

14 河口導流堤の効果に関する若干の実験的考察

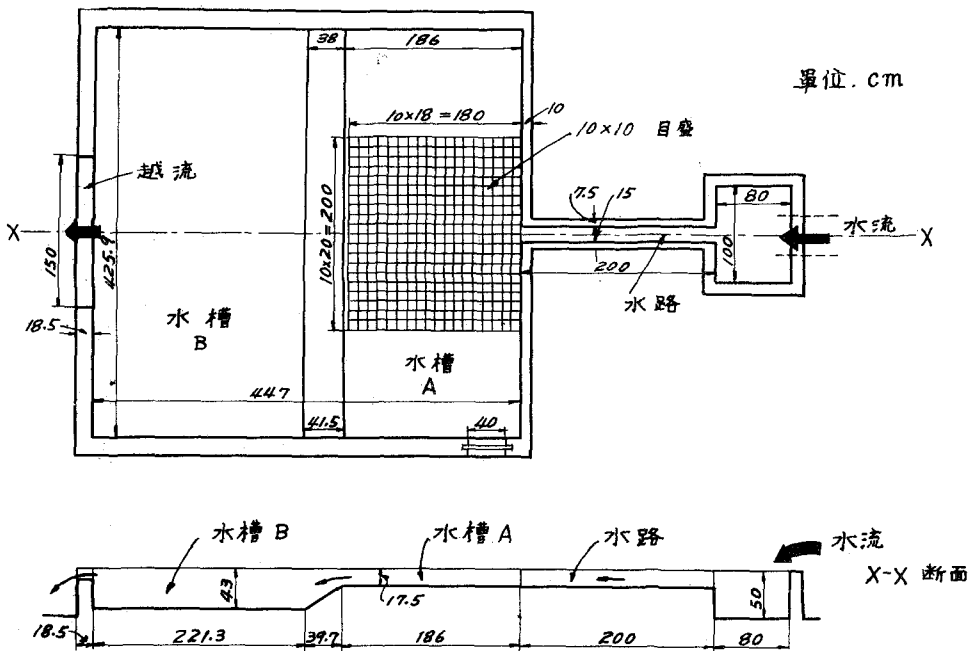
徳島大学工学部 正員 久室 保

1. 概説

河口の閉塞処理として導流堤を設けた場合に、海洋からの作用と洪水流などの河川流による作用について考慮されねばならない。本考察は前年度に引き続いて、海洋からの作用を一定にし、洪水流が導流堤によっていかなる状態で海洋に出るかという点について、若干の実験的考察をしたものである。

実験は昨年度と同じく、図-1に示すような水槽により、これに3馬力の motor 直結の pump で水を移動させ、手製の Pitot-tube で流速を測定し、写真によって水流の状態を解析することとした。導流堤は cement mortar で作り、直線型と2曲線型の3種を用いた。

図-1 水槽一般図



2. 主流の蛇行

海洋の水があまり動かない状態のときに、河川より流出する洪水流がかなりの流速をもっているとき、速度の不連続により、vortex-sheet が生じ、これが発達して Kármán 型の渦が発生しやすく、主流が蛇行することになり、これについては実験的にも容易にみられる。勿論この主流の蛇行の実験は水槽の大きさなどにも支配されるであろうが、下記の

3葉の写真からても明らかである。

このような主流が生じなければ、河口の土砂が海洋の深みに運び出されずに、導流堤の先端で直ちに堆積して、河口が閉塞されることになる。ゆえにこうした主流を生ぜしめるような導流堤が、河口閉塞処理には有効であるといえる。またその写真より河口には射流による三角波の定常波と、河川流の主流の直進部分とがみとめられる。おそらくこの射流と主流の直進とが、その主流の発生に関連するものと思われる。したがって、低水時にこの射流および河川流の直進がなければ、河口は海洋の沿岸漂砂などで閉塞されやすいと考えよう。

ゆえに射流となる導流堤の巾 B は、

$$B < \frac{Q}{g \alpha y^{1.5}}$$

で与えられる。ただし Q : 洪水流量, g : 重力加速度, y : 水深である。

射流が常流にちるとき shock wave を生じ、水流は少くともそこまでは直進する。この直進する長さは、河口の巾が同じでも、流速によつて変わるはずである。いま写真-1 のような直線型平行導流堤の先端から、shock wave を経て直進部の長さとして、大体の平均流速との関係を、流量を変えて写真から測定すると、図-2 のようになり、流速が増加すると、直進部の長さが大きくなることとわかる。

この直進部の流れが、河口漂砂を運び出すのに有効な

写真-1

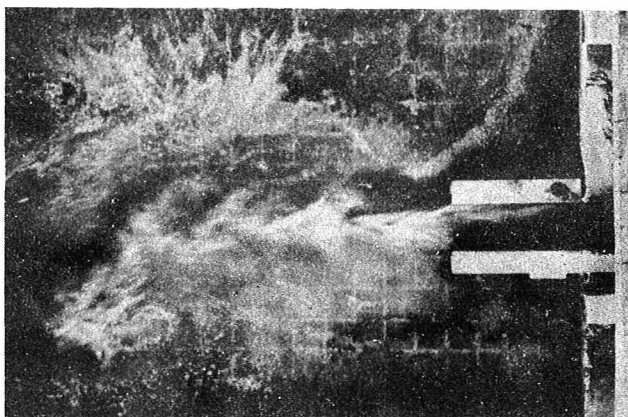


写真-2

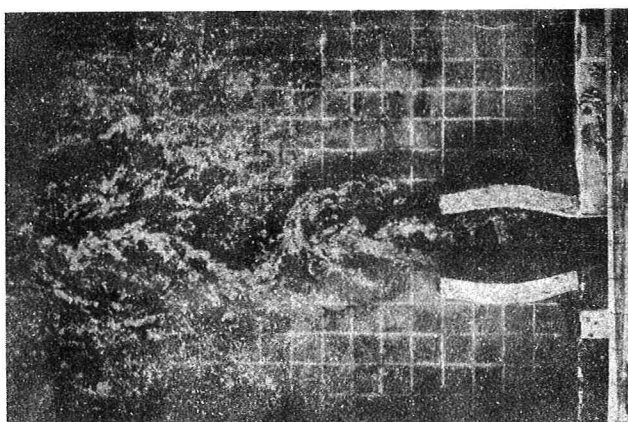
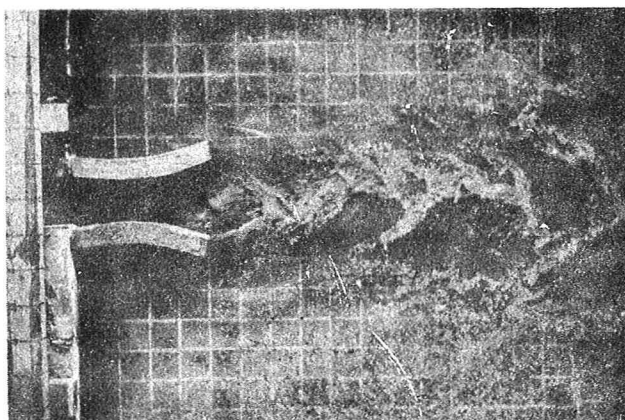


写真-3



要項となるといえる。その点から考えてもなお河口の流速は許される範囲で大きい方がよいであろう。

直進部を経た主流は渦の作用で蛇行し、ある範囲を直進したりた石にぶれて流れる。その範囲を主流の拡散部とよぶこととすると、この部分の底床の土砂は、その主流によって洗掘されたり、さらに海床深部へ土砂を流出するであろう。すなわちこの拡散部もまた河口閉塞に関連する部分といえる。いま実験によつて、前と同じく直線

平行導流堤の拡散の中と距離との関係を測定すると、**図-3**の通りである。その測定の上位は流量の大きい場合で、その下位は小さい場合を示し、流量によつてその拡がり多少相異している。また**図-4**は直線と二つの弯曲導流堤の同じ流量に対する拡散の状況を比較したものである。この図より導流堤の形やその出口の中で拡散部が多少相異しているが、いずれもよく似た曲線を示している。いまこの拡散部の形状を、**図-3**の曲線によると、

$$\frac{l}{D} = \frac{1}{2.4} \left(\frac{B_2}{D} \right)^2 - 0.458$$

となる。ただし、 l :導流堤の出口より距離、 D :河口巾、 B_2 :拡散の中である。この形は昨年度発表した堆砂の拡りの形と一致しており、その0.458の値のみが違つてゐる。¹⁾ またその拡散の拡りを拋物線とすれば Tollmien²⁾の噴流理論の境界線と一致する。さきこの間の主流蛇行による流速変化の周知は平均すると、6.45秒(4.0~9.8秒)となつてゐた。またこの拡りの中 B_2 は流量によつて変化し、つぎの**図-5**のような実験結果をえた。ゆえに、上記の0.458の値が流量で変化するとた

図-2 主流の直進長さ

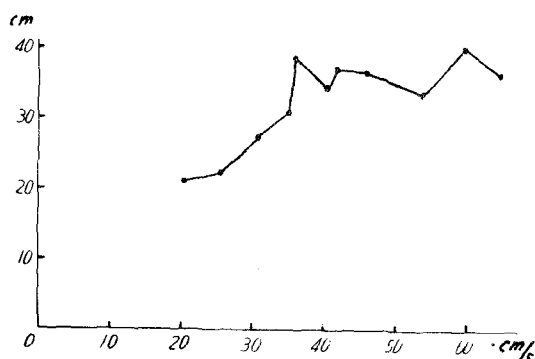


図-3 主流の拡散

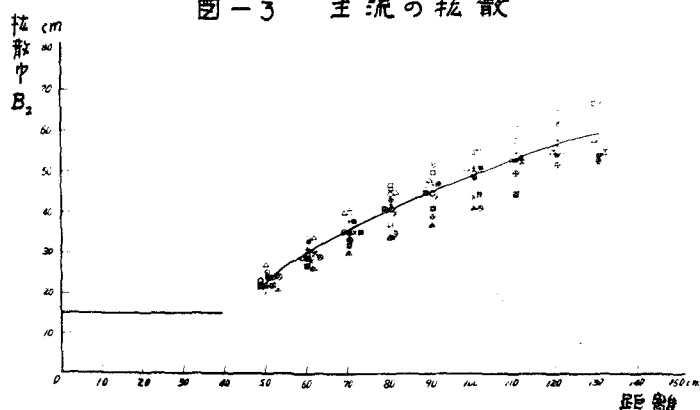
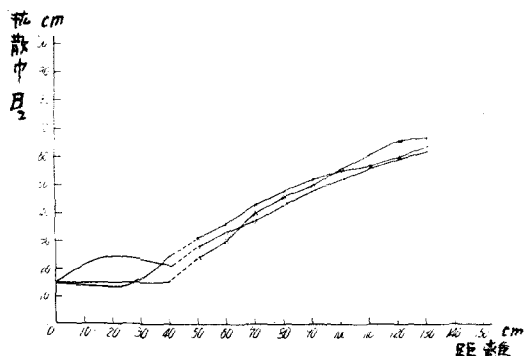


図-4 主流の拡散



えてよいはずである。

こうして主流の蛇行拡散部は、主流を射流として海洋に噴出させると、堆砂を生じない区間ができ、さらにそれより海洋の深部に堆砂部を生ずると考えることができる。

3 主流の流速

主流が蛇行するので、ある点の流速はかなりのちがいに变化する。また水面も動揺し渦を生じ、流速の測定がかなり困難であった。いま手製のピトー管を用いて、各点の10回連続の高流速、低流速を測定しようとした。

ただし静圧は各点の20回連続測定値を平均することとした。

つぎの図-6は導流堤のない場合の全平均流速の測定結果より求めた等流速線図である。従来の噴流理論³⁾多くはこのように全平均流速に関するものであるから、主流の蛇行について十分な考察を下すにはかなりの無理があると思われる。しかし、なお平均流速60 cm/sの部分があり小さくならずに直進していることがうかがわれる。これに対して図-7は同じく導流堤のない場合の低平均流速の測定値の等流速線を示したものである。この結果より、低流速は河口より小さくなら70, 60, 50 cm/s になり小さくなっていることがわかる。したがって、河口より出た水流の運ぶ土砂が、その小さい流速のところで堆積することがわかる。しかし、その堆積土砂が主流の大きい流速で流下させられることが知られるので、図-8に同じく高平均流速の等流速線図を求めてみた。この図が示すように全体的にある程度高流速が直進し、しかる後に流速がや

図-5 拡散巾と流速

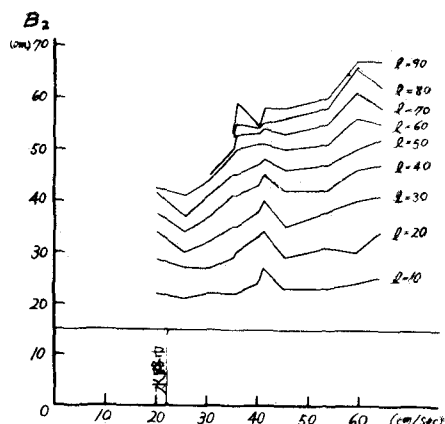


図-6 全平均流速 (1)

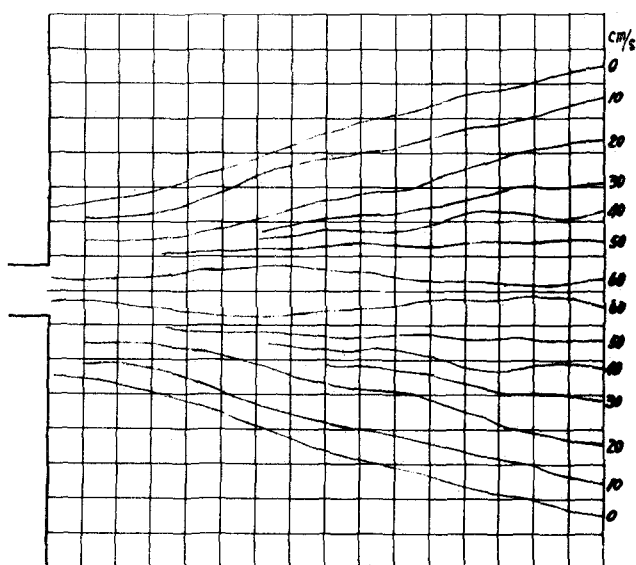
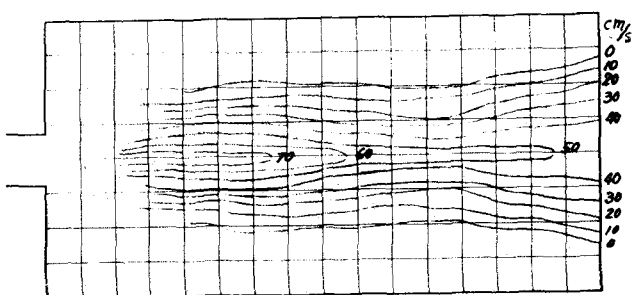


図-7 低平均流速 (1)



や小さくなり、拡散がいちじるしくなることがわかる。

まあこれらの流速は底床より約3 cm 上で全体の平均水深の $1/5$ のところの値である。また Pitot 管の静圧を平均して一定としたので、正しい流速が与えられまい。ゆえに目下そうした流速の測定できる装置を探索中である。

つぎの図-9, 10, 11 は同様に、前と同じ流量で直線型平行導流堤を用いた場合の平均流速を示したものである。図-9 はその全平均流速を示したもので、図-6 の場合に対応している。この図-6 の場合に比して、図-9 の方が中央流速の大きい部分が生じ、射流域が岸よりはなれたところに生じていることがわかる。ゆえに、導流堤を長くした方が、河口閉塞処理には都合がよい。また図-6 を岸より 60 cm ほど平行にずらして図-9 に重ねると、その流速分布図がほぼ一致する。しかるに導流堤の長さは大体 39 cm ぐらいであるから、岸から 39 cm 出した流れと、岸が 60 cm かつた流れとがほぼ等しくなり、導流堤による効果がかなり示されている。図-10 は低平均流速の場合を示したもので、図-7 と比較して大差がない。いいかえろい低流速に関しては導流堤の効果はさほど表われていないこととなる。これに対してつぎの図-11 は高平均流速を示したもので、図-8 に比すと、岸を約 30 cm ずらした場合の流速図と一致

図-8 高平均流速(1)

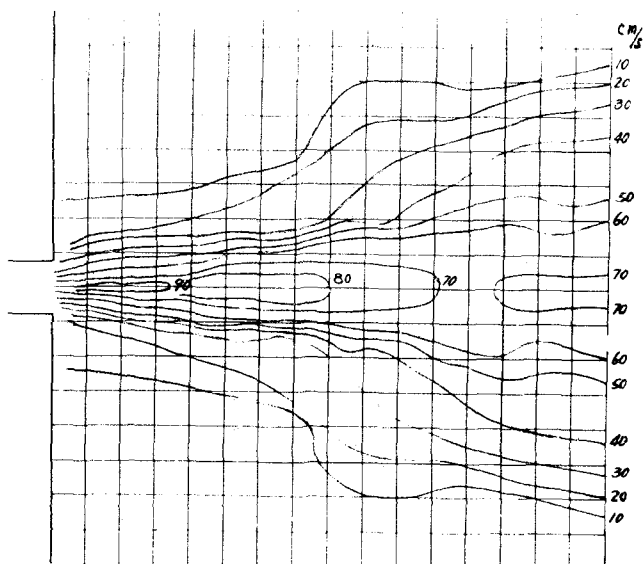


図-9 全平均流速(2)

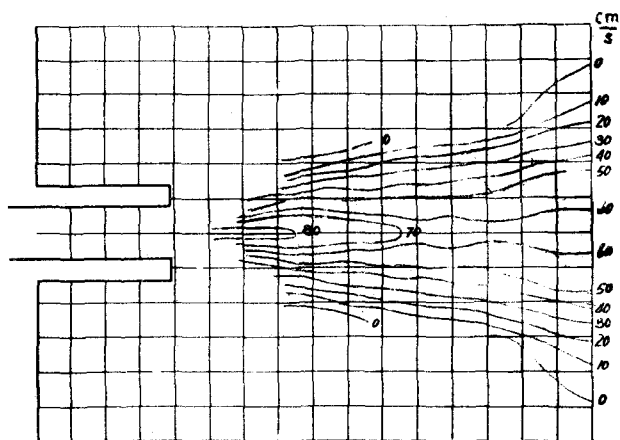
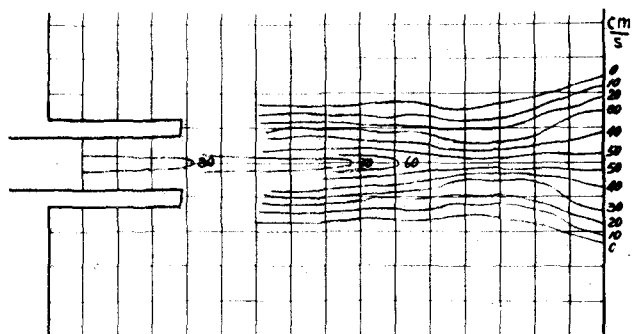


図-10 低平均流速(2)



している。しるに導流堤の長さが 39 cm であるが、高平均流速は導流堤によって、全平均流速ほどには海洋に延長されないものと思われる。このような流速は勿論その流量によって相異なる。つぎの図-12, 13, 14 は同じく直線平行型導流堤で、前の一連のものより流量の少ない場合の流速を示したものである。この場合には勿論流速の海洋への延び方も小さく、高、低、全平均の流速分布の状況もちり似たものとなる。つぎの図-15, 16, 17 は曲線型の導流堤である。その流量は図-6, 7, 8 と同じである。図-15 を図-9 と比較すると、流量は同じであるが、あまり拡散していない。したがって導流堤の先端をやや円滑に拡げながら、流れが集中的である。ただし、その海洋への延び方は直線平行型のものより小さく、約 20 cm ほど岸が延びた場合に相当している。ただ図-17 のように高平均流速の分布は導流堤の出口でやや不規則である。すなわち、こうした拡げた導流堤は主流の蛇行を助成するものと見てよいであろう。さらに後に示した図-18, 19, 20 の三つは同じ流量で内側へ弯曲した導流堤の流速を示したものである。これらの流線の様子をみると、内側へ弯曲した導流堤はいずれも、前の外側へ弯曲したものよりやや拡散はいちじるしく、平行した導流堤の場合に似ている。ゆえに内側へ弯曲した導流堤は直線平行のものより大して勝っているとは思われない。さらに主流の流速も海洋へすすむは

図-11 高平均流速 (2)

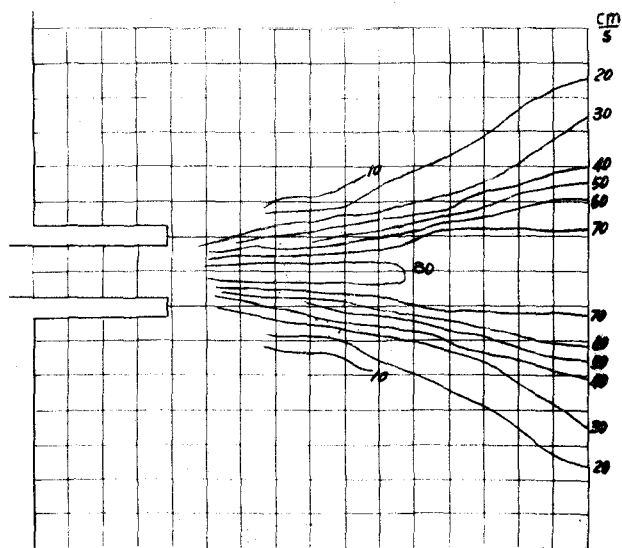


図-12 全平均流速 (3)

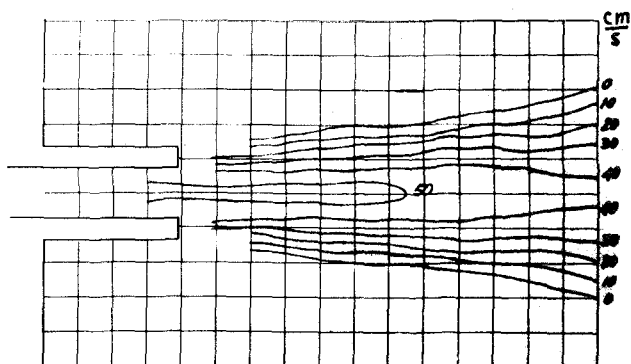
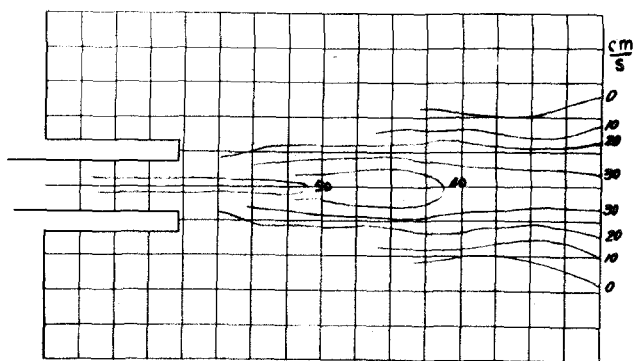


図-13 低平均流速 (3)



どかなり低下するから、河口漂砂を導流堤の出口で直ちに堆積せしめやすいものといえる。

以上の実験より直線平行型の導流堤がかなり有効であることがわかる。

4 Kármánの渦列

主流の蛇行は渦の作用によるが、この渦についての若干の実験的考察をしてみよう。ただし、本実験では安定した渦を発生しない場合も少なくないので、その測定にはかなりの誤差が入っている。また写真の範囲では多くの渦がなく、若干個のものに限って、その間隔を測定することとした。その結果はつぎの表の通りで、主として直線平行型の導流堤の場合に関するものである。なお間隔はす

渦の中心の流れ

方向の間隔 (cm) の半分

22	28	25	24	30
22	18	29	22	37
29	36	24	31	26
25	35	23	28	32
22	26	26	30	32
23	23	32	26	32
25	22	22	24	26

べて岸に直角方向に測った。(※型)

Kármánによると同じ強さの渦が逆回転をして、平行直線上に相互の間隔が等しく、渦の間隔が半分ずつずれた二次元流の渦列が安定であるためには、

$$\frac{D_w}{D} = \frac{1}{\pi} \cosh^{-1} \sqrt{2} = 0.2806$$

となることがわかった。⁴⁾ いま D を河口の中にとると、渦の間隔は 53.456

図-14 高平均流速 (3)

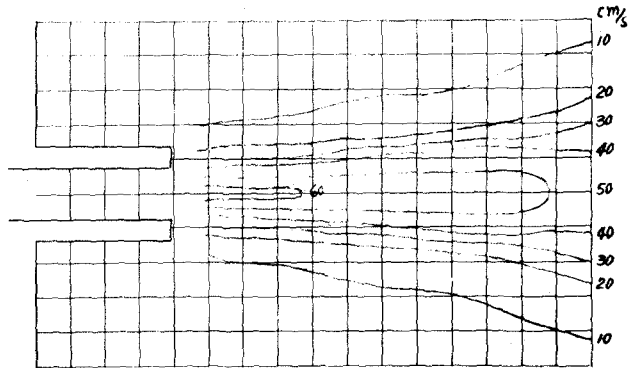


図-15 全平均流速 (4)

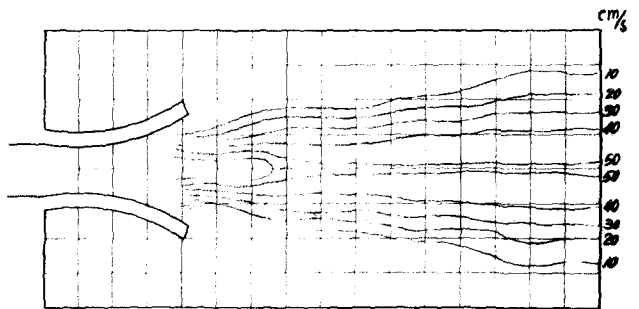


図-16 低平均流速 (4)

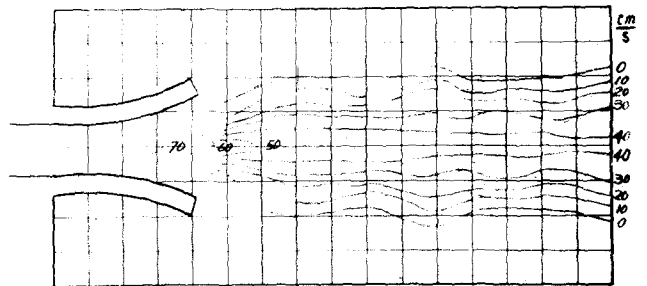
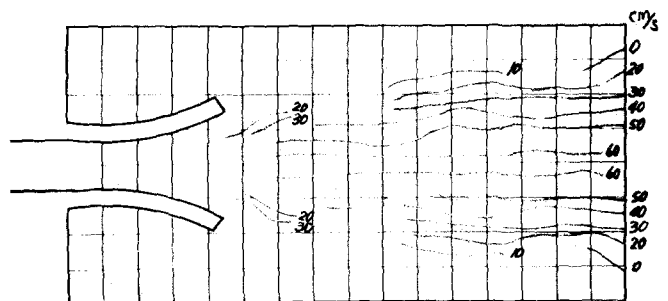


図-17 高平均流速 (4)



cmとなり、その半分の長さ26.778 cmに近い値が表の中に多いことがわかる。上表の平均値をとると、26.771 cm となりほとんど一致する。ゆえに一般に河口主流による渦り間隔が、この関係式で推定できる場合がある。

5 結語

以上のような河川流のみを主とした河口導流堤に関する実験より、概して直線型平行導流堤がよい結果を示すであろうことと、その導流堤の中の設計方法、主流の蛇行性、渦り状況などについて若干の考察を下すことができた。

なおこの研究は、流速計をつくりさらに綿密な実験をおこす、理論的にまとめたものと思っている。目下その流速計を試作している途中である。

本研究は石原藤次郎博士の御指導により、文部省科学研究費の一部を用いてなしたものである。

引用文献

- 1) 久宝保, "導流堤に関する模型実験による考察," 海岸工学講演会講演集 (昭和31年), p. 173
- 2) W. Tollmien, "Berechnung turbulenter Ausbreitungsvorgänge," Z. a. M.M., Bd. 6 (1926), S. 468.
- 3) M.L. Albertson, Y.B. Dai, R.A. Jensen and Hunter Rouse, "Diffusion of submerged jets," Proc. A.S.C.E., (1948), Dec. p. 463.

4) Prandtl-Tietjens, "Hydro- u. Aeromechanik," Bd. II, S. 146.

図-18 全平均流速 (5)

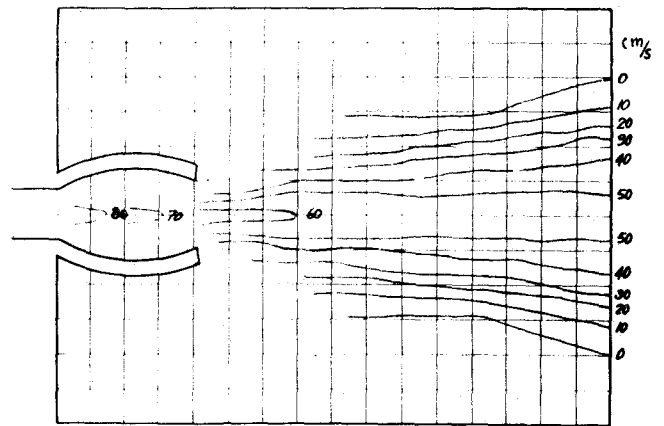


図-19 低平均流速 (5)

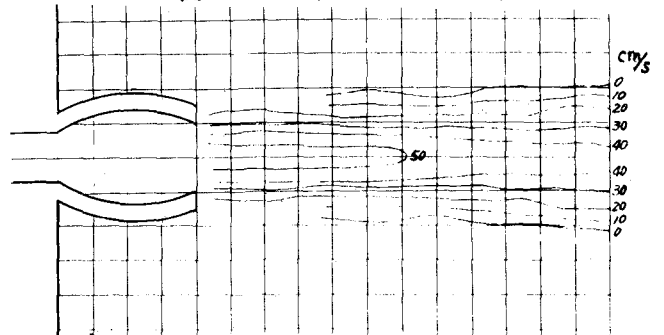


図-20 高平均流速 (5)

