

熊本大学工学部

正 員

榎 本 貞 治

同 上

○ 坂 田 康 徳

学 生 員

藤 村 直 樹

1. はじめに、 有害物質を含む底質汚泥を浚渫によって除去しようとする場合、最も心配される事は、底質汚泥中に落付いていた有害物質が浚渫による海底攪乱によって海中へ拡散し、海水中の有害物質の濃度を高り、ひいては、直接、間接的に人体に悪影響を及ぼす事である。浚渫時における海底の攪乱現象は、水深が浅い場合、船体の動揺、推進器の回転、表面波浪、送泥水管よりの漏水による海水汚濁等もあるが、主に浚渫機具による海底掘削時に生ずるものである。又、送泥水管よりの漏水等による海水の汚濁は施工管理を厳格に行う事により防止する事が可能である。一般に軟弱な堆積汚泥等はポンプ浚渫による場合が多く、この場合、海底の攪乱によってポンプ吸込口周辺に生ずる濁水をいかに少なくし、且つ排除するかが問題となる。

本論では、先に発表された浚渫吸込口における汚泥の拡散についてに引続いて、この吸込口周辺の流れについて若干の実験並びに検討を試みたので報告する。

2. 吸込口周辺の水理

(1)、ポテンシャル線、流線及び等流速線、 浚渫吸込口周辺の流れは壁面に接近して1個の吸込口が存在する場合の流れであり、流体を完全流体と仮定して鏡像理論を用いて流体力学的に3次元解析するならば図-1のように1個の対称面を中心にして2個の吸込口 $A(-d, 0)$ 、 $B(d, 0)$ がある場合の流れであり、任意点 $P(x, R)$ への A 、 B からの動径 r_1 、 r_2 、仰角を θ_1 、 θ_2 、吸込みの強さを等しく m とすれば、ポテンシャル函数 ϕ 、及び流函数 ψ は

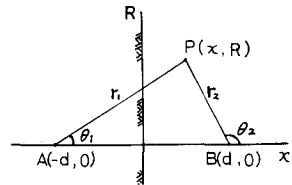


図 - 1

$$\phi = -\frac{m}{r_1} - \frac{m}{r_2} \quad (1)$$

$$\psi = -m \cos \theta_1 - m \cos \theta_2 \quad (2)$$

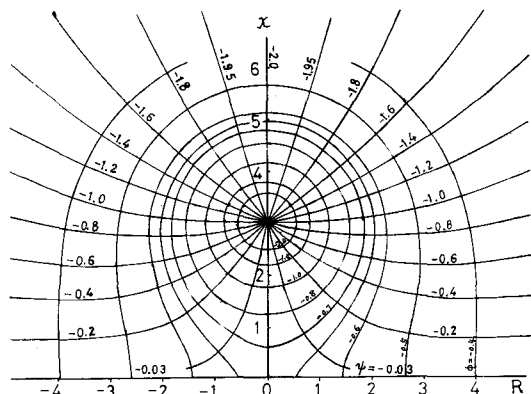
(但し、 $m = Q/4\pi$ 、 Q : 単位時間当吸込流量) である。(1)式を x 、 R で微分すれば x 方向、 R 方向の流速 u 、 v が得られる。

$$u = -\frac{\partial \phi}{\partial x} = -\left(\frac{m}{r_1^2} \cos \theta_1 + \frac{m}{r_2^2} \cos \theta_2\right) \quad (3)$$

$$v = -\frac{\partial \phi}{\partial R} = -\left(\frac{m}{r_1^2} \sin \theta_1 + \frac{m}{r_2^2} \sin \theta_2\right) \quad (4)$$

流線方向の流速 $V = \sqrt{u^2 + v^2}$ で求められ、これ

に (3)、(4) 式を代入し、吸込管内流速を $\bar{V}_0$ として計算整理すると



$d = 3$ 、 $m = 1$ の場合のポテンシャル線及び流線図 (3次元)

図 - 2

$$V = \frac{V_0}{4r_1r_2} \sqrt{(r_1+r_2)(r_1^2+r_2^2) - 4r_1r_2d^2} \quad (5)$$

を得る。\$r_1, r_2\$ を \$x, R\$, \$d\$ で表わし吸込管半径を \$r\$ とし無次元量 \$V' = V/V_0\$, \$\eta_d = d/r\$,

\$\eta_R = R/r\$, \$X = x/r\$, \$S_1 = \sqrt{(X+\eta_d)^2 + \eta_R^2}\$, \$S_2 = \sqrt{(X-\eta_d)^2 + \eta_R^2}\$ を用いて表わすと

$$V' = \frac{1}{4S_1S_2} \sqrt{(S_1 + S_2X)(S_1^2 + S_2^2) - 4S_1S_2\eta_d^2} \quad (5')$$

となる。図-2 は (1) 式, (2) 式を \$d, x, R\$ で表わし \$m=1\$ とし計算し、又図-6 の実線は (5) 式を計算して得られたものである。

(2), 方向性を考慮した吸込口周辺の流れの流線及びポテンシャル線 (2次元の場合)、上述の事は全て吸込口を点吸込であると仮定してのものであるが、実際には海水はパイプの片端から吸込まれるのでパイプの吸込口を極所的にみた場合、当然吸込まれる方向を考慮すべきであるが、このような壁面に接近した状態にある吸込口に方向性を考慮した3次元の流れのポテンシャル函数及び流函数を導く事は理論的に困難であるので、ここでは

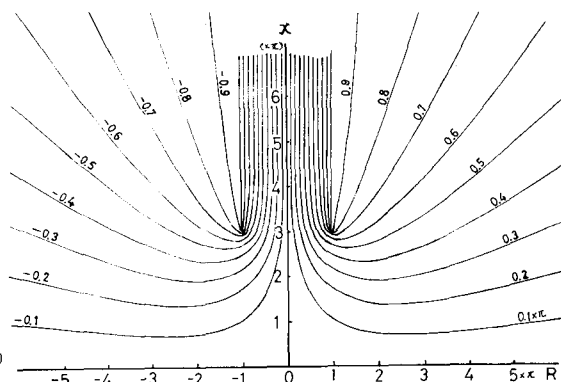
2次元の場合について考えてみた。すなわち、等角写像の理論を用いて \$w(\phi, \psi)\$ 平面より帯状空間内の平行流を \$z(x, R)\$ 平面上の無限に広い空間内に1個の方向性を持った吸込口 (又は吹出口) が存在する場合にそれに変換する式 \$z-a = w_1 + e^{w_1}\$ と \$-i(z-a) = w_2 + e^{w_2}\$ (但し、\$w = \phi + i\psi\$, \$z = x + iR\$) を \$z\$ 平面上で

同時に画き、その流線 (又はポテンシャル線) が互に交わる交点における \$\psi = \psi_1 + \psi_2\$ (又は \$\phi = \phi_1 + \phi_2\$) の値が等しくなる点を連ねて行

けば、2次元の場合の壁面に接近して方向性を持った吸込口周辺の流れの流線 (又はポテンシャル線) を作図する事ができる。図-3 はこのようにして得られた流線図である。

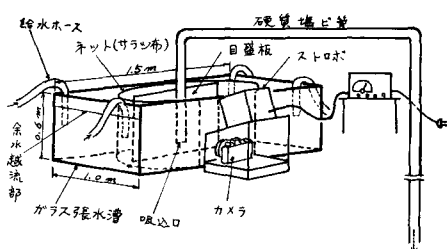
3. 実験、 (2-1) で求めた流線は流体を完全流体で且つ、吸込口を点吸込であると仮定してのものであるが、実際には粘性等の影響もあり、又モデルの想定と実際とは異なる面もある。そこで、吸込口周辺の流れをより把握すべく簡単な装置を考案して実験を行ってみた。

(1), 実験装置及び実験、 図-4 のようなガラス張水槽の中央にサイフォンを応用した硬質塩化ビニール管の吸込口を底面に垂直にセットしその管軸を通して目盛板を挿入する。又、管の周囲には適当な距離置いて水流の乱れを防ぐ為ネット (サラシ布) を張り、給水は四隅からホースを用いて行い、Hed差を一定に保つ為水槽の一端をオーバーフローさせる。正面にガラスを通してカメラ及びストロボを設置し、上端はトレー



方向性を持った吸込 (又は吹出) 口周辺の流線図 (2次元)

図-3



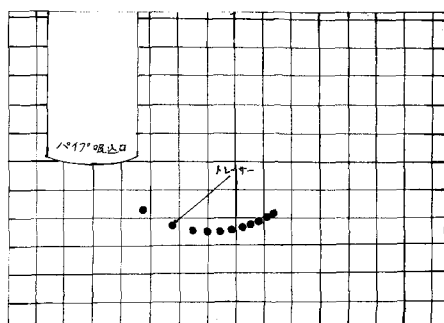
実験装置

図-4

サー投入用の窓のみを残して全て暗幕で覆う。

トレーサーはキッレンと四塩化炭素を4:1に配合し、これに少量の蛍光塗料を混ぜその比重をできるだけ水の比重に近づけたものである。

実験はまず管内流速 v を重量法によって測定し、次に吸込口と底面との間の距離 d を吸込管半径 r の倍数で変化させてそれぞれ水の場合についてトレーサーを流して測定する。ストロボの点滅間隔は600RPM(1/10秒間隔)とし、カメラはトレーサーが吸込まれて行く約2~5秒間ぐらいいを開放する。このようにして得られた写真(模写)の一例が図-5である。



吸込実験によって得られた写真の模写
図-5

(2), 実験結果及び理論値との比較。流速の解析は得られた写真の点と点の間の距離を測定して計算し、その中点の座標をその流速が発生している点の位置であると仮定して行う。図-6-1, 図-6-2, 図-6-3はそれぞれ $\eta_d=1$, $\eta_d=3$, $\eta_d=5$ の場合の実験値及び理論値である。

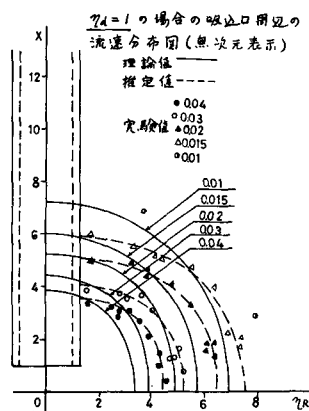


図-6-1

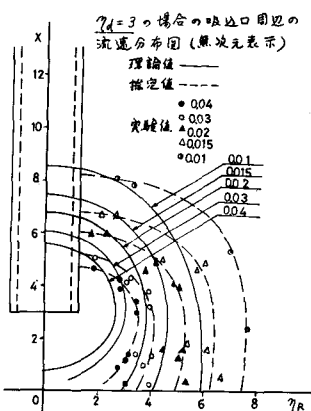


図-6-2

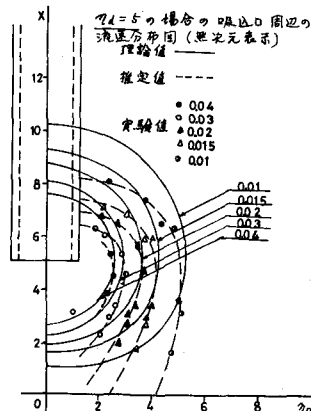


図-6-3

(3), 考察。この実験では管軸にそって目盛板を挿入した為、目盛板に接近したトレーサーは水の粘性摩擦等の影響により十分な流速を出し得なかつた事が考えられる。又、トレーサーの玉が過大に成っても流れに乗る事ができないであろう。これらの写真を基に流速解析を行う場合、点と点の間の距離を直線的に測りこれを時間で割ってこの時の流速とし、又その中点を取ってその流速が出ている点としたが、トレーサーは吸込口に近づくにつれて時々刻々速度を増大させ、しかもその流路は流線に沿って益々曲率を増大させる為、吸込口より比較的遠くにあつて相隣る点間の距離が小さい間は誤差が小さいが、点間距離が大きくなる吸込口近傍では誤差が大きくなる事が考えられる。又、カメラと被写体間距離は60cm程度である為トレーサーが目盛板とあまり離れ過ぎても都合が悪く、このようなのはできるだけ排除した。

これらの諸事情により実験値には多少のバラツキが見られ、又不合理な点も考えられるが、そのおおよその等流速線形状を知る事ができた。この図-6を見て判る事は、吸込口の上面では実験値から推測される等流速線が図式によって求められた理論値に比べて内側に偏っており、逆に、側方あるい

は底面に近い方では外側に広がっている事である。この事は、上方より流れて来る水は側方あるいは下側より流水て来る水に比べて流速が小さく、且つ、吸込口からの距離が大きくなれば益々吸込口の影響が小さくなる事を示している。これは管壁との摩擦、水面の影響等もあるけれども、モデルと実際とのもっと根本的な相違つまり吸込口が方向性を持つ事にあると推測される。その理由として逆の吹出しを考えてみた場合、上方のパイプに沿う部分あるいはその近くはいわば流れの陰の部分に当り、この部分に水分子が到達するには流向を 180° 回転する必要がある、当然この部分へ流れ込む流量は少なくなると思われるし、この逆も同様であろう。

図-7は図-6の実験値を基に一つの等流速線が η の変化でどのように変わって行くかを示したものである。こ

の図中一点鎖線は η が0から η までの間を終始変動しているとした時にその流速 V' 以上の流速が起り得ると考えられる境界線である。この図から下方の流速は η の変化に非常に敏感に影響を受けるであろう事が判る。

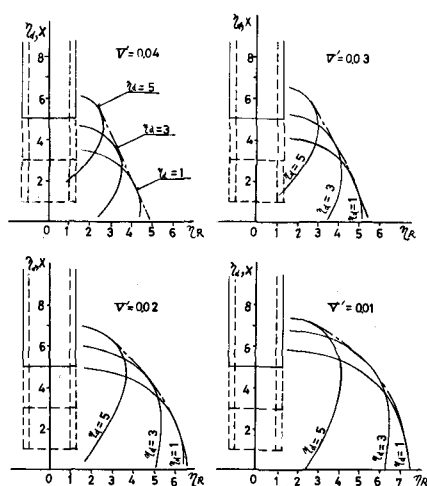
図-8は同様に図-6の実験値を基に吸込口の直下の点0より横方向への距離 η を固定して η を変化させた場合の流速変化の状況を示したものである。この図より $\eta=5$ 付近で η の変化による影響はおおよそ無くなる事が判る。又、 η が大きくなるにつれて η の変化の影響は次第に小さくなりその範囲は内側へ偏って行く傾向がある。しかしこの事は η がさらに大きく成った場合には吸込口周辺の流れはある定常状態に近づくと考えられる然るこの範囲もある限界以上には小さくなるまいであろう事が考えられる。

4. むすび、本論では本研究の目的である澄渾時に吸込口周辺に生ずる汚濁水をいかに少なくし、又排除するかに対する結論には達し得なかつたが、十分な実験ではあるが、その目的に到達する為の若干の資料は得られたものと信ずる。近年、公害問題、特に製紙工場から出される大量の廃棄物や重化学工場から出される有害物を含んだ廃棄物等が年々繁殖され、今やその処理対策に頭を悩ます段階において、土木工学的見地から見て、澄渾あるいは理立てによるこれら廃棄物の処理工法はかなり有力な手段と考えられる。ここにこの方面における研究のより一層の発展を期待する。

参考文献 1) 三池亮次：澄渾吸込口における汚濁の拡散について、昭和47年10月

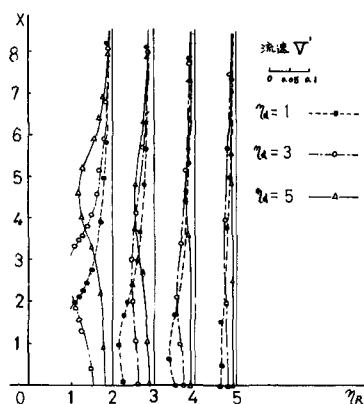
2) 友近晋：流体力学、共立出版、昭和26年、3) 岡本哲史：応用流体力学、誠文堂新光社、昭和41年

4) 原田幸次：流体力学、横書店、1966年、5) 物部長徳：水理学、岩波書店、昭和26年



ηを変化させた場合の一つの等流速線V'の変化、及びV'以上の流速が起り得る境界線(一点鎖線)、(実験値、無次元)

図-7



ηを固定してηを変化させた場合の流速の横方向分布の変化(実験値、無次元)

図-8