

早稲田大学理工学部 正会員 鮎川 登

学生会員 三村 隆, 小野範道

学生会員 吉清 孝, 工藤喜久男

1. まえがき 直線河道で砂礫堆が形成されると、左右岸交互に深堀れが生じ、流れは深部から深部へと蛇行するようになる。砂礫堆は流れによつて下流に移動し、それに伴つて流心も移動し、利水上および治水上の困難をもたらすことがある。このような困難に対処するためには砂礫堆が形成されないようにするか、砂礫堆の移動を止めることが考えられる。砂礫堆の移動を止めるためには河道を適当な曲率で蛇行させればよいことが知られている。しかし、河道を蛇行させると、直線河道の場合にくらべて洪水の疎通が阻害され、水衝部の水当りが強くなり、洗掘深が大きくなるために河道の維持が難しくなることが予想される。したがって、流心の位置を固定させるために河道を蛇行させる場合には、砂礫堆の移動を止める限界の曲率程度になるべく緩く蛇行させることが望ましい。本研究は曲率の小さい蛇行河道内の流況と河床変動現象を明らかにするために計画されている実験の一部で、蛇行河道内の流れの水面形と抵抗および蛇行弯曲部における洗掘深について実験的に検討したものである。

2. 蛇行水路内の流れの水面形と抵抗 蛇行河道内の流れの水面形と抵抗の特性を明らかにするために、図4に示すような長さ56^m、幅20^{cm}、高さ20^{cm}、曲率半径1.625^m、波長16^m、振幅10^{cm}の鋼製蛇行水路の底面に砂をはりつけ、平坦な固定床の状態として通水し、水位、水深、流線および流速分布の測定を行なつた。水位および水深に関する測定結果の一例を図1および図2に示す。これらの図によると、凹岸部の水位および水深は対岸の凸岸部の水位および水深より大きく、水路壁に沿う水面勾配は凹岸部の頂点から凸岸部の頂点にかけて急になり、凸岸部の頂点から凹岸部の頂点にかけて緩くなること、および水路壁に沿う水深は凹岸部で平均水深より大きく、変曲点付近で急激に減少し、凸岸部では平均水深より小さくなり、次の変曲点付近で急激に増加し、凹岸部で平均水深より大きくなることなどがわかる。このように蛇行水路内の流れでは水路壁に沿う水深が変化することにより流れが水路から抵抗を受けることになり、蛇行水路内の流れの抵抗は直線水路の場合より大きくなることが予想される。直線水路と蛇行水路で同じ条件のもとで実験を行ない、それぞれManningの粗度係数を算定し、直線水路と蛇行水路における流れの抵抗を比較した結果によると、その差はほとんどなく、水路の蛇行による抵抗の増加は考慮しなくてもよいことが示された。また流線および流速分布の測定結果によると、水路の蛇行による流れの偏りはあまりなく、水路にほぼ平行に流れていることが認められた。同一横断面内における内岸と外岸における水位差については、流速分布の測定結果から $\int_{R_{in}}^{R_{out}} \frac{v^2}{gR} dR$ (R_{in}, R_{out} はそれぞれ内岸と外岸の曲率半径である。) として算定した値と実験値とはほぼ一致した。

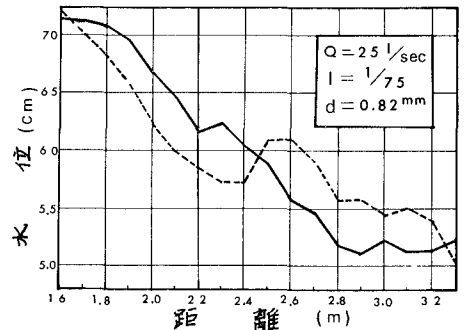


図-1 水位の縦断変化

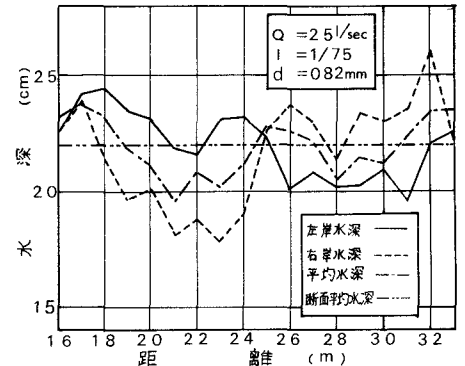


図-2 水深の縦断変化

3. 弯曲部の洗堀深 蛇行水路における河床変動は水路の形状（蛇行の曲率，波長，振幅，水路幅），水深，勾配，砂の比重，粒径など多くの要因により影響されると考えられるが，本実験では図4に示すような鋼製蛇行水路を使用し，3種類の粒径の砂について，流量および勾配を種々に変化させて実験を行なった。実験は水路上流端で砂を補給しながら行ない，河床形状がほぼ一定するまで通水した。通水後，河床の横断形状を測定した。実験結果の一例を図4に示したが，本実験の範囲内では

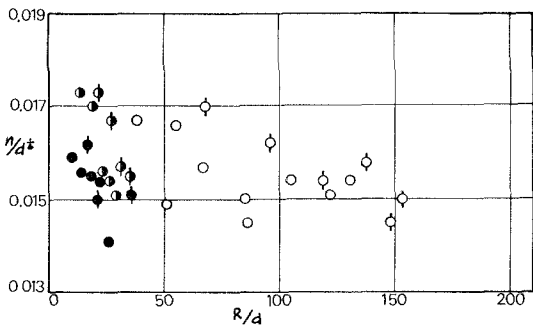


図-3 $n/d \pm R/d$ と R/d の関係

蛇行水路における河床変動の定性的な傾向はどの勾配および流量の場合も同じようであり，凹岸下流から凸岸上流にわたって洗堀され，最大洗堀部は凹岸から凸岸への変曲点付近に生じた。同一横断面内の最高点と最低点の高さの差のうち，蛇行水路の半波長の区間における最大値をその区間の洗堀深とし横断測定の結果から各区間における洗堀深を求め，それらの平均値をその実験条件に対する洗堀深とした。実験結果によると，洗堀深は水深にほぼ比例することが認められたが，実際には条件としては単位幅流量 q ，勾配 I および粒径 d が与えられ，水深は未知であることが多いので q ， I および d の関数として表示することを試みる。蛇行水路の流れの抵抗は前述したように直線水路の場合とあまり相違がなく，図3に示すように，Manning の粗度係数は Strickler の公式に従うと考えられるので，抵抗公式として Manning-Strickler 型の公式を用いることにすると，

$$q = \frac{C\sqrt{g}}{d^{1/2}} h^{3/2} I^{1/2} \quad \therefore \frac{h}{d} = \left[\frac{q}{Cd\sqrt{g}I} \right]^{2/3}$$

となる。ここで， C は無次元の係数である。そこで，実験値を用いて h/d と $q/d\sqrt{g}I$ の関係をプロットすると，図5のようになる。図5によると流量が多くなるか，勾配が小さくなると洗堀深は大きくなるが，砂の粒径は洗堀深には殆どと影響しないことがわかる。

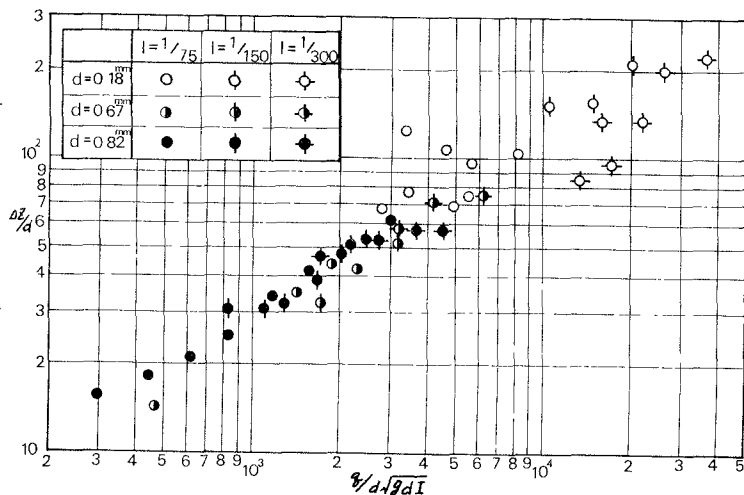


図-5 h/d と $q/d\sqrt{g}I$ の関係

なお，本研究は文部省科学研究費補助金（総合研究 研究代表者北海道大学工学部岸カ教授）の援助を受けたことを併記する。

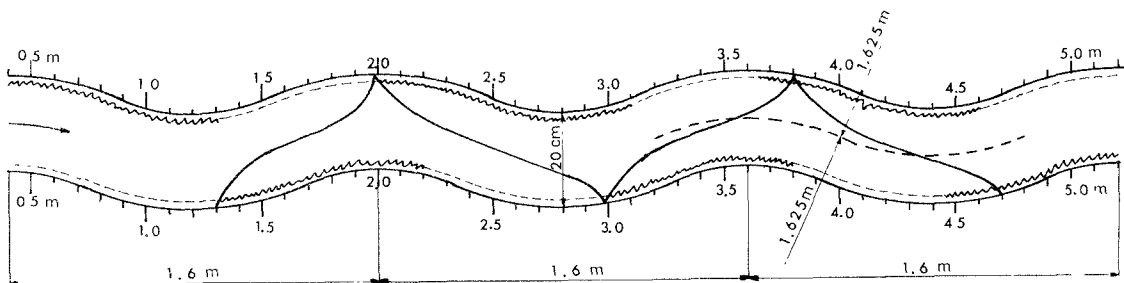


図-4 $I = 1/75$ $d = 0.82\text{mm}$ $Q = 2.72\text{ l/sec}$ の場合の河床形状

~~~~~ 洗堀部  
----- 堆積部