

埼玉大学大学院 学生員 酒寄 建之
 埼玉大学工学部 正員 池田 駿介
 埼玉大学工学部 正員 山坂 昌成
 東京都 田中 慎一

1. 序

河床が混合砂で構成される一様弯曲流路における動的平衡形状は、横断勾配に起因して重力が砂粒子を外岸に輸送する作用と、二次流が砂粒子を内岸へ輸送する作用の比が各粒径ごとに異なるために生ずる横断的な Sorting を伴って形成される。その結果、横断形状は外岸ほど深く、粒度の分布は外岸ほど粗くなり、その変化の大小は主として曲率の大小に影響される。一方、蛇行流路においては、曲率が場所的に変化することにより、河床の粒度が流下方向にも変化し、これが下流に輸送されるため、又、流路平面形状に対する二次流の位相遅れが存在するため、ある地点における平衡横断河床形状及び粒度の横断分布は、その地点と同一の曲率をもつ一様弯曲流路のものとは当然異なったものとなることが予想されるが、詳細は明らかにされていないのが現状である。そこで、本研究では一様粒径砂とこれと同一の中央粒径を持つ混合砂を用い、蛇行流路における Sorting 現象及び平衡河床形状に及ぼす混合の効果も、実験的に明らかにする。

2. 実験概要

実験に用いた蛇行流路は、勾配が変動可能である循環式幅広水路内に、中心形状に sine-generated curve を持つ流路が4波長連続したものである。その寸法は、水路幅 $B=30\text{cm}$ 、蛇行波長 $\lambda=264.6\text{cm}$ (蛇行長 $L=300\text{cm}$)、水路中心軸の代表半径 $R_0=68.4\text{cm}$ 、蛇行角 $\varphi_0=40^\circ$ である(図-1)。

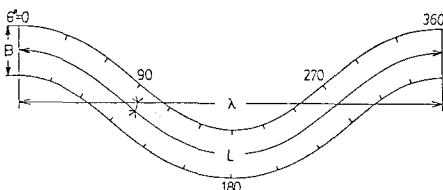


図-1. 実験用水路

一様粒径砂実験 実験用水路に砂を敷き通水を開始する。下流端に設置された越流堰を用いて、疑似等流状態を得る。水理条件は、実験の目的から砂を充分動的な状態とするものである。連続的に通水をおこなう。通水中砂止めより流出した砂に見合う量が、上流端より給砂される。動的平衡河床形状に達した後(約24時間)水面形状と河床形状の測定を行った。

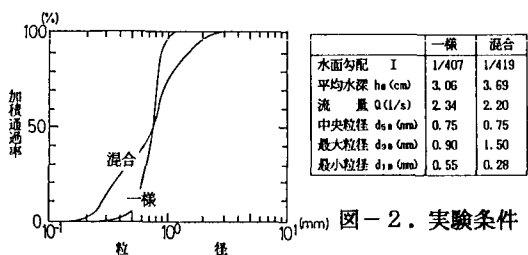


図-2. 実験条件

混合粒径砂実験 混合砂においては、水面及び河床形状の他に、河床の平衡時の表面粒度分布測定及び流下方向流速測定を行った。ここで、本実験の粒度分布

測定は、河床において流体の抵抗及び流砂量に関係するのは、河床表面の砂粒子であること、そして河床形状や表面粒度分布を予測する解析は、平衡時を取り扱うことが多いことを考慮して、平衡時の表面粒度分布に限定した。方法は、流下方向 1/12波長ごとに Sorting の軌跡を考慮して試料を採取した。試料採取の層厚は最大粒径の2倍程度とし、採取された試料からふるい分けにより粒度が求められた。一方、流下方向流速は、1/12 波長ごと横断方向に7カ所、水深方向は水深に応じて最高で11カ所の地点で、プロベラ流速計によって測定された。

3. 実験結果及び考察

図-3は、本実験における河床形状の Contour line である。洗堀、堆積の位置関係は一様弯曲流路と同じ傾向が現れ、その結果、洗堀、堆積位置が蛇行変曲点付近でそれぞれ入れ替わっている。しかしながら、細部に注目すると、最大の洗堀が生じた位置と蛇行頂点(最大曲率地点)との間には、位相差が存在する。

これは、蛇行平面形状の変化に対して二次流の位相が、主流による移流の効果によって遅れるためと考えられる。蛇行流路の平面形状に対応する河床高の変化の周期性と、その位相差を明確にする為には平衡時平均河床面(横断面ごとの平均河床高を縦断方向に直線回帰することによって得る面)に対する、各位相断面毎の右岸、左岸河床高及び横断面の平均河床高の変化を図-4に示す。図より、右岸、左岸の河床高は一様砂、混合砂いずれにおいても、蛇行平面形状の周期に対して1/8波長程度の位相差を持ち、同周期の周期変化をしている。一方、横断面の平均河床高は右岸、左岸河床高の周期に対して2倍の周期変化をしているが、平面形状に対する位相差は、右岸、左岸におけるものと同一である。次に混合の効果について考える。図-3より、一様砂の洗掘に比べて混合砂のものは抑制され、最大洗掘深で67%程度である。これは、混合砂の洗掘部に粗い粒子が存在することも考慮すると、粗い粒子によって洗掘が抑制されたと考えられる。一方、堆積高及び位相差などその他については、特徴的な違いはない。図-5は、粒度Contour lineである。横断方向の粒度変化は、縦断方向に延びる数本の縞模様となる明瞭なものであり、これは二次流によるものと考えられる。一方、縦断方向にも粒度の変化が存在するがわずかなものであり、これは曲率によるものと考えられる。最も Sortingが進んだ位相は、最大洗掘が生じた位相の下流位置となる。これは、最も河床変動が発達した、即ち最も二次流が発達した位相の砂粒子に対する Sorting作用が、砂粒子の移流の効果によって下流側の位相で現れたと考えられる。更に、特徴的な Sortingが生じた例を示す。図-6は $\theta=30^\circ$ の粒度分布図である。この位相では、4カ所のほぼ同一の粒度を持つ領域に分類されるが、この横断方向の分布は内岸側の領域③に粗い粒子が現れている。ここでは、通水中活発に砂粒子が輸送されており、流下方向の掃流力が大きい領域になっている。又、断面内の最大流速発生位置でもある。このため、そこで輸送される砂粒子中細かいものは乱れによって、両側の領域にも輸送されて堆積する。その結果、この領域はやや洗掘し、粗い粒子が存在するものと考えられる。

4. まとめ

- (1) Sorting は横断方向に対して行われ、縦断方向に延びる明瞭な縞模様となる。
- (2) 最大洗掘が生じた位相の内岸側に最も細かい粒子が存在し、その下流位相の外岸部に最も粗い粒子が存在する。
- (3) 河床形状形成における河床材の混合の効果は、特に粗い粒子の効果で洗掘が抑制されるが、位相差などには特別な効果はない。
- (4) 湾曲流路では内岸から外岸に向かって、小さい粒子から順序よく粒度が配列されるが、蛇行流路では主流の横断分布の影響により、中間領域で大小が入れ換わることがある。

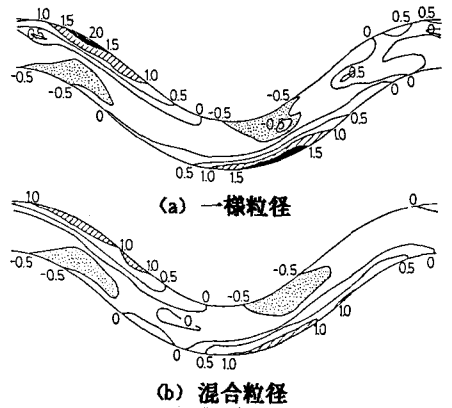


図-3. 河床形状 Contour line

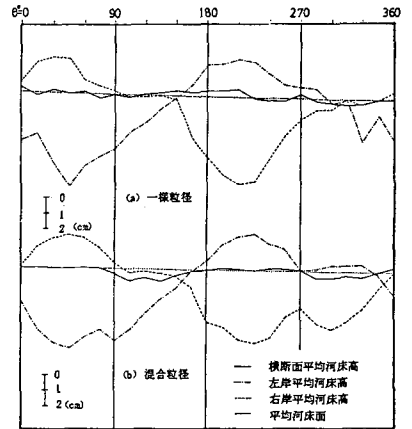


図-4. 平均河床高

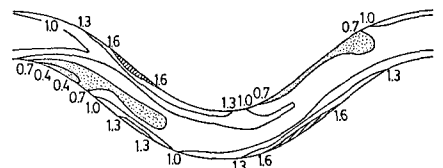


図-5. 粒度 Contour line

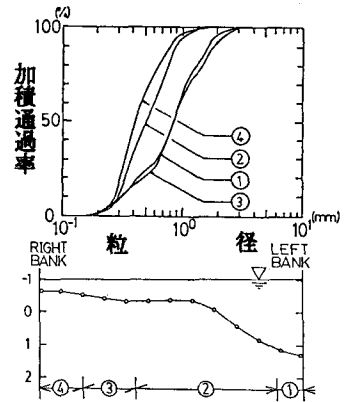


図-6. Sampling 位置別 粒度分布 ($\theta=30^\circ$)