

II-142

風洞内において発生するリップルの特性と非線形方程式による数値解析

北海道大学工学部 正 員 山田 正
北海道大学工学部 学生員 ○竹本 典道

はじめに

従来、砂漣などの小規模河床波について数多くの研究がなされており理論も進んでいるが、その発生・発達機構にはいまだ説明すべき事がいくつかある。このような観点から、本研究は、実験の容易な風洞装置を用い、リップルの特性を観察すると共に、著者らが既に発表している小規模河床波に関する基本式を用い、各水理量の果たす役割を明らかにしようとするものである。

風洞において発生するリップルの特性

実験に用いた砂は $d_{50} = 0.22 \text{ mm}$ である。風速の測定は風洞の中心付近で行った。波高及び波長の測定はポイントゲージを用いて行った。

風洞内の砂漣の発生発達はまず細かい凹凸の発生に始まり、これが時間の経過につれ、あるものは成長し、また、あるものは消滅し、次第に波長を延ばして行く。ある波長まで成長すると波長をほぼ一定に保ちつつ移動するようになる。実験ではこの状態のリップルを対象として測定を行っている。

図1に示されているように、リップルの波長は風速の増加にともない増大している。また、波高に関しても同様な傾向がある。図2に見られるよう、波形勾配はほぼ一定であることから、波長と波高は同じ様な割合で風速と共に増加している。砂漣の移動速度は、風速の増加に対し直線的な増加傾向がある。

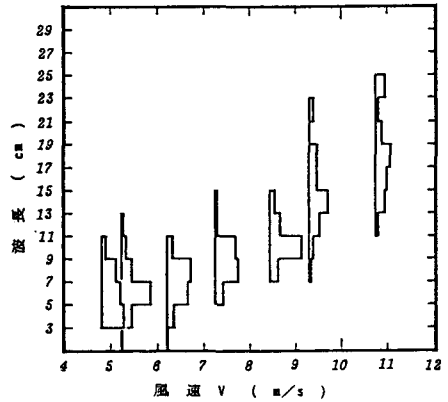


図1 風速と波長の関係

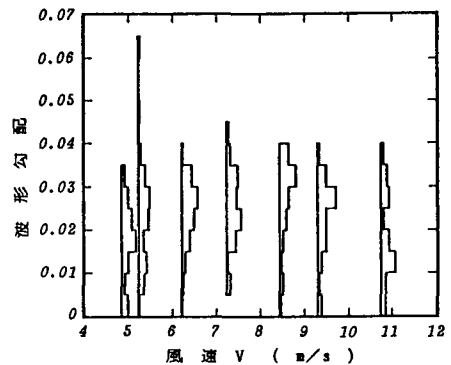


図2 風速と波形勾配の関係

非線形方程式による数値解析

ここでは、著者らが既に発表している小規模河床波に関する基本式を数値計算することによって、各水理量の果たす役割を調べる。

基本式を示すと次のようである。

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial \tau} + m(1+2y) \frac{\partial y}{\partial \xi} + (\alpha - m \frac{\delta}{h}(1+2y)) \frac{\partial^2 y}{\partial \xi^2} \\ + \{ \frac{1}{2} (\frac{\delta}{h})^2 m(1+2y) - \alpha (\frac{\delta}{h}) \} \frac{\partial^3 y}{\partial \xi^3} \\ + \frac{1}{2} \alpha (\frac{\delta}{h})^2 \frac{\partial^4 y}{\partial \xi^4} = 0 \end{aligned}$$

計算結果の概要は次の通りである。

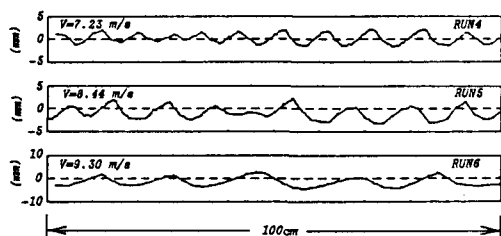


図3 風速と砂漣の波形

図4-①でみるとうり長波長の波を初期値として与えると山の上流側斜面の傾斜が増し、この部分よりリップルが発生している。短波長の波を初期値として与えると、図4-②に示されるように、一旦、波が減衰し、その後、別の波長をもった波が発達する。この場合、波長は一定であり、波高のみが発達している。

各パラメータが、波長・波高に与える影響をまとめると次の通りである。

波長に関し m : ほとんど影響を与えない

δ : 直線的正の相関

α : 影響は少ない

波高に関し m : 負の相関

δ : 負の相関

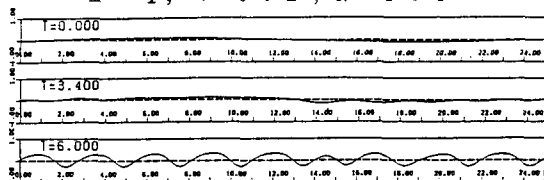
α : 直線的正の相関

発達に要する時間は α の値が小さくなると大きくなるようである。他のパラメータは、発達時間にはあまり効いていない。

初期波形として長波長の波を与えた場合と、短波長の波を与えた場合では、十分に時間がたち定常の状態となったときの波長に違いがみられるが、これは、計算範囲が限られているためと考えられる。

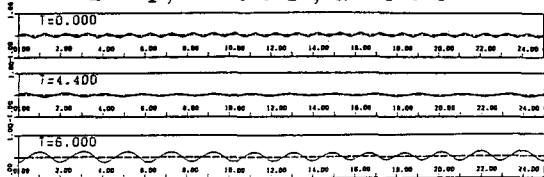
①初期波として長波長を与えた場合

$$m = 4, \delta_0 = 0.2, \alpha = 1.4$$



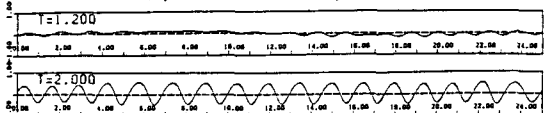
②初期波として短波長を与えた場合

$$m = 4, \delta_0 = 0.2, \alpha = 1.4$$



③ δ が小さい場合

$$m = 4, \delta_0 = 0.15, \alpha = 1.4$$



④ α が大きい場合

$$m = 4, \delta_0 = 0.2, \alpha = 2.0$$

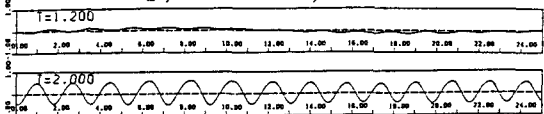


図4 計算結果

本研究において得られた結論は次の通りである。

(1) 風洞内において発生するリップルの

波長・波高は風速の増加に対しほぼ同様な増大の傾向がある。

(2) このときのリップルの移動速度は風速の増大に対し直線的に増大している。

(3) 風洞における流砂量は風速の4乗で増加している。

(4) 各パラメータの波長・波高に対する影響が明かとなった。

(5) 発達時間とinclination factor α は深い関係にある。

計算中、微小振幅波を初期条件とするリップルの発達において、発生初期と、十分に時間がたった時とは同じ長さの波長を持ち、波高のみを増してゆく発達形式であった。これに対し、実験では波長を徐々に延ばしているなど、今後とも検討すべき項目がいくつか見いだされた。

参考文献

- (1) 山田正, 藤田睦博, 竹本典道; 風洞内において発生する砂漣の特性に関する実験的研究, 北海道支部論文報告集第43号, pp. 245-250, 1987.
- (2) 山田正, 池内正幸, 植松正伸; 小規模河床波の発生発達に関する研究, 第31回水理講演会論文集, pp. 665-670, 1987.