

九州大学 工学部 正員 橋 東一郎

〃 〃 学生員 〇田中 耕一

〃 〃 〃 長江 元義

ま え が き

今迄に直線部に設置した水制の流況について実験及び解析を行なってきたが、水制は河川弯曲部に設置されることが多いので、弯曲部における水制の機能に關する一連の実験を計画している。本文はその一歩として、一個の非越流及び越流突堤について、その流況と河床砂の堆積傾向について実験を行い、若干の考察を加えたものである。

1. 実験装置と実験方法

実験に用いた水路は、巾 $b=100\text{cm}$ の長方形断面コンクリート製であつて、上流 4m 、下流 4.5m の直線水路の間に、偏角 90° 、中心曲率半径 180cm の曲線部が挿入されており、路床勾配は $1/600$ である。

流れの条件は、流量 $25\text{ } \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ 、下流 4.5m を等流水深 $h_0=5.8\text{cm}$ とする。まず、非越流型の場合、使用した水制は長さ $B=20\text{cm}$ で、最初に水制を設置しない場合、水制を外側 0 度、 60 度、 90 度に設置した場合にそれぞれの流速（底から 20cm の奥の内側、外側各 20cm と水路中央の奥の流速）と流向角 φ （水路中央の表面底面の流向）、水位（内側、外側 20cm の奥と水路中央の水位）及び後流渦を測定した。河床砂の堆積傾向をみるため弯曲部上流 2m の奥から水路中一様に粒径 0.3mm の均一砂を流し、堆砂状態がほぼ定常であると思われる時に水をとめ、その形状と堆砂量を測定した。流速はアロペラ流速形を使用、流向は糸を流してそれが接線方向となす角を測定。水位は静圧管により傾斜マノメータで測定。後流渦の終奥の位置は、糸の小れる方向によって判定した。

つぎに、越流型の水制は、高さ 20cm 、長さ 15cm のものを、外側 60° 、 90° に設置して流況を測定した。

2. 非越流型水制の実験結果とその考察

弯曲部水制の流況は弯曲流の特性と非越流突堤、或いは越流突堤の流れとの組合せであることが予想される。まず、弯曲流の流況は以下の図にたい曲線で示されているが、主流々速の横断分布を

$U=k_1 y^n$ で表わすとき、入口附近で $n=-1$ 、弯曲終奥 $\theta=90^\circ$ 附近で $n=0$ 、直線部で n は正となり弯曲部下流 1.5m 附近で n は最大値 0.67 をとる。従つてこの実験では村本の分類による渦度の発生域、発達域のみが現われている。弯曲流の特性については村本を初め多くの研究があるので、ここではふれない。

次に非越流型突堤の水理特性についてもかなりの研究があるが、 $B/b=0.2$ の場合、図-1のように、 $\gamma/b \approx 5$ で逆流の最大値 $1 - \frac{2\gamma}{b} \approx 0.4$ を生じ、後流渦の長さ L/b の値は 15 程度である。また、水制下流部の流況は逆流域と主流域との間に速度勾配の急変する拡散域が存在し、川幅が有限のときには主流々速は流れ方向に変化し $\text{displacement thickness } \delta_* = \int_0^y \frac{U}{U_0} dy$ が最大のところで極値をとる。また水制による流向 $(\tan \varphi)$ は水制上流 αB ($\alpha \approx 5$) より増加し始め、ほぼ水制位置で最大、以後急減して、 $(4.5 \sim 5.5) B$ 附近で負の極値をとった後 $(8 \sim 9.5) B$ 附近まで影響される。(図-2)参照

2.1 水制域の外側壁面速度と逆流渦

図-3、4にそれぞれ水路両側の水位、両側水路壁にそつ流速を示した。まず、外側壁面速度は、

水制の上流側、 βB より減速され、水制位置では殆んど死水域となる。逆流域の壁面にそう長さ L_{wi} は水制設置位置角 θ がますます小さくなり ($L_{wi}/B=9.8, 5.6, 5.3$)、直線部の L_{wi}/B に較べて大きく減少していることに注意を要する。また、最大逆流流速は θ がますます大きくなり、等流速の $1/2$ 以上となる。逆流後の流速の回復は、外側部におけるかなり急激な圧力上昇のために直線部水制にくらべて急速であり、かつ θ がますます著るしい。

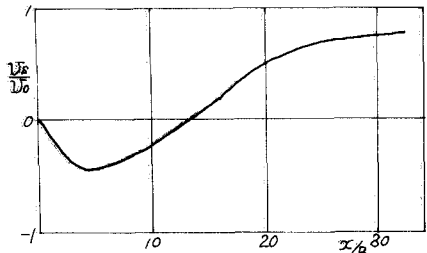


図-1 突堤背後の側壁に於て速度変化

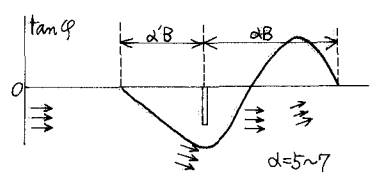


図-2 突堤に於ける $\tan \phi$ の変化

2.2 内側壁面速度と流れの剥離

図-3、4において外側水制によってかわられた流れは、内側に集中し、しかも U/r , dh/dx が大きくなり水深が低下するために中心線上で水制よりほぼ $3B$ の位置で著るしく極大値をとる。またこの位置はほぼ内側水深の極小値に対応する。

極値に達した後は h_{min} 後の正の急な圧力勾配と、水制より下流域が表層はもとより底層まで外側に向う流れを生じ (図-5, 6) 流れが弯曲壁面に於て難くなる作用が重なって $\theta=0^\circ, 60^\circ$ のものは衝撃的な剥離を起している。

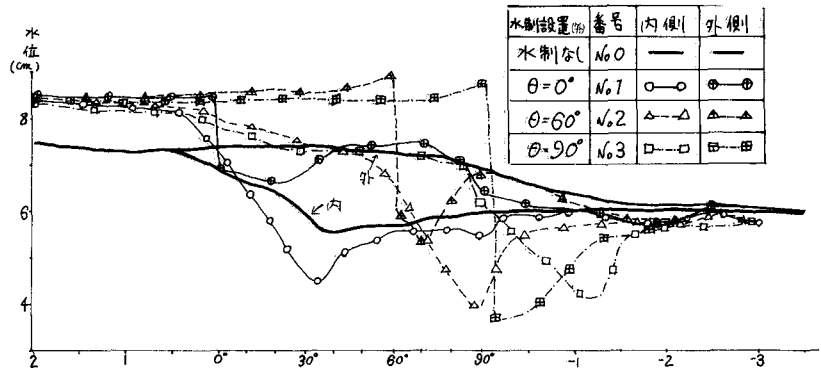


図3 水路面側の水位

2.3 河床砂の堆積傾向

弯曲部に於て顕著な堆積をもたらすための条件としては ① 底面における流れの偏向角 $\tan \phi_b$ の負値が大きく、上流からの流送土砂が内壁の特定部に集中すること。② 内壁附近における流速減少の割合が大きいことである。従って、まず図-5、6に底面流、表面流の偏向角、 $\tan \phi_b$, $\tan \phi_s$ を示した。測定精度は不充

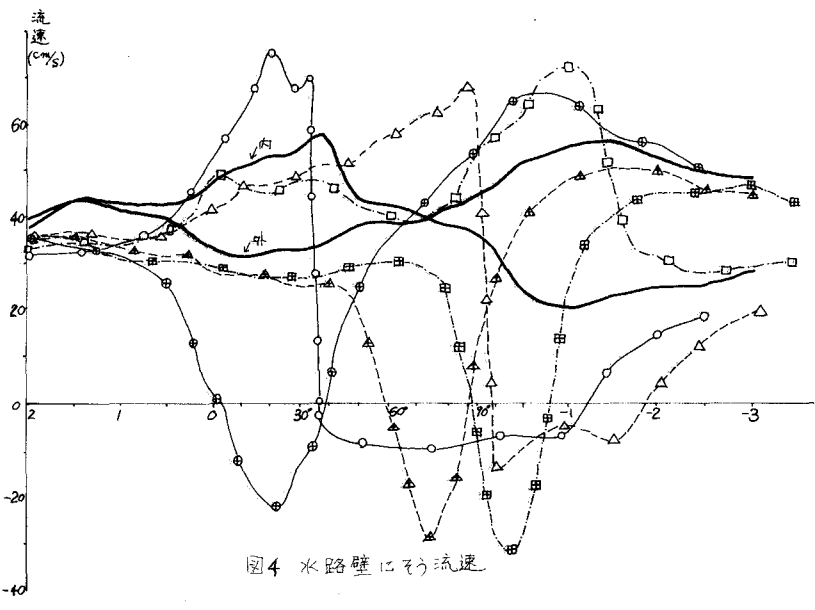


図4 水路壁に於て流速

分であるが、大ざっぱには図-2に示した直線部突堤の $\tan\varphi$ と両図に太線で示した弯曲流の $\tan\varphi$ を加え合せると実験結果と同様な傾向が得られる。この $\tan\varphi_b$ と水路壁内側流速(図-4)から堆積量、堆積形状について蛇足を附しておく。

No.0 内側の流速が極限に達し、ついでかなり急に減り始める 30° 附近から堆積が始り $\tan\varphi_b$ が最大となる $\theta=80^\circ$ 附近で堆積量が最も大きい。それより下流では流速が小さいため流送土砂量が少くなり図-7のような堆積形状となる。

No.1 $\tan\varphi_b$ が最大となる所は $\theta=0^\circ$ であるがここは流速が大きいかつ加速域であるため砂は内壁にそって流されて堆積しない。流れが剥離を生ずる $\theta=35^\circ$ 附近から堆積(は

じめ、堆積量は $\tan\varphi_b$ が $\theta=0^\circ$ の次に大きい $\theta=80^\circ$ あたりで最大となる。堆積は剥離領域と主流域の境界附近に起り剥離領域内の逆流域には堆積しない。

No.2 $\theta=50^\circ$ 、 $x=-0.25$ 附近で $\tan\varphi_b$ は大きくなるが $\theta=50^\circ$ では流速が比較的大きく加速状態であるため堆積量は少くそれより下流では流速が大きくなり $\tan\varphi_b$ が正になるため堆砂はない。しかし $x=-0.25$ 附近の内壁に生じた剥離により減速され再び堆砂を始める。堆積量は $x=-0.75$ 附近が最大となる。形状はNo.1と同様なものとなっている。

No.3 水制の影響が内側では $\theta=80^\circ$ 位までしか及んでなく、 $\theta=30^\circ$ 附近から、 $\theta=80^\circ$ 位まで流速が減少する。また $\tan\varphi_b$ も $\theta=80^\circ$ 附近で最大となり弯曲部 $\theta=75^\circ$ で堆砂量は最大となる。 $\theta=80^\circ$ を過ぎると水制による流れの集中により加速され φ_b も正のため $x=-1.2$ 附近までは堆積しない。ついで $\tan\varphi_b$ はほとんど0であるが流速減少の大きい $-2m$ 位置にもかなりの堆積がみられる。

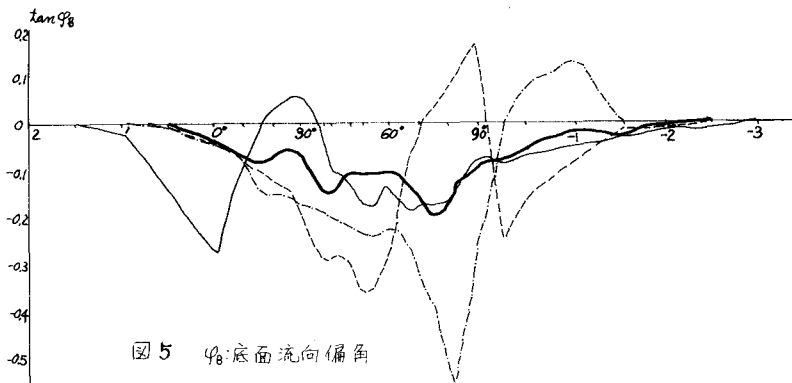


図5 φ_b :底面流向偏角

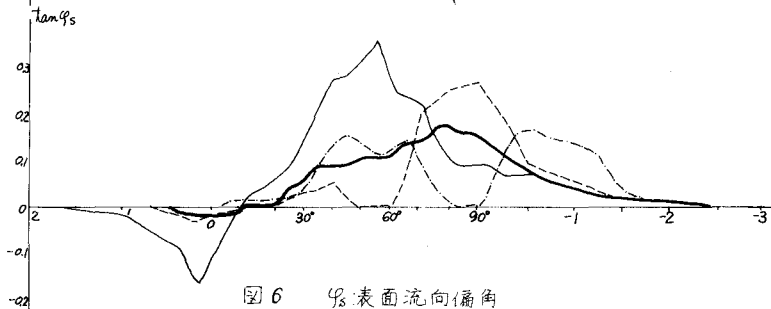


図6 φ_s :表面流向偏角

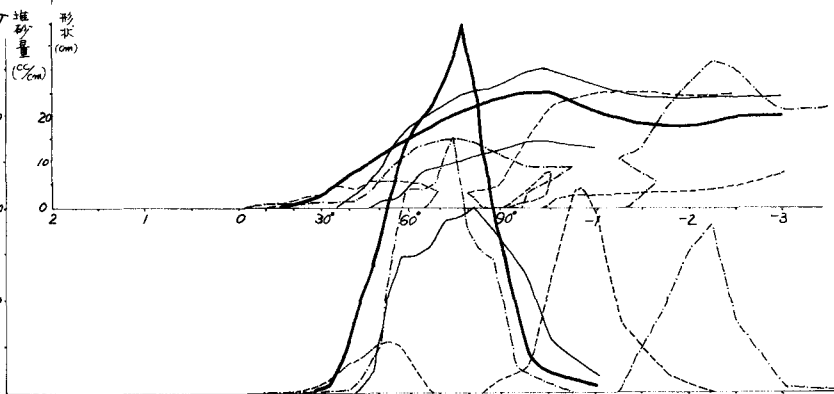


図7 堆砂形状と堆積量(湿潤体積)

3. 越流型突堤

直線部に設置された高さ h_g 、長さ B の1個の越流型水制の壁面流速は $\gamma_g=10$ より $\gamma_B \approx 8.0$ まではほぼ一様流速に保たれ、それより増加して $\gamma_B \approx 25$ 程度でほぼ一様流速となる

$\theta=60^\circ, 90^\circ$ に $h_g=20\text{cm}$ 、 $B=150\text{cm}$ の水制を設置した場合の水面曲線と壁面より 10cm の水制域の流速及び壁面流速を示したものが図-8、図-9である。 $\theta=60^\circ$ の場合、ほぼ $3B$ の位置に流速の最小点が見られ、 $6B$ までの流速はほぼ一定値を保ち、以後急激に増加する。

$\theta=60^\circ$ では流速の回復状態は直線部にくらべ

若干早い、流況は直線部とのそれに近い。然し乍ら流速及びその勾配の大きい 90° に設置した場合はかなり特異な性状を示している。すなわち、突堤背後の流速の減少量は少なく、流速の回復も非常に緩やかである。特に壁面流速は水制前面より直線部下流にかけてほぼ一定値に保たれ、この場合の流速減殺効果は非常に大きい。

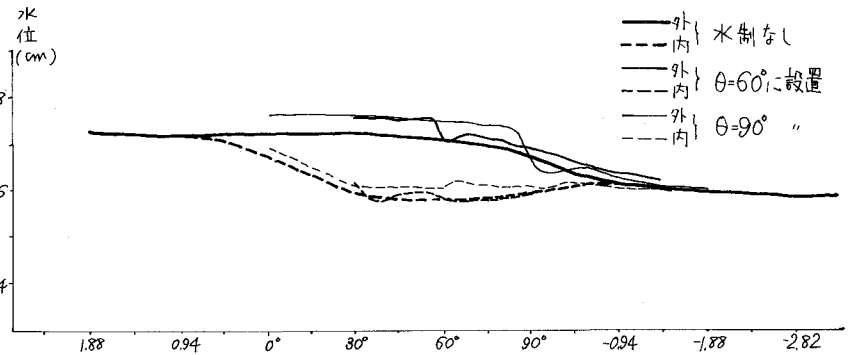


図-8 水路両側の水位

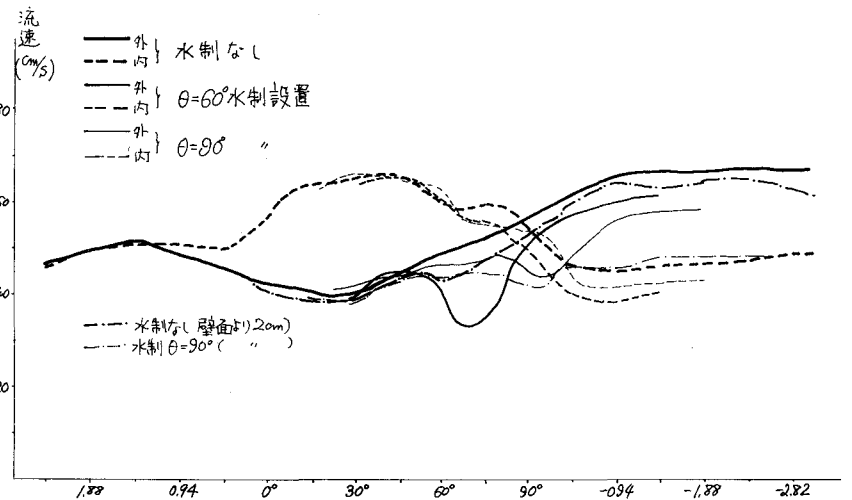


図-9 水路壁にそう流速(壁面より10cm)