

II-391 汚濁防止膜近傍における乱れ強度分布

大阪市立大学 学正員 ○濱崎佳尚 中尾敦典
大阪市立大学工学部 正会員 小田一紀 重松孝昌
(株)ブリヂストン 山瀬晴義

1. まえがき 従来、汚濁防止膜の敷設効果に関する検討は鉛直方向に運動を平均化した平面2次元数値シミュレーションによって行われている。しかしながら、このような手法では、膜の上あるいは下から流出する汚濁の局所的な挙動が再現されておらず、膜下流域における汚濁の拡散現象を正確に捉えることはできない。このような観点から、著者らは鉛直2次元数値シミュレーションによって、膜近傍の流れ場と汚濁の濃度分布を計算し、膜の敷設効果の検討を行ってきた(小田ら,1990)。これらの計算では膜周辺での渦動粘性係数と拡散係数の値は、計算領域内で一定と仮定したが、膜下流域での汚濁の拡散現象を正確に予測するには、膜近傍での流況に応じた適切な値が与えられねばならない。そのためには、膜周辺の流れ場の乱れ特性を解明する必要があるが、これまでそのような研究はほとんどなされていないように思われる(加納ら,1987)。今回、膜周辺の乱れ強度を把握するため鉛直2次元実験を行ったのでここに報告する。

2. 実験の概要 実験には、長さ50m、幅2.5m、高さ1.5mのコンクリート製の水槽を隔壁で幅1.0mに縮小した水路を用い、水深 $h=1.0$ mとした。流速は2次元電磁流速計を用いてサンプリング周波数100Hzで60秒間測定した。水平流速の鉛直方向の平均値 U_0 は3.1cm/sおよび6.4cm/sの2種類に設定した。防止膜には不透水性の合成繊維を用い、下端に直径3mm、重さ100gf/mの重錘を取り付けた垂下式膜と上端に直径25mm、浮力340gf/mのフロートを取り付けた自立式膜について実験を行った。また、膜高(l)は0.25m、0.50m、0.75mの3種類とした。

3. 実験結果および考察

表-1 有効膜高と流速比の関係

(1) 有効膜高と流速比の関係

表-1に膜高 l/h と有効膜高 l_0/h (l_0 :垂下式の場合は水面から膜下端までの鉛直距離、自立式の場合は水底から膜上端までの鉛直距離)および U_0 に対する各測点

l/h	垂下式防止膜				自立式防止膜			
	$U_0=3.1$ cm/s		$U_0=6.4$ cm/s		$U_0=3.1$ cm/s		$U_0=6.4$ cm/s	
	l_0/h	$(u/U_0)_{max}$	l_0/h	$(u/U_0)_{max}$	l_0/h	$(u/U_0)_{max}$	l_0/h	$(u/U_0)_{max}$
0.25	0.23	1.55	0.20	1.61	0.24	1.39	0.24	1.68
0.50	0.43	2.12	0.23	1.64	0.49	2.13	0.42	2.18
0.75	0.48	2.31	0.22	1.88	0.70	2.65	0.47	2.27

における流速の比の最大値との関係を示す。表-1より、流れ場に膜高が大きい防止膜を設置しても膜は大きく変形し、 l_0/h は小さくなることからわかる。また、 l_0/h が同じであればほぼ同じ流速比が得られ、 l_0/h が大きくなるにしたがって流速比の最大値は大きくなることからわかる。

(2) 乱れ強度

図-1(a)に、 $l/h=0.25$ の垂下式防止膜を設置した場合の U_0 で無次元化した乱れ強度 $v/U_0=\sqrt{\overline{u'^2}+\overline{w'^2}}/U_0$ (ここに $\overline{u'}$, $\overline{w'}$ は平均流速からの偏差の平均値を表す)の分布を示す。この図より、 $U_0=3.1$ cm/sのときと $U_0=6.4$ cm/sのときでは、 v/U_0 の分布には大きな差が見られないことがわかる。いずれの場合も膜より下流側の下層部では乱れ強度は小さいので、この領域に流出した汚濁はあまり乱流拡散を受けずに移流拡散によって遠方に運ばれると考えられる。また、 $v/U_0 \geq 0.2$ の領域は膜背後に形成される後流域に属し、この領域に入った汚濁は強い乱流拡散を受けると考えられる。

図-1(b)に $l/h=0.75$ の垂下式防止膜を設置した場合の v/U_0 の分布を示す。この図より $U_0=3.1$ cm/sのとき、乱れの大きい領域は全水深にわたって分布しており、防止膜の設置によってその周辺の流体場はかなり乱されると考えられる。また、 $v/U_0 \geq 0.2$ の領域が膜下端付近から水面へと広がっていること、および膜の下流側では鉛直上向成分の流速が卓越していることを勘案すると、膜の下から下流側に流出した汚濁は舞い上がり水面付近に浮上すると考えられる。一方、 $U_0=6.4$ cm/sのときには、 v/U_0 の分布は $l/h=0.25$ の垂下式膜を

設置した場合とほぼ同じ分布を示すことがわかる。表-1よりこれらの場合は l_0/h と0.2とほぼ同じ値になることから、 v/U_0 の分布には l_0/h が大きく関与しているものと考えられる。

次に、図-2(a)は $l/h=0.25$ の自立式膜を設置した場合の v/U_0 の分布を示したものである。この図より、 U_0 に関わらず、 v/U_0 の分布には顕著な差はみられないことがわかる。表-1より、いずれの場合も $l_0/h=0.24$ と同じ値を示しており、自立式膜についても l_0/h が v/U_0 の分布に大きな影響を及ぼしていることがわかる。

また、膜背後の領域では乱れの大きい領域が水底へと広がっている。

$v/U_0 \geq 0.2$ の領域は後流域に相当し、流速が小さいので、この領域に流出した汚濁は、強い乱流拡散を受けながら水底に沈澱すると思われる。一方、膜の下流域の水面付近は乱れ強度は小さいので、この領域に流出した汚濁は移流拡散によって遠方に運ばれ、水底に沈澱するにはかなりの時間を要するものと推測される。

図-2(b)に、 $l/h=0.75$ の自立式膜を設置した場合の v/U_0 の分布を示す。この図より、いずれの流速の場合も全水深にわたって乱れが発達しており、特に $v/U_0 \geq 0.3$ の乱れが強い領域が下流遠方まで広く分布していることがわかる。したがって、膜の上から下流域に流出した汚濁は速い水平流速成分によって遠方にまで運ばれるとともに、鉛直方向にも混合・拡散するものと考えられる。ただし、下流域では鉛直下向成分が卓越しているので汚濁の沈降は促進されることが考えられる。

4. あとがき

汚濁防止膜周辺の乱れ強度の分布は、平均流速ではなく有効膜高に大きく影響を受けることが明らかになった。すなわち、有効膜高が大きいほど乱れの強い領域が広く分布することがわかった。したがって、膜周辺の流況を把握するためには有効膜高を正確に予測することが必要であり、膜の鈎合形状に関する研究の重要性を再認識させるものである。さらに解析を進めて膜近傍の乱れの詳細な特性を明らかにしたいと考えている。

- 参考文献 1)小田ら(1990):汚濁拡散防止膜の効果に関する研究,海岸工学論文集,第37巻,pp.843~847.
2)加納ら(1987):半水深二重敷設汚濁防止膜の効果に関する研究,海洋開発論文集VOL.3,pp.209-214.

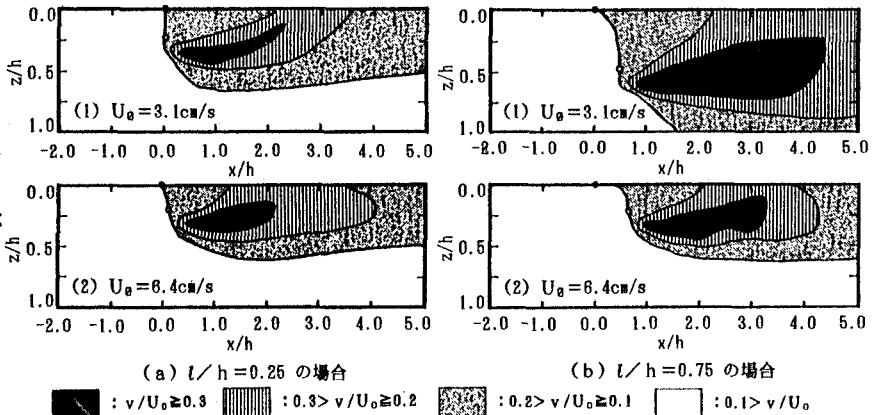


図-1 乱れ強度の分布（垂下式の場合）

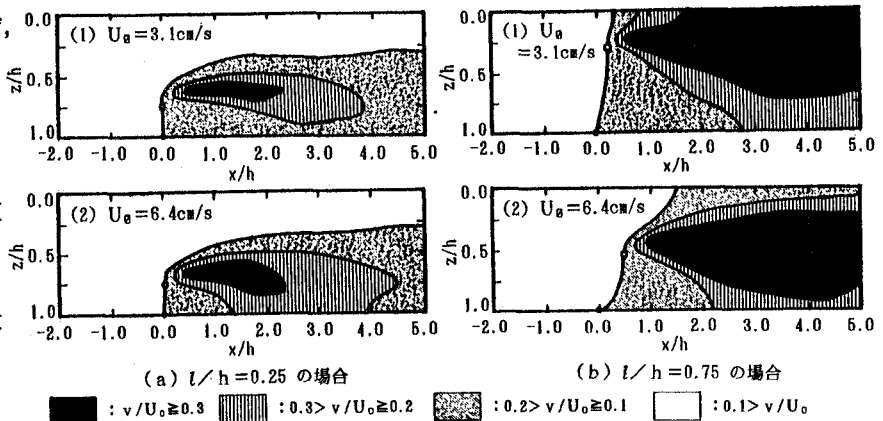


図-2 乱れ強度の分布（自立式の場合）