

波状水路床上の流れについて

京都大学工学部 正員 岩佐義朗
兵庫県 土木部 正員 ○亀山 勤

1. まえがき 波状境界面上の流れは興味ある物理現象として古くは古典流体力学的興味から論じられてきたが、現在それに関する研究は風波の発生機構、発達過程、および移動床の流れの安定性の問題との関連において取り扱われている。ここでは、移動床の水理に関連すると思われる諸問題を実験的に解析してみよう。実験はUpper regimeに属する anti-dunes, Lower regimeでの dune の二つの異なった路床形態に対応した固定床を用いて行なわれた。とくに、路床形態と表面波の相互関係を明らかにするために、統計的手法を用いて解析し、流れの定性的な性質を考察しよう。

2. 実験装置 実験水路は長さ 10 m, 幅 0.2 m, 高さ 0.3 m の長方形断面の木製水路で、水路勾配は $1/200$ に設置した。流量は $0 \sim 30 \text{ } \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}$ の間を自由に換えられる任意流量発生装置を用いてほぼ一定に保たれ下流端に設けられた直角ぜきによって検定され、その結果が上流端バルブへフィードバックされる。路床材料には、その平均径が 1.6 mm で、1~3 mm のほぼ一様な粒径から成る不津川産砂が用いられた。実験に用いられた二つの路床形態はつぎのようである。ここに、 $\bar{H}$: 平均河床変動高, $\bar{L}$: 平均波長, β : 平均こう配である。

(i) Anti-dunes $\bar{H} = 1.9 \text{ cm}, \bar{L} = 36.8 \text{ cm}, \sin \beta = 0.008$

(ii) Dunes $\bar{H} = 1.2 \text{ cm}, \bar{L} = 23.9 \text{ cm}, \sin \beta = 0.006$

これらの二つの波状路床形態を固定床とし、各種の水理条件に対する表面波の測定を行なった。

3. 抵抗係数、このような路床形態は流れの抵抗を変えるばかりでなく、流れによって変形をうけるために、移動床における抵抗を記述する一般的な関数を決定することは困難である。したがって、固定床における抵抗則を実験的にもとめてみよう。図-1 は流れの平均水深に関するフルード数を横軸に、Chézy の抵抗関数 $C/\sqrt{g}$ を縦軸にとり、図示したのであるが、この図よりフルード数と Chézy の抵抗関数の関係は

$$C/\sqrt{g} = 1.42 Fr^{1.08} \quad (1)$$

で与えられる。

4. 路床形態と表面波 dunes と anti-dunes が自然河川における典型的な河川形態であるという理由より、これらの二つの形態を選り、水理条件を変えて実験を行ない、えられた情報量は統計的手法を用いて解析された。

図-2 は Case-1 のスペクトル密度を、図-3 は

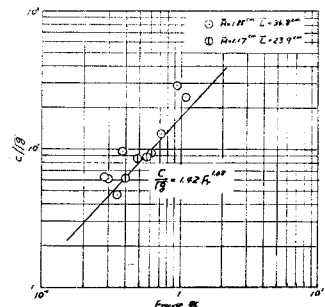


図-1 抵抗係数

Case-ii のそれを、横軸に波数 k (cm^{-1})、縦軸にスペクトル密度 $E(k)$ (cm^3) をとってプロットしたもので、実線は表面波のスペクトル密度を、点線は路床波のそれと表わしている。

Case-i では路床波と表面波のピークはいずれも一つであり、しかもそれらは一致しており、卓越した波長は、 37.0 cm である。Case-ii についてみれば、路床波のピークが一つであるのに対して、表面波のピークは三つ表われている。しかし、最大のピークは路床波のピークに一致し、その波長は 33.3 cm である。これらの結果から、表面波は流量に関係なく路床波の卓越周期と同じ波長をもつ波によって基本的に形成されているといえよう。

ただし、本実験においては主として流れが常流である場合に限定されている。水理諸量と表面波との関係を知るために、zero crossing method を用いて路床波と表面波の平均波長、波高を求めた。図-4 は横軸に平均水深に関するフルード数、縦軸に表面波の steepness ϵ_1 に対する路床波の steepness ϵ_2 の比 ϵ_1/ϵ_2 対数方眼紙にプロットしたものである。 $\epsilon = \epsilon_1/\epsilon_2$ とおくと、 ϵ はフルード数が増加するにつれて減少し、 ϵ とフルード数の関係はほぼ直線関係にあると思われる。すなわち、フルード数が増加するにつれて、表面波の steepness は減少する傾向にあると考えられる。

う。結言、ランダムな路床変動を含んだ波状水路の抵抗則、および路床形態と表面波との関係について、その定性的な性質を実験によって解明しようとしたが、その詳細はこのような流れ全体のモデルの決定論的な解析によって比較されなければならない。それらの数値解は目下検討中であって、できれば早い機会に明らかにしたいと考えている。

参考文献

- 1) Iwasa, Y, and Kennedy, J. F., "Free Shear Flow over a Wavy Bed," Proceedings, ASCE, Vol. 94, No. HY2, 1968.
- 2) Shyre, W, and Albertson, L, "Roughness Spacing in Rigid Open Channel," Proceedings, ASCE, Vol. 87, No. HY3, 1960.

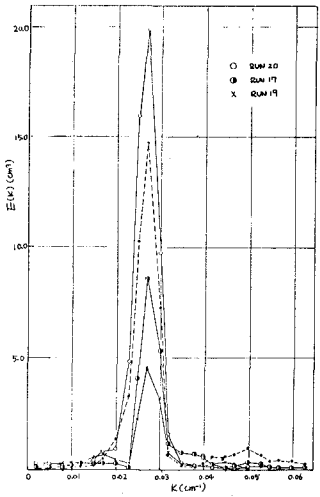


図-2 スペクトル密度 (case-i)

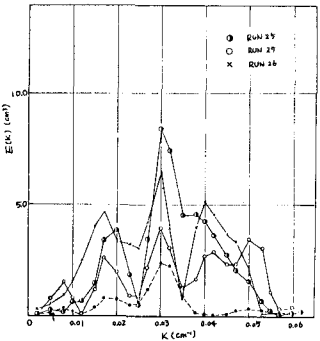


図-3 スペクトル密度 (case-ii)

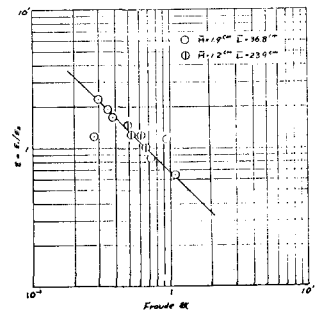


図-4 表面波特性