

正弦波状流量変化による交互砂州の発達・変形過程

舞鶴工業高等専門学校 正員 三輪 浩
光洋エンジニアリング(株) 池田香織
豊田工業高等専門学校専攻科 谷 和憲

1. まえがき 著者らは前報¹⁾において、平衡状態にある交互砂州が流量急変によって変形する砂州変形の素過程について検討し、増水と減水では砂州形状がかなり異なったものとなることを示した。本文では正弦波状に変化する流量条件の下での交互砂州の発達・変形過程と流量変化に対する砂州の波長および波高の応答特性について、一様砂河床と混合砂河床を対比しながら検討している。

2. 実験概要 実験は長さ 9m, 幅 0.2m のアクリル製可変勾配水路を用いて行った。実験に用いた砂は平均粒径がほぼ同一の一様砂と混合砂であり、これらの粒度分布を図-1 に示す。図中、 d_m は平均粒径(cm), σ_g は幾何標準偏差 ($\sqrt{d_{84}/d_{16}}$) である。また、流量波形は次式で表される正弦波状のものである。

$$q_w = q_1 + q_2 \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{T_f} - \frac{1}{4} \right) \right\} \quad (1)$$

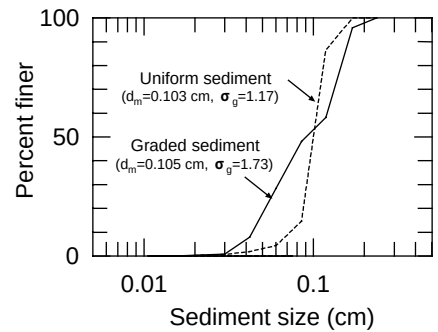


図-1 使用砂の粒度分布

ただし、 $q_1 = (q_p + q_b)/2$, $q_2 = (q_p - q_b)/2$. ここに、 q_p は最大単位幅流量、 q_b は最小単位幅流量で、それぞれ 30, 60 cm²/sec とした。また、 T_f は流量の変化周期で、60 分とし、2 周期通水した。実験は河床を平坦に敷き均し、勾配を 1/100 に設定した後通水を開始し、所定の時刻に水位を測定、その直後に停水して河床形状を測定した。また、混合砂の場合には河床測定時に表層砂の採取を行った。さらに、一定流量を通水した実験も行って平衡状態の砂州形状を測定した。この実験の流量は 30, 40, 50 および 60 cm²/sec の 4 ケースであり、30 cm²/sec は先の最小流量、60 cm²/sec は最大流量に対応している。

3. 流量変化による砂州の発達・変形過程 図-2, 図-3 はそれぞれ一様砂河床および混合砂河床における交互砂州の波長と波高の時間的変化を示したもので、標準偏差を付記している。ただし、波長は半波長（流水の一蛇行長の半分）である。また、一定流量

下での平衡状態の波長と波高を、正弦波流量における当該流量の発現時刻に□記号で描点している。なお、混合砂河床で反砂堆が現れた場合はこれを◎記号で示した。まず、一様砂についてみると、通水開始後、波長、波高とも流量の増加に伴って増加し、最大流量 ($t/T_f = 0.5$) 付近では一定流量の平衡状態の波長、波高に近い値を示している。その後、流量の減少に伴ってこれらはさらに増加し、第 2 周期目の増水期に入っても増加傾向は維持される。しかし、最大流量 ($t/T_f = 1.5$) 付近の河床はかなり不安定で、これを過ぎると波長、波高とも減少に転ずる。その後は流量の減少に伴ってこれらは再び増加し、砂州は成長する。一定流量を通水した場合は流量が大き

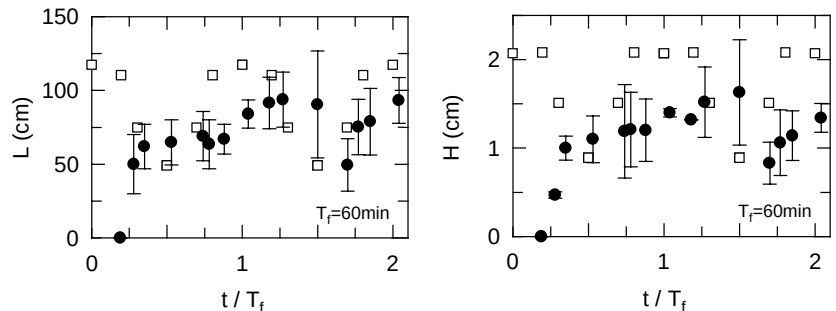


図-2 波長、波高の時間的変化（一様砂河床）

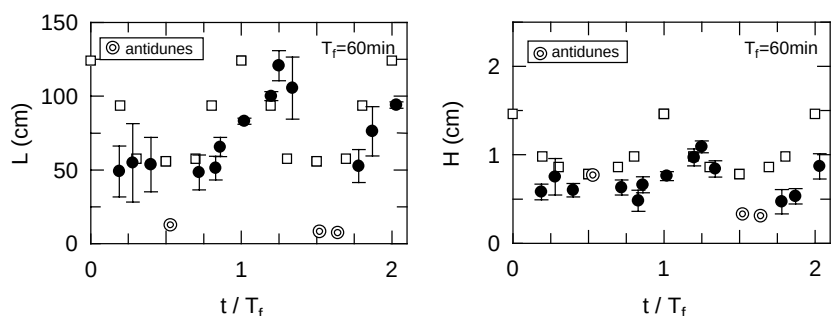


図-3 波長、波高の時間的変化（混合砂河床）

キーワード：交互砂州、流量変化、変形過程、応答特性

〒625-8511 京都府舞鶴市白屋 234 番地・電話 0773-62-5600・FAX 0773-62-5558

いほど波長、波高とも小さくなるが、上述の第2周期目の増水期で見られたように、連続した流量変化の場合は増水によっても砂州は減衰せず、むしろより成長する傾向にある。これは、一旦砂州が形成されると、流れは砂州の形状に支配され、流量増加による流水の直進性は一定流量の場合よりも抑制され、逆に流水の蛇行性が保持されるためであると考えられる。一方、混合砂の場合も一様砂の場合と同様の变化傾向を示すが、最大流量付近では反砂堆が形成され、これによって砂州は消滅する。しかし、混合砂河床では一様砂河床よりも砂州は短時間で発達するため、とくに波長に関しては一様砂と同程度まで回復する。一様砂河床と混合砂河床の相違は波高



図-3 河床表層砂採取位置

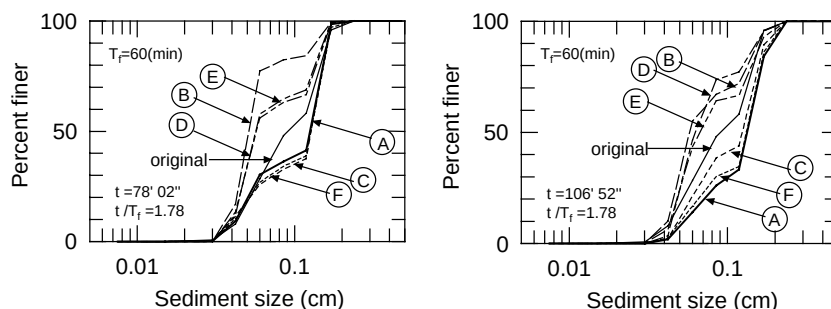


図-5 河床表層の粒度分布

に対して顕著に現れ、混合砂の方が低く抑えられていることがわかる。図-5 は図-4 に示す位置における、第2周期目の増水期と減衰期の河床表層の粒度分布の例を示したものである。いずれも砂粒子の分級によって深掘れ部（図中①）が粗粒化しており、これによって洗掘が抑制されるため、混合砂の場合の波高が一様砂のそれよりも小さく抑えられたと考えられる。なお、他の位相においても深掘れ部が粗粒化することは確認されている。ただし、表層粒度の時間的変化と砂州の変形過程の関係については今後の課題である。

4. 流量変化に対する波長、波高の応答特性

図-6、図-7 はそれぞれ一様砂河床および混合砂河床における、流量変化に対する波長および波高の応答関係を示したものである。第1周期目の増水期における砂州の発達過程を除けば、いずれの河床とも波長、波高は流量変化に対して右廻りのループを描く傾向にあり、減衰期よりも増水期の方が大きい値を示すことがわかる。ただし、本実験の範囲では混合砂の場合は最大流量付近で反砂堆の発生によって砂州が消滅したため、必ずしも閉じたループとなっているわけではない。また、第2周期に着目すると、砂州は増水期における波長、波高の変化よりも減衰期、とくに混合砂河床ではその後半での変化が顕著であることがわかる。これは、先に述べたように増水期では砂州上の流れは砂州形状に支配されるために流水の直進性が抑制され、逆に流水の蛇行性が保持されて波長、波高は増加するが、これにも増して減衰期では流量減少に伴って流水の蛇行性が促進されるためであると推測される。

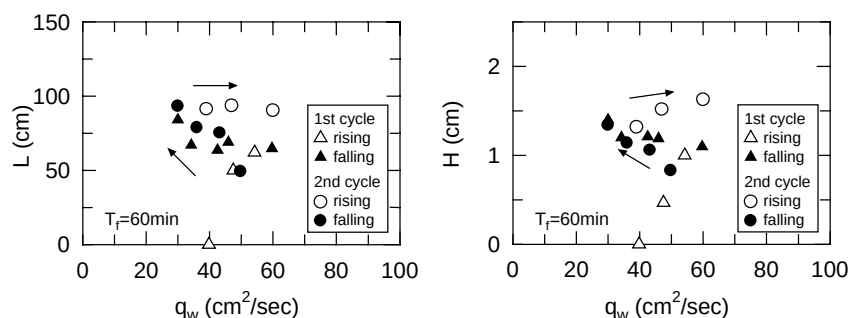


図-6 流量変化に対する波長、波高の応答（一様砂河床）

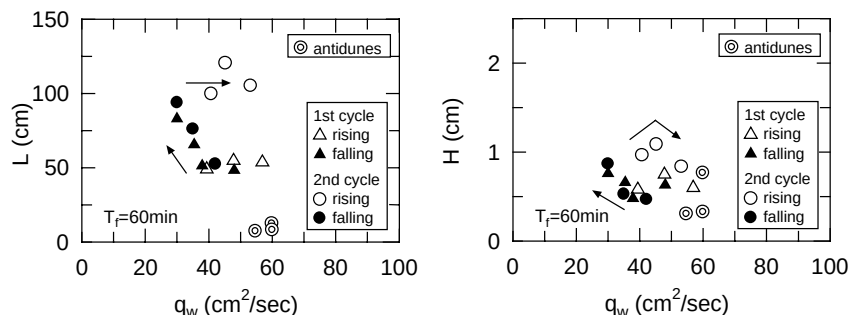


図-7 流量変化に対する波長、波高の応答（混合砂河床）

5. あとがき

本文では正弦波状流量変化に伴う砂州の変形過程と応答特性について検討した。ここでは流量周期（流量の変化速度）の影響は議論しなかったが、著者ら¹⁾が周期を変えた正弦波流量を1周期のみ通水した結果では、周期による砂州の発達・変形過程の相違はかなり大きなものであることを確認している。今後、この点に焦点を当ててさらに検討する予定である。最後に、本研究は科学研究費奨励研究(A)（課題番号10750393）の補助を受けて行われた。記して謝意を表します。

参考文献 1) 三輪ら：土木学会関西支部年講，2000。