高さ1.5mのコンクリート製の流れ水槽を幅1.0mに縮小し、水深 h を1.0mとして行った。自立式膜は下端を水底に固定し、上端に発泡スチロール製のフロート(浮力340gf/m)を取り付けた。垂下式膜の上端は水面に固定し、下端には重さ100gf/mの錘を取り付けた。防止膜には不透水性の合成繊維布を用い、その高さはいずれの膜も50cmとした。2種類の膜の配置は、上流側に自立式膜、下流側に垂下式膜を設置した場合と、上流側に垂下式膜、下流側に自立式膜を設置した場合について行い、それぞれ静水状態における2つの膜の水平間隔(膜間距離) l_b を0m, 1m, 2mと3種類にかえた。また、流れの断面平均流速 U_0 は、3.2cm/s, 6.3cm/sの2種類とした。流速の測定には2次元電磁流速計を用い、サンプリング周波数100Hzで1測定点あたり60秒間測定した。測定した流速の時系列データより、速度分布や乱れ強度の分布などを求めたが、ここでは $\varepsilon = \overline{u'w'}/(\partial \overline{u}/\partial z + \partial \overline{w}/\partial x)$ によって得られる渦動粘性係数 ε について記すことにする(ただし、“ $\overline{\quad}$ ”は時間平均を表す)。

3. 実験結果および考察 図-1～図-5に実験結果を示す。図中の l_{0h} は垂下式膜の水面から重錘までの鉛直距離、 l_{es} は自立式の水底からフロートまでの鉛直距離を表している。

図-1は、膜間距離 $l_b = 0$ mのときの ε の分布を示したものである。同図(a)と(b)を比較すると、 $U_0 = 6.3$ cm/sの時の方が $U_0 = 3.2$ cm/sの時よりも $\varepsilon \geq 10^0$ cm²/sの領域、 $\varepsilon \geq 10^1$ cm²/sの領域が広く分布し、 $\varepsilon \geq 10^2$ cm²/sの極めて大きな値を有する領域も存在していることがわかる。

図-2は、上流側に垂下式膜を下流側に自立式膜を設置し、 $l_b = 1$ mとしたときの実験結果を示したものである。 $U_0 = 3.2$ cm/sのときには $\varepsilon \geq 10^0$ cm²/s領域は $1.3 < x/h < 8.2$ に分布しているが、 $U_0 = 6.3$ cm/sのときには $x/h > 10$ にも分布しており、図-1と同様に流速が大きくなると $\varepsilon \geq 10^0$ cm²/sの分布領域は広がることがわかる。

図-3は、上流側に垂下式膜を下流側に自立式膜を設置し、 $l_b = 2$ mとしたときの ε の分布を表したものである。図-2と比較すると、上流側に垂下式膜を下流側に自立式膜を設置したときには、 $l_b = 1$ mの場合と $l_b = 2$ mの場合とでは渦動粘性係数の大きな領域の分布域には大きな変化はないことがわかる。

図-4は、上流側に自立式膜を下流側に垂下式膜を設置し、 $l_b = 1$ mとしたときの実験結果を表したものである。同図(a)では、 $\varepsilon \geq 10^1$ cm²/sの領域は $2.2 < x/h < 5.8$ の範囲に分布しているが、(b)では $0.5 < x/h < 9.5$ までの広い領域で分布しており、流速の増加にともなって両防止膜周辺の流れ場の乱れは大きくなることがわかる。

図-5は上流側に自立式膜を下流側に垂下式膜を設置し、 $l_b = 2$ mとしたときの ε の分布を表したものである。図-4と比較すると、 $U_0 = 3.2$ cm/sのときには $\varepsilon \geq 10^0$ cm²/sの分布領域はほとんど変化が見られないうが、 $U_0 = 6.3$ cm/sのときには $\varepsilon \geq 10^0$ cm²/sの分布領域が小さくなっていることがわかる。

図-1～図-4より、 $U_0 = 3.2$ cm/sのときには、本実験条件の下では両防止膜の配置に関わらず $\varepsilon \geq 10^0$

Kazuki ODA, Takaaki SHIGEMATSU, Yoshihisa HAMASAKI, Tetsuo KOBAYASHI, Seigi YAMASE

cm^2/s の領域の分布はほとんど変わらないことがわかる。また、自立式膜を1枚だけ設置したときの渦動粘性係数の分布¹⁾とよく似た分布を示しており、本実験条件の下では $U_0=3.2$ cm/sのときに両防止膜を併用したときの渦動粘性係数の分布は、その配置に関わらず自立式膜の影響を大きく受けることがわかる。 $U_0=6.3$ cm/sのときには、自立式膜を上流側に垂下式膜を下流側に設置した方が、垂下式膜を上流側に自立式膜を下流側に設置したときにそれらの背後に形成される $\varepsilon \geq 10^0 \text{ cm}^2/\text{s}$ の領域が小さくなっていることがわかる。それぞれの防止膜を単独で設置したときには $\varepsilon \geq 10^2 \text{ cm}^2/\text{s}$ の領域は存在しなかったことから、防止膜を併用することによってその近傍の流況は乱れが大きくなる。

4. まとめ 本実験条件の下では、 $U_0=3.2 \text{ cm/s}$ のときには、両防止膜の配置に関わらず膜近傍の渦動粘性係数の分布は自立式膜を単独で設置したときとほとんど同じ分布を示すことがわかった。また、 $U_0=6.3 \text{ cm/s}$ のときには、防止膜を単独で設置したときよりも渦動粘性係数の値はわずかではあるが大きくなり、上流側に自立式膜を下流側に垂下式膜を設置した方が渦動粘性係数の大きな領域の分布は小さくなることがわかった。今後は、このような渦動粘性係数の空間分布特性を考慮した数値シミュレーションを行い、汚濁防止膜の効果の検討に役立てたい。

参考文献 1) 小田ほか：汚濁拡散防止膜周囲の鉛直2次元流れに関する実験的研究，海岸工学論文集第38巻(2)，pp.876-880.

