

大水深用汚濁防止膜の最適敷設法に関する空気流模型実験

東京水産大学 正会員 加 納 敬
 太陽工業(株) 正会員 本 城 豊
 太陽工業(株) 川 本 博 文

はじめに

海中土木工事においては、程度の差はあるが海底土砂の巻き上げということは避け得ない現実である。この巻き上げられた土砂が流れや波に乗って広範囲に拡がって行けば景観を損うことはもちろん、工事地点周辺における水産生物の生育環境にも悪影響を及ぼすことになる。そこで、このような害を避けるために工事地点の周りをテンポラリーに汚濁防止膜と呼ばれる膜をカーテンのように張りめぐらせて工事地点からの汚濁土砂粒子の流出を防ぐことがよく行われている。浅い個所の工事に対しては工事地点の極く近傍に設置したバケットシートとその外側の比較的広い範囲の汚濁防止膜との、ともに全水深にわたっての二段階の遮蔽で十分効果の挙ることが明らかにされている。しかしながら、大水深の場合に一枚ものの膜では、敷設及び係留法に問題が生じ、また膜の強度の点からも不利となるので水深の何割かずつの二枚の膜を適当に離して敷設し、これらの相互作用で汚濁土砂粒子の流出を防ぐように考案・敷設している。このような膜の張り方の場合、二枚の膜はそれぞれ、図1に示すように、海底に固着して他端にフロートを取付けた自立式と海面のフロートから錘をつけて垂下させた垂下式との組合せである。このような膜の張り方の場合、一枚の膜で工事地点を囲い込んだと

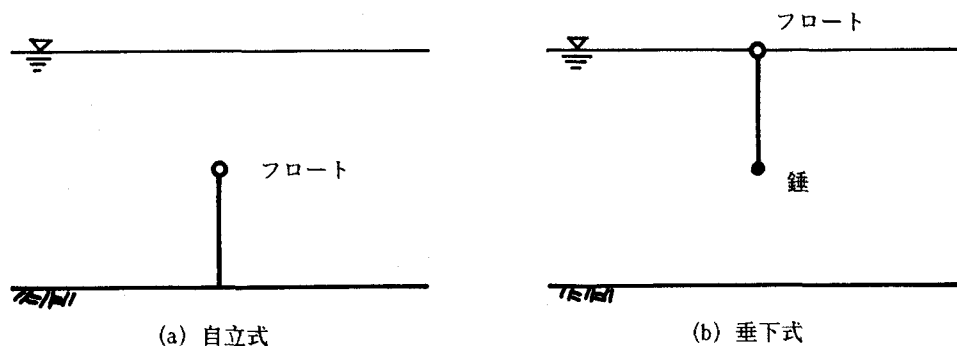


図1 自立式と垂下式の膜

きと違って囲いの内側と外側の水がつながっているので、ごく細かいサスペンションロードは二枚の膜の間を密度流として通りぬけ、工事区域の外側へ拡散して行き、これを防止するのは極めて困難であると思われる。

しかしながら比較的大きな粒径の土砂粒子のモデルに対する模型実験において二枚の膜の相互作用で膜間および両膜の上下流近傍に土砂堆積の効果が挙がる膜配置が存在すればその膜配置では密度流で通り抜けるサスペンションロードの堆積にもなにがしかの効果を及ぼすものと考えられよう。そこで図2のような状態に対して上下流の膜の形式を入れ換え、さらに両膜の膜高と膜間隔をさまざまに変えて最も汚濁防止効果の挙がるも

のを見出す実験を空気流におけるおが屑の堆積をみることによって行った。

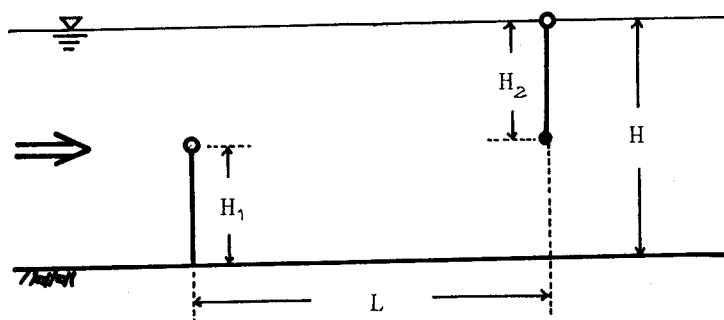


図2 膜の配置

1. 空気流模型実験の特徴

水工学的諸問題の解決のために水ではなく、空気の流れを用いた模型実験を適用することは目新しいことではない。また、その適用に関する理論的な考察もなされている [Ivicsics, L. (1980)]。セディメンテーションの実験にも成功裡に適用されている [Sumbal, J. (1966)]。Sumbalの実験は河川わん曲部におけるサスペンションロードの堆積状況の予測を行ったもので、河川流路の木製模型の上に透明プラスチック板を被せて、下流端に取付けたファンのサクシオンで空気の流れを起こし、サスペンションロードのモデルとしては硬木のやすり屑を用いた。最近ではガブチコヴォ＝ナジマロシュ水力発電プロジェクト [加納(1987)] において建設が計画されているドゥナキリティ・フルシヨフ貯水池の予定地点に既に設置されている上水取水暗渠に対する浸透能減少対策立案のための、やはりサスペンションロードの堆積実験を当該貯水池について空気流を用いて行っている。その他、人工魚礁周辺での局所洗掘の研究 [細野他(1985)], [Kano, T. et al (1988)] や流れの可視化 [影山他(1982)] 等が空気流模型実験によって行われている。

空気流模型実験では通常の水理模型実験のように相似律の存在が保証されているわけではない。したがって、模型上で測定された物理量を実物でみられるであろう値に換算することはできない。しかし、或る範囲内では現象の定性的相似性はよく保たれていることが確認されている。また、模型は小さくてよく、模型製作の費用と時間が軽減されて、実験区画が効率的かつ経済的に利用できるようになって、小さなポンプ（ブローア）と比較的小さな駆動モーターを設備すれば十分となる。しかし、水と空気では流体としての運動法則が異なるので、或る限界を超えると両者の間の不一致が次第に目立つようになってくるといことがある。例えば、取り扱おうとする現象において水の圧縮性や水に作用する重力や場合によっては遠心力などの影響が無視出来ないようなときには模型実験において水を空気に置き換えることは出来なくなる。また、水の自由表面の形を決定することを含むような問題においても実験流体としての水を空気で置き換えることが出来ないというところにも欠点がある。そして、その位置を決めてやる必要はないが、自由表面をもつような流れに対して空気流模型実験を行おうとするときには風洞上面のカバープレートを多少もち上げれば、両者の流速分布は水深に対応する部分でよく一致することが確認されている [Ivicsics, L. (1980)]。本実験においても流れは自由表面をもつが定常流であり、その位置を決める必要はない。また、流速分布の形状に関する配慮においても、カバー

プレートの位置を上げることに對して垂下式膜の上端を、取付け方法からの理由でもあるが、カバープレートにリングを付けてそれにフックがけすることとしたので、カバープレートとの間に間隔ができ、配慮はなされたと考える。

2. 実験装置と測定の方法

実験装置の風洞は図3に示すような幅30cm、高さ25cm、長さ100cmの亚克力樹脂製長方形風洞で下流端に400wattの駆動モーターで動くシロッコファンを取付け、このサクションで空氣の流れを起す。風洞内の風速

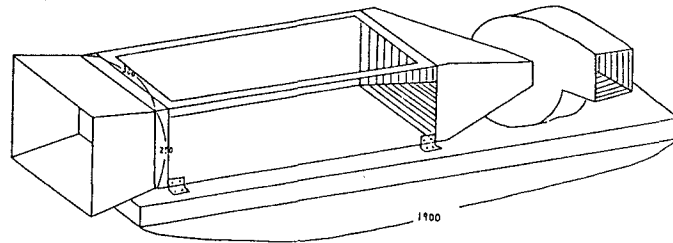


図3 実験風洞の外観

は駆動モーターとシロッコファンの間のプーリー距離を変えることとファン側のプーリー径をバネによって変化させることで種々変化させることができる。本実験においては風洞内に何も障害物を設置していないときの風速が5.75m/sの状態で行った。これは圧搾空氣で吹き上げられたおが屑が風洞上面に軽く触れてその後上流側の膜に衝突するような風速である。実験における前後の膜の配置と膜間隔、膜高などの実験条件は図2の状況について表1に示す通りである。

表1 実験ケースの表

膜配置のタイプ	A（上流垂下式、下流自立式）およびB（上流自立式、下流垂下式）の両タイプ
膜の間隔（H/L）	1/5 2/5 3/5 4/5 5/5, 6/5, 7/5, 8/5
膜高1（(H,H)/H）	1/6, 1/4, 1/3, 5/12, 1/2, 1/8, 1/4, 3/8, 7/12, 2/3, 3/4
膜高2（(H,H)/H）	1/6, 1/4, 1/3, 5/12, 1/2, 7/8, 3/4, 5/8, 7/12, 2/3, 3/4
膜高の選択	X（H=H）およびY（H+H=H）の2タイプとした。

汚濁土砂粒子の物理モデルとしては杉のおが屑をもちいた。このおが屑は密度が小さく（0.40g/cm）、一度底面に落ちてベッドロードとして移動するので実験においてはおが屑を空気流中に放出した後は直ちにファンの回転を止めた。おが屑は風洞最上流端の底面に直径5cm 厚さ1.5cm の穴を開け、そこから圧搾空気で吹き上げた。汚濁防止膜の効果を評価するために

$$\text{流出率 (\%)} = (\text{セットしたおが屑の重量} - \text{風洞内に残留したおが屑の重量}) / \text{セットしたおが屑の重量}$$

を計算し、この値の低いものほど2枚の膜の汚濁防止効果が高いものと判断した。

3. 実験の結果について

実験は上下流膜の配置の形式、膜高比そして膜間隔を変えて繰り返した。それらで得られた流出率を図4から図7までに示す。それぞれの図における各線はL/Hの値に対応し、縦軸は流出率、上の横軸は下流側の無次元化膜高、下の横軸は上流側の無次元化膜高をそれぞれ表わしている。これらの図から分ることはBタイプのY型は全般的に流出率が大きくこの形式のものはさほど良好な汚濁防止効果は期待できないであろうということがうかがえる。BタイプのX型については上下流の膜高が増すにしたがって流出率が減じてゆく傾向を示しており、さらに両膜の膜高を増せば流出率はさらに減じてゆくものと予想されるが、図に示した以上に膜高を増せば2枚の全水深の膜を敷設することに等しくなるとゆき、現実的ではなくなるとゆく。AタイプではX型の結果からもY型の結果からもともに上下流の膜の膜高が水深の半分で等しく、膜間隔が水深の1.4倍のときに流出率の極小値をとり、その値も約50%とBタイプよりも優れた汚濁防止効果を示すものと考えられる。なお、先に行った水槽実験の結果では水深の2倍程度以上の膜間隔をとることが必要であることが分った〔加納、本城、川本（1987）〕が、今回の空気流模型実験では風洞寸法の制約から水深の1.4倍までの膜間隔しかとれなかったが、より間隔を広くとった実験を行えば水槽実験と同様な結果が得られるであろうことは図の傾向から明らかであろう。このことから相似律は存在しない、即ち模型と実物の間に物理量の換算法則は存在しないが現象の定性的相似性は存在しているものと考えられる。したがって、今回は実験順序が逆になったが少ない費用と労力で実験が遂行できる空気流模型実験で考えられるいくつかのケースから目的に合致するような候補ケースを2・3選出、それらについて相似律の確立した水理模型実験で詳細に検討するというような実験方法も有効であろう。

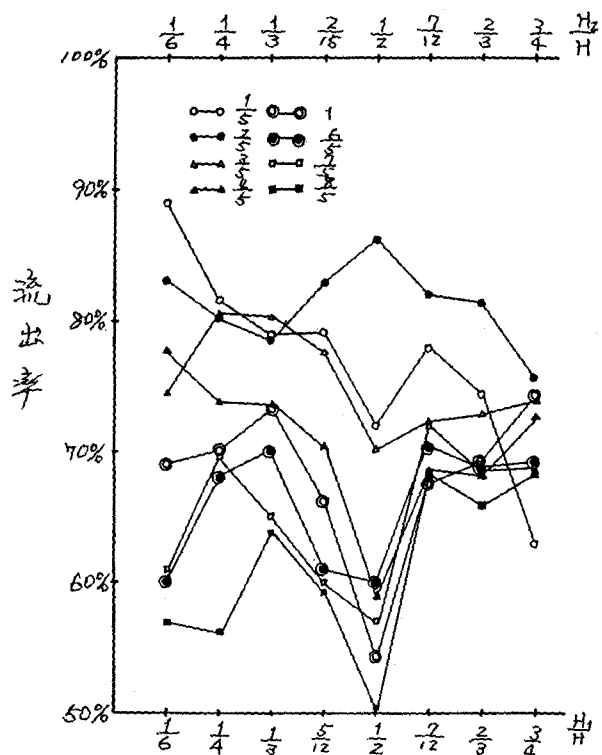


図4 AタイプX型

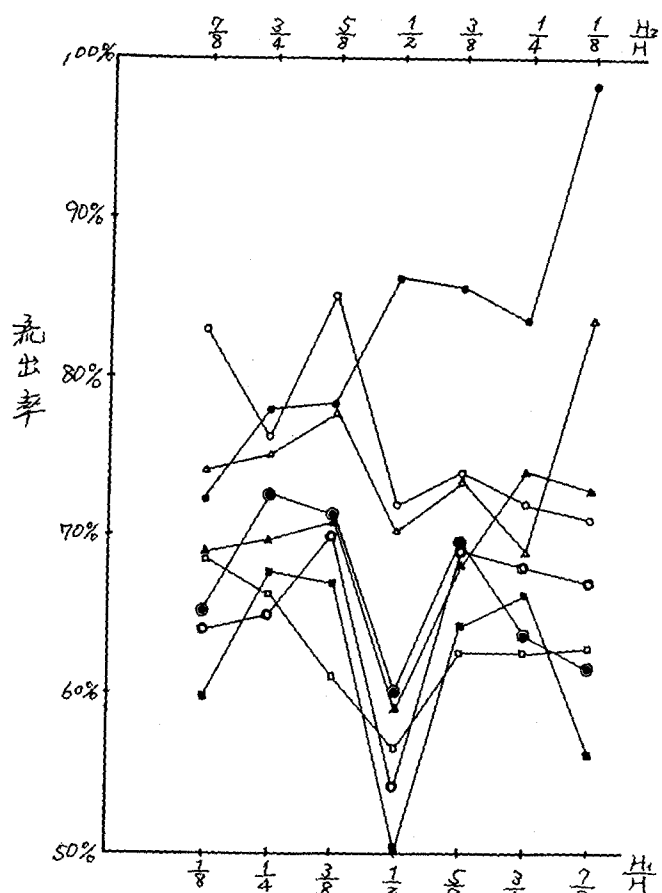


図5 AタイプY型

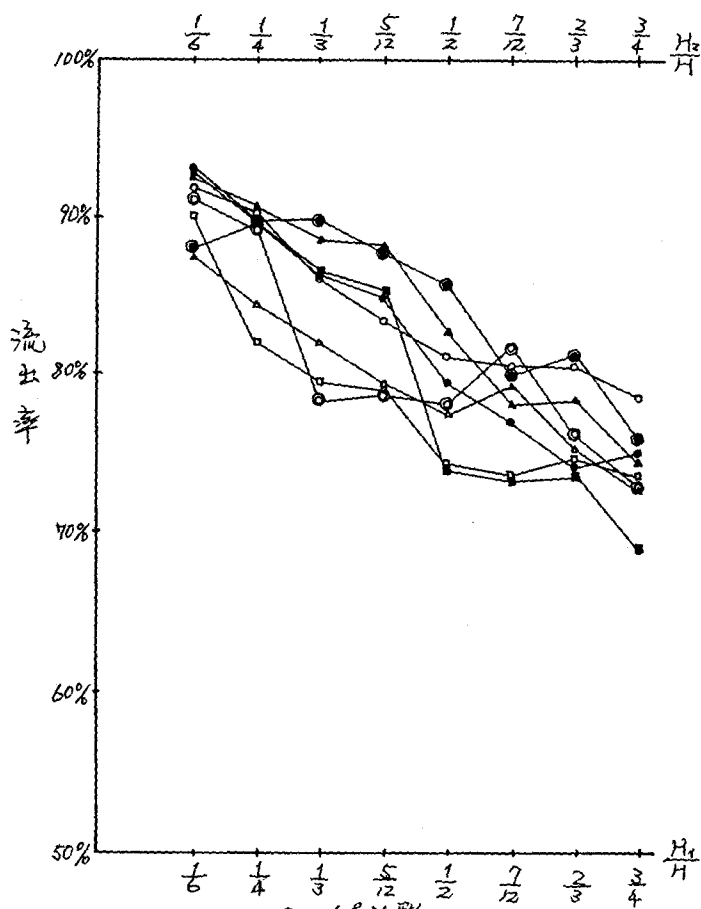


図6 BタイプX型

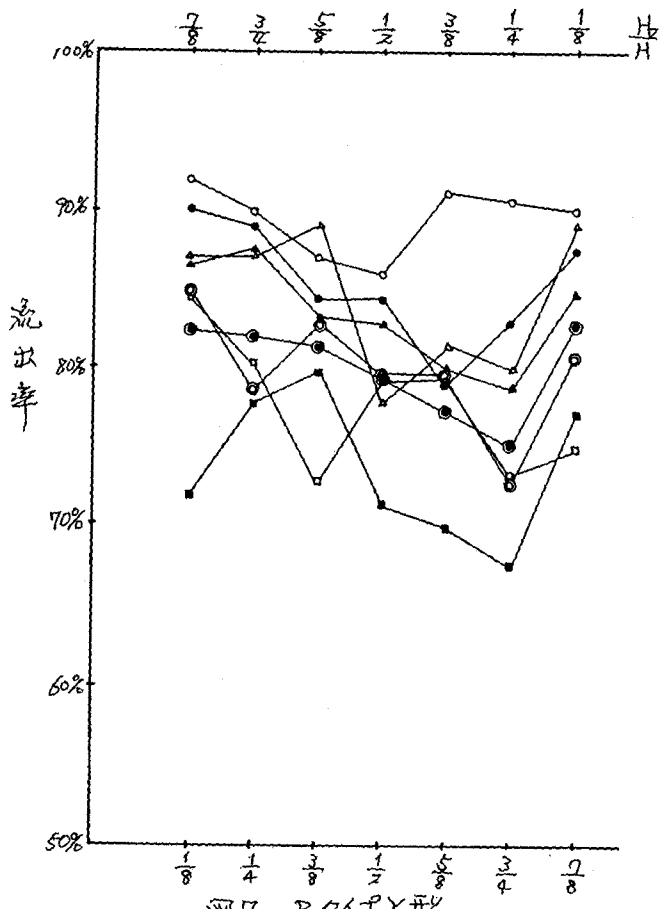


図7 BタイプY型

謝辞

本研究の遂行に当たって主として実験を担当して戴いた東京水産大学海洋環境工学科4年生で環境水工学専攻（当時：現（株）広和勤務）の中西一君のご努力に深甚の謝意を表します。

参考文献

- (1) 影山芳郎、大坂英雄、山田英己：平面上に置かれた透過壁立方体周りの流れの可視化：水産土木、18巻2号、1982
- (2) 加納敬：ガブチコヴォ・ナジマロシュ水力発電プロジェクト：土木学会誌 72巻1号、1987
209-214, 1987
- (3) 細野成一、藤沢康雄、岡田宏、川口彰久、本間義教：増殖用ブロック周辺の洗掘影響調査：大林組技術研究所報 No. 31, pp. 41-45, 1985
- (4) Ivicsics, L.: Hydraulic Models: pp. 98-105, Water Resources Publications, 1980
- (5) Kano, T., Kumano, T., Abe, T.: Studies on Local Scouring Protection Works of Artificial Fishing Reef by means of Aerial Flow Model: Proceedings of 6th Congress of APD-IAHR, Vol. 4, pp. 129-136, 1988
- (6) Sumbal, J.: Problematika Podobnosti Pri Aerodynamikom Modelvani Riecných Procesesov: pp. 81-103, Vyskumny Ustav Vodohospodarsky. 1966
- (7) 加納敬、本城豊、川本博文：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, 1987