

高透水性汚濁防止膜に関する実験的研究

Physical Model Studies on High Permeable Silt Protector Sheet

加納 敬*, 鈴木雅之*, 安井章雄**

Takashi.Kano, Masayuki.Suzuki and Akio.Yasui

Abstract

Silt protector sheets are widely used in order to prevent environments of surrounding area to underwater construction sites from diffusion of rolled up sediment load by the execution of works. Infiltration capacity of the silt protector sheets which being applied at present are almost the same as Darcy's permeability coefficient of fine sand. So that, careful consideration is necessary to install the sheets at the place of high flow velocity. High permeable silt protector sheets were developed for the place of big discharged such as inflow point, junction. Hydraulic experiments were carried out in order to prove the permeability and silt diffusion protection capacity of new high permeable silt protector sheets. Permeability of new sheets are more ten times of usual sheets, and silt diffusion protection capacity are 1/3 of usual sheets.

緒言:

汚濁防止膜は水中工事によって巻き上げられる堆積土砂が拡散して周辺環境を損ねることを防ぐために工事区域の周りに張り巡らされる膜構造物である。膜はおおむねキャンバスシートやテント地が用いられ、素材の性質上、その透水性はきわめて低い。試験の方法はつまびらかではないが、ダルシーの透水係数で 10^{-2} cm/s程度の透水性であるといわれている。汚濁防止膜には自立式、垂下式、浮沈式、大潮汐用、大水深用、バケット型など、周囲の条件によっていろいろなものが適用されている。しかし、これらはいずれも水中工事で巻き上げられた土砂の拡散を防ぐためのものである。最近ではこの他、幹線水路や池、湖沼、海洋などへ多量の土砂などの汚濁物質を含んだ水の流入による汚濁の拡散を防止することも必要となっている。このような個所に敷設する汚濁防止膜は、汚濁拡散の防止機能は多少犠牲にしても外部からもたらされた多量の流入水を速やかに通過させることが必要となる。そうでないと、膜の内外で水位差がついて膜が流されたりあおられたりして汚濁をより広く拡散させることになってしまうのである。そこで、透水性を高めるために、細いナイロン糸を3次的に編んで生地内部に大きな空隙をもたせたもの(SK-1020: No.1と呼ぶ)及び織布に規則的に正方形の、糸を渡しただけの不織の部分をもうけたもの(WK: No.2と呼ぶ)の2種類の高透水性汚濁防止膜を試作してこれらの透水性と汚濁拡散防止機能を実験的に確かめ、従来の汚濁防止膜(SPS-#300: No.3と呼ぶ)と比較した。

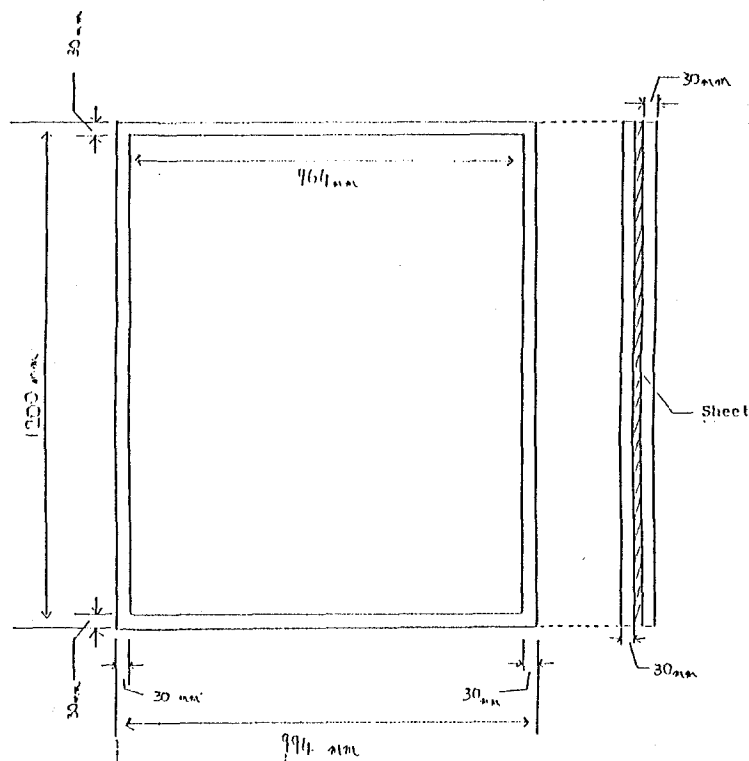
実験の装置:

実験には東京水産大学水理実験棟の流水水槽を用いた。流水水槽の断面形は幅1.0m、高さ1.5mの長方形断面であり、延長は25mである。この水槽は流量及び水位のパソコンによる自動制御システムが装備されており、少ない人手で効率よく実験が行なえるようになっている。

この水路の中に図1に示すようなステンレススチール製の枠に挟んだ供試体の膜を取り付けて透水性ならびに汚濁拡散の防止効果を測定した。透水性に関しては、膜の上下流の流速を電磁流速計で、同じく水位を自動水面追尾式水位計で測定し、スクリーンの損失係数を定義するとされるkirschmerの式

$$\Delta h_r = h_r + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right) = f_r \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

* 東京水産大学海洋生産学科、** 太陽工業(株)技術開発室



を準用して膜の透水性を検討した。また、水路に図2に示すような汚濁水注入装置を設置し、浚渫土を用いて 50g/lの濃度の汚濁水を調製してこれをこの装置から水路に注入して流下させ、図3のような位置で水路の流下水を小型ポンプで採水した。このサンプルはJIS K 0102にしたがって土砂濃度を測定し、汚濁防止の効果を評価した。図5において膜の上流側と下流側2点の採水深さが違っているが、これは膜の上流側では注入汚濁水は底面を這って下流側のように底面上30cmまで上昇するということではなく、下流側と同じ深さから採水すれば上流側では汚濁の濃度が0ということになってしまうので、上流側については底面上 3cmで採水した。

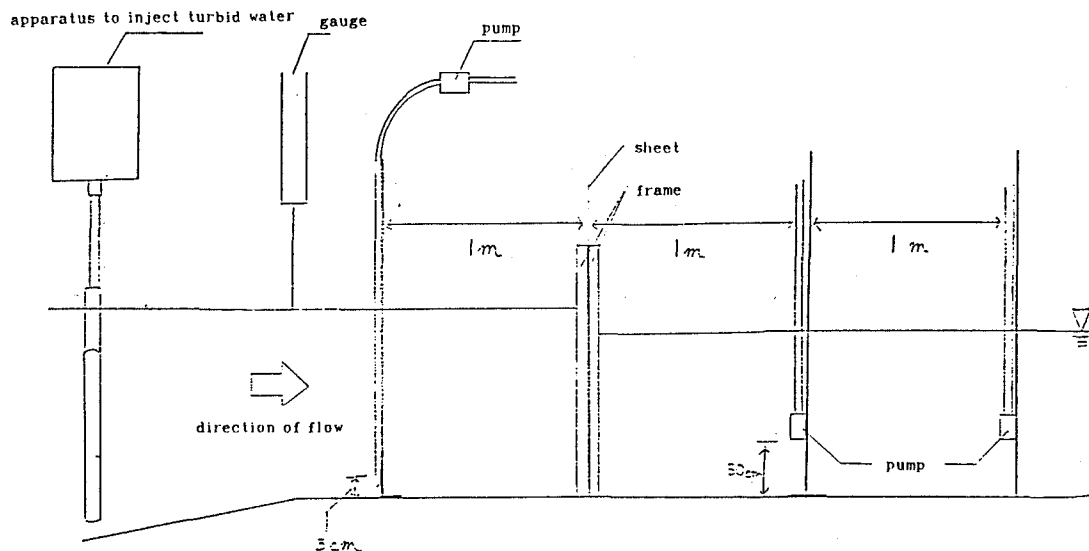


図3 装置の配置図

実験の結果

(a) 透水性について

Kirschmerのスクリーン損失係数 f_r は発電所やポンプ場、河川や水路からの取水口などに設けられた塵よけスクリーンによる水頭損失を算定するために提案されたものであり、塵が溜まってくるとこの値は飛躍的に大きくなるとされている。この実験において流れの横断方向に膜を張った状態はスクリーンと引き較べて考えてみると、全断面にびっしりと塵が溜まった状態となり、 f_r の値は非常に大きくなることが予想される。この実験結果を上流側流速に対する f_r の値として図示すれば図4のようになる。図4においてNo.3の膜に対する実験の個数が少ないが、これはNo.3の膜は従来の膜であり、透水性が低く流速を上げるために水路に供給する流量を多くしてゆけば、或る限度を超えると水路に設置した図1の枠を越流するようになってしまったため、それ以上の実験を中止して次のケースに進んだからである。図4においてNo.1およびNo.2の膜の f_r の値はほぼ同じであり、かつ上流側流速 v_1 の増加に対して同様な減少ならびに漸近傾向を示している。このことから、No.1およびNo.2の膜は断面内にほぼ同じぐらいの空隙を持つらしいということが推察される。また、No.3の膜に対する実験データが少ないので断言はできないがNo.3の膜の上流側流速の変化に対する f_r の値の変化は他の二つの膜におけるそれを上方へ平行移動したのようになる。さらに、上流側流速に対して f_r が変化する理由としてはレイノルズ数が影響しているものと考えられ、レイノルズ数がある限界値を越えれば f_r は一定になってしまうもののである。このように考えると、No.1およびNo.2の高透水性汚濁防止膜はこれまでの汚濁防止膜に比べて約10倍も高い透水性をもつものと考えられる。このため、No.1もしくはNo.2の汚濁防止膜を用いることにより、従来のNo.3の汚濁防止膜に比べて10倍程度も高い透水性が期待できるので、適用可能範囲が広がるものと考えられる。

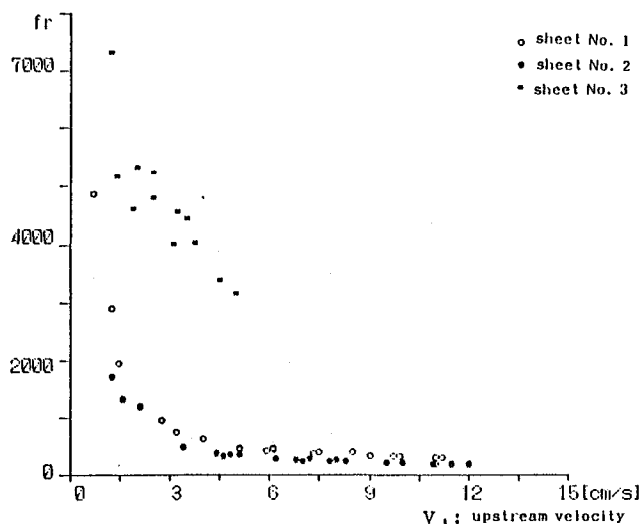


図4 上流側流速に対するスクリーン損失係数の値

(b) 汚濁防止機能について

汚濁防止機能については水路に設置した汚濁水注入装置から浚渫土を用いて 50g/l の濃度に調製した汚濁水を流下させ、汚濁防止膜の上下流での水路の汚濁濃度を測定することによって評価した。約 50l の汚濁水を図 2 の装置から連続的に注入し、注入が続いている間に表層は柄杓ですくいとり、また上流側の底面上 3cm および下流側の 2 断面での底面上 30cm の点からの採水には小型ポンプを用いた。採水点はいずれも断面の中央である。汚濁水注入の継続時間は約 7 分間であった。この実験の結果を図 5 に示す。図 5 は図 4 における上流側流速 3cm/s のときの濃度の状況であり、これ以上流速が速、ときも逆に遅いときでもほとんど同じ状況を示した。なお図 5 では高透水性汚濁防止膜では No.1 も No.2 も同じ値を示したので煩雑をさけるために高透水性汚濁防止膜については No.1 で代表させた。図からも No.3 の汚濁防止膜では透水性が低いために水および汚濁土砂粒子をせき止めて、膜の上流側の底層の汚濁濃度を No.1 の膜と比較して高めることがわかる。逆に No.1 の膜は高透水性で、水とともに汚濁土砂粒子をもより多量に下流側にもたため、および膜の糸による流れの乱れの効果、さらには流れにより膜全体が下流側に湾曲させられるために、その湾曲面に沿って生ずる上昇流によって下流側では汚濁防止膜を流下した汚濁土砂の界面は浅くなる。実験の観察において No.3 の従来の汚濁防止膜においても流れの途中に膜を設置したことにより、膜の下流側で汚濁は巻き上げられていた。すなわち、膜を設置したためにかえって汚濁土砂が攪拌されたことを示している。このことは汚濁が広がるという意味では好ましくない現象であるが、高透水性汚濁防止膜でほぼ 1/5 程度に引き下げられた汚濁土砂を流水断面内へ拡散希釈させるという意味で考えると望ましいことといえるのかも知れない。

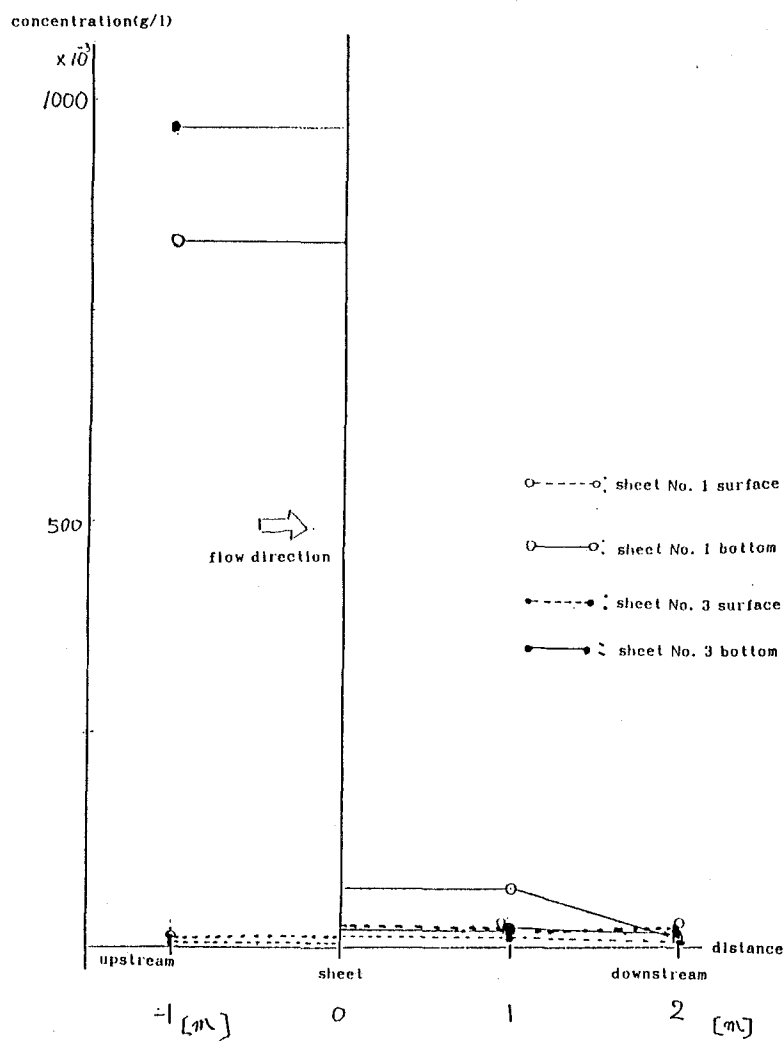


図 5 膜の上下流における汚濁濃度

結論と今後の課題

この実験の結果、新しく開発された高透水性汚濁防止膜は現在水中工事現場において汚濁拡散防止のために広く用いられている汚濁防止膜に比べて約10倍の透水性を持つことがわかった。ただし、これは Kirschmerのスクリーンによる水頭損失の算定式を準用したものであり、可撓性の材料である汚濁防止膜による水頭損失係数の算定を材質、形状によって合理的に算定・推測して設計に役立てることが必要となろう。汚濁土砂の抑止効果は従来の汚濁防止膜に比較して約 1/5となった。また、これは従来の汚濁防止膜においても認められたことであるが、膜の下流側では膜を通過した汚濁土砂が上昇させられる傾向がある。このことが避けられることか否か、避けられ得るならばどうすればよいのか、また、避け得ないのならばこの現象を汚濁の希釈や拡散防止にどのように役立てるかということの研究が必要となるものと考えられる。さらに、化学的吸着作用と物理的遮蔽作用との分離は困難であろうが汚濁防止膜の汚濁遮断量の定量的評価法の確立も今後必要となつてこよう。そして今後さらにいろいろと開発されると思われる、今回実験の対象としたこれら以外の高透水性汚濁防止膜の透水性および汚濁防止効果について算定できるような公式を樹立することが望まれる。