

早稲田大学理工学部 正会員 鮎川 登

同上 学生会員 ○三村 隆

1. はじめに

直線河道で砂礫堆が形成されると、左右岸交互に掘れが生じ、流れは深部から深部へと蛇行するようになる。砂礫堆は流れによって下流へ移動し、それに伴って流心も移動し、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、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。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、蛇行変曲部における洗掘深について考察したものである。

2. 実験装置および実験条件

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-1に示すような長さ5.6m、幅20cm、高さ20cm、曲率半径1.625m、波長1.6m、振幅10cmの鋼製蛇行水路を使用し、砂としては比重2.65、平均粒径0.18mmおよび0.82mmの2種類を用い、流量（水深）および勾配と種々に変化させて蛇行水路における河床変動、特に洗掘深におよぼす水深、勾配および粒径の影響を調べることを試みた。勾配は1/75、1/150および1/300の3種類に変化させ、水深は0.81cm~4.67cmの範囲で変化させた。フルード数は、粒径0.18mmの場合、勾配が1/75のときは1.10~1.30、1/150のときは0.72~0.95、1/300のときは0.55~0.65の範囲にあり、粒径0.82mmの場合は1/75のときは0.67~1.18、1/150のときは0.68~0.79、1/300のときは0.51~0.62の範囲にあった。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。通水時間は約1時間である。通水後、河床の横断形状を測定した。水深は、それぞれの砂で平坦な固定床を作り、移動床の場合に対応する流量、勾配で通水し測定した。蛇行水路内の水深は縦断および横断方向に変化するが、ここでは水路中心線に沿って1波長間と10cm間隔に水深を測定し、それらの平均値をとって実験条件に対する水深とした。

3. 実験結果の概要

蛇行水路の河床が流量（水深）が増加するにつれてどのように変化するかを調べるために、勾配、粒径を一定にし、流量を種々に変化させて実験を行なった。実験結果の一例を図-1に示したが、本実験の範囲内では蛇行水

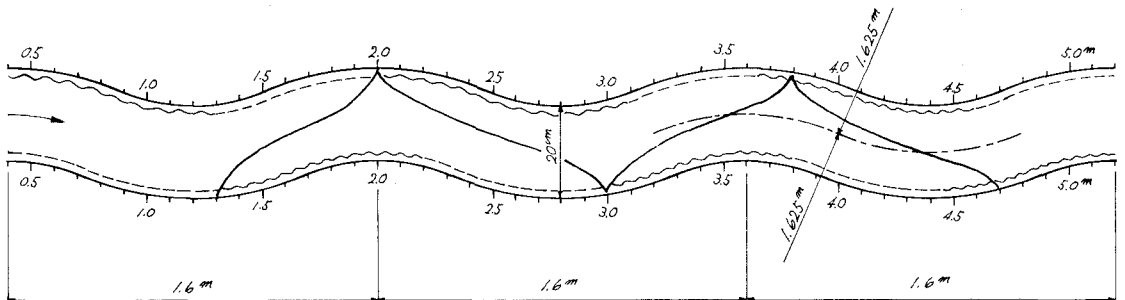


図-1 $I=1/75$, $d=0.82\text{mm}$, $Q=2.72\text{ l/sec}$ の場合の河床形状

~~~~~ 洗掘部  
----- 堆積部

路における河床変動の定性的な傾向はどの勾配の場合も同じようであった。すなわち凹岸下流から凸岸上流にわたって洗掘され、最大洗掘部は凹岸から凸岸への変曲点付近に生じた。この傾向は流量が変化しても殆んど変わらなかった。なお、粒径 $0.18\text{mm}$ の砂の場合は流量が小さいときにripplesが形成され、粒径 $0.82\text{mm}$ の砂の場合は流量が大きいためにdunesが形成された。

#### 4. 洗掘深の特性

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とその区間の洗掘深とし、横断測量の結果から各区間における洗掘深を求め、それらの平均値とその実験条件に対する洗掘深 $\Delta z$ とした。なお、砂連が形成された場合には、砂連の山と谷の高さの平均値を河床高として洗掘深を求めた。この洗掘深 $\Delta z$ と水深 $d$ の関係をプロットすると図2のようになり、洗掘深は水深に比例することがわかる。しかし実際には条件として単位幅流量 $q$ 、勾配 $I$ および粒径 $d$ を与えられ、水深は未知であることが多いので、 $\Delta z$ と $q$ 、 $I$ および $d$ の関数として表示することも試みる。蛇行水路の流れについては抵抗公式が確立されていないので、ここでは抵抗公式としてManning-Strickler型の公式を用いることにし、径深を水深に近似すると、

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

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 $\Delta z/d$ と $q/d\sqrt{g}dI$ の関係をプロットすると、図3のようになる。図2および図3で粒径 $0.18\text{mm}$ の砂の場合の実験値がばらついているのは砂連の影響によるものと考えられる。図2および図3によると、洗掘深は水深に比例し、流量が多くなるか、勾配が小さくなると洗掘深は大きくなることわかる。また、径深には粒径は殆んど影響しないことがわかる。

#### 5. おわりに

今回の実験では、蛇行弯曲部における洗掘深に強く関係すると考えられる蛇行河道の平面形状の影響については検討することができなかったため、今後は平面形状の異なる蛇行水路を使用して実験を行ない、蛇行河道の平面形状との関係について考察するつもりである。

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 岸力教授）の援助を受けたことと付記する。

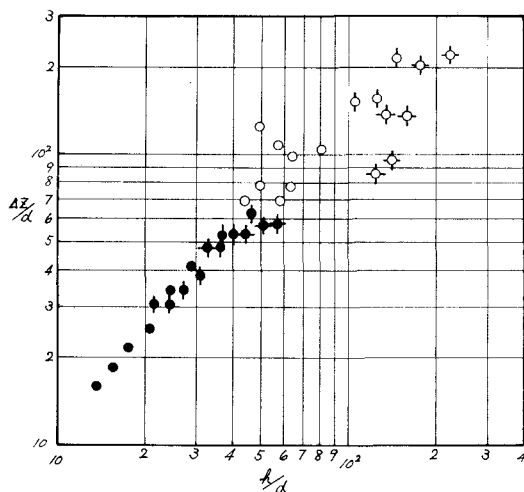


図-2 最大洗掘深と平均水深の関係  
(蛇行曲率半径 $1.625\text{m}$ 、水路幅 $20\text{cm}$ の場合)

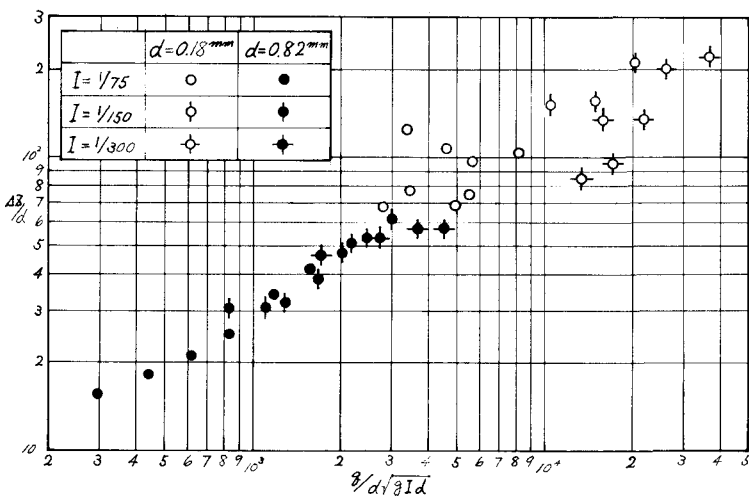


図-3  $\Delta z/d$ と $q/d\sqrt{gId}$ の関係  
(蛇行曲率 $1.625\text{m}$ 、水路幅 $20\text{cm}$ の場合)