

II-206 河床波の発生機構と発達状態に関する実験的研究

神戸大学大学院 学生員○松田 尚久  
 神戸大学工学部 正員 梶 源亮  
 奈良 県正員 島居 宏行

1) はじめに 本研究は管水路と開水路における河床波の発生限界と発達状態についての調査及び、河床に棧型粗度を配置することにより河床付近の流れに擾乱を与え、棧の後方に形成される河床波の発生に関する調査を行った。これらの実験より河床波の発生機構に関して若干の考察を行った。

2) 実験手法 実験装置として、管水路と開水路における河床波の比較実験には、全長100cm幅7cmの水路にポリスチレン粒子（比重1.04 粒径0.1cm）を敷きつめ、水深15cmから55cmの間で河床波の発生と発達状態を記録した。また別途、全長200cm幅20cmの水路に砂粒子（比重2.60 粒径0.20cm）を用いて同様の実験を行った。

河床に棧型粗度を配置することによる河床波の実験には、全長486cm幅30cmの水路の上流端から152cm~262cmの区間に助走板として幅30cmの鉄板を設置し、助走板の後方150cmにわたり砂粒子（比重2.60 粒径0.20cm）を、厚さ5cmに敷きつめ、水深は8.2・6.7・4.7・3.0cmの4種類で実験を行った。ここで助走路床面と移動床砂面は同一平面にそろえた。棧は丸型棧を用い、移動床砂面直前の助走路床面に設けた。実験において、河床波が発生しないか発生しても時間の経過と共にその波高が衰減するものを安定状態とし、不安定状態は発生した河床波が時間の経過と共にその波高を増しはから発達するものとした。

3) 管水路と開水路における河床波の発生限界と発達状態

図-1において破線よりRe数の大きい領域が不安定領域となる。但し、 $Re = U \cdot R / \nu$ （U:平均流速, R:径深）である。同図より同一径深の場合に開水路の方が小さなRe数で河床波が発生することは明らかである。管水路と開水路の各々の波長と波高の発達状態を図-2,3に示す。図-2より河床材料の比重と粒径が異なると波長の発達状態が大きく異なることからわかる。比較実験により得られた結果をまとめると、①波高、波長、波速は発生した後、最終的には一定値に収束していくが、収束する速さと収束値は管水路の方が大きくなる。②Fr数が大きくなるほど管水路と開水路の波速の差は大きくなる。③水深が小さくなれば、管水路も開水路も波長の収束値が大きくなる。

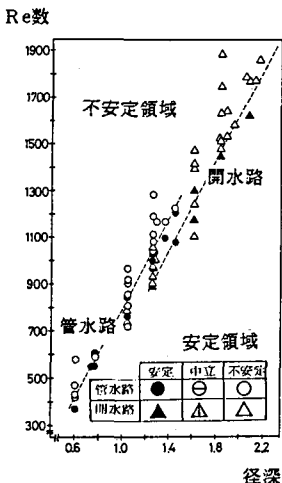


図-1 Re数と河床波の発生限界

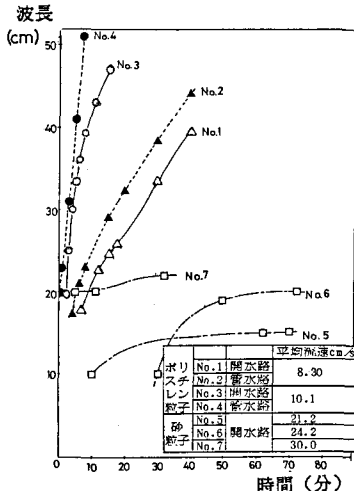


図-2 波長の時間的変化

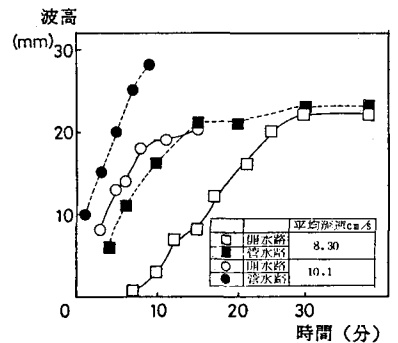


図-3 波高の時間的変化

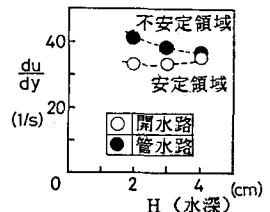


図-4 河床波の発生限界の流速勾配

本実験はRe数より、流れは層流と乱流の遷移領域にあると思われる。図-4は管水路と開水路の各水深における河床波が発生する限界の流速勾配(%)を示している。但し、流速勾配(%)は流速分布から求められたものであり、添字cは河床波の発生限界であることを示している。同図より開水路の方が小さい流速勾配で河床波が発生し、水深が小さいほどこの傾向は明らかである。図-5において破線より流速勾配の大きい領域が管水路及び開水路の不安定領域となる。同図より、河床波は流速勾配が一定値以上になると発生すると思われる。

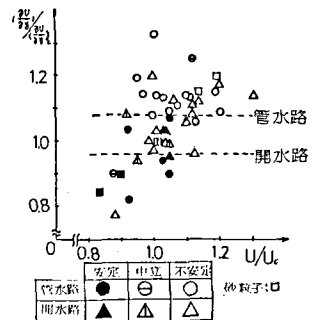


図-5 河床波の発生限界と流速勾配

4) 河床に棧型粗度を配置することによる河床波の発生について

棧型粗度は表-1に示した条件で実験を行った。発生時の第1河床波の位置と流速を図-6に示してあるが、棧型粗度の有無の別なく実験結果が混在しているためその違いは明確でない。実験結果を明確化するため、岸Lumley等が提唱した代表長さを用いて無次元化を行う。

表-1 棧型粗度の条件

Case	条件	記号
1	棧なし	○
2	径3mmの棧1本	△
3	径3mmの棧3本	▲
4	径9mmの棧1本	■
5	径9mmの棧3本	■

$$L_* = \frac{U_*^3}{gV_s} \quad V_s = \frac{(R_s - 1)gd^2}{18\nu}$$

ここで、 $U_*$ 摩擦速度( $=\sqrt{gHI}$ )、 $H$ :水深、 $I$ :水面勾配、 $V_s$ :ストークスの沈降速度、 $R_s$ :砂粒子の比重、 $d$ :砂粒子の平均粒径、 $\nu$ :動粘性係数である。

図-7より流速が増加するにつれて棧型粗度があると第1河床波の発生位置が砂動床の上流端から遠くなる。図-8より流速が小さいと棧のある場合の第2河床波の波長は短くなる。同図より流速が大きくなると発生時の第2河床波の波長は棧の有無に関係なくなるが、図-9より安定時の第2河床波の波長は棧を設けることにより短くなることかわかる。安定後の波高は流速に関係なく棧型粗度を配置することにより短くなる。水深の増加に伴い棧型粗度の有無による波長、波高の差は大きくなることが明らかとなった。代表長さ $L_*$ を用いて無次元化することにより、棧型粗度の有無による河床の変化を求められた。

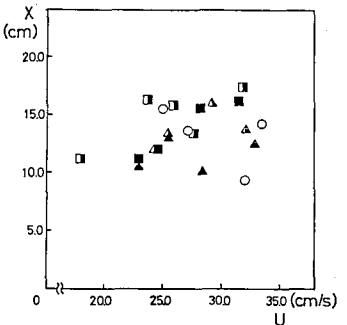


図-6 発生時の第1河床の位置と流速

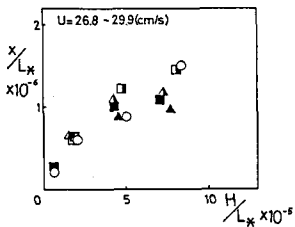


図-7 発生時の第1河床波の位置と水深

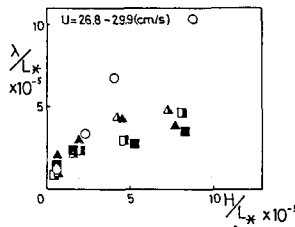


図-8 発生時の第2河床波の波長と水深

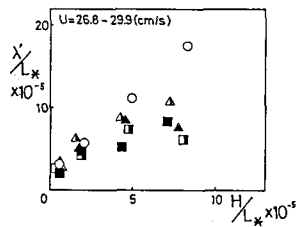


図-9 安定時の第2河床波の波長と水深

《参考文献》 1) 岸力：砂遊砂を含む流れの水理特性，土木学会第30回年講，1975年。