

II-442

波による砂漣の発達過程に関する実験的研究

豊橋技術科学大学 建設工学系 正 青木 伸一
 豊橋技術科学大学 建設工学系 学 水田勝也

1. 研究の概要 2次元造波水路内に設置した砂層上に形成される規則波による砂漣の発達過程を、砂漣の空間波形、波高・波長の頻度分布、波数スペクトルおよび砂漣の移動速度などの時間変化を通して実験的に調べた。限られた実験条件ではあるが、砂漣が成熟するに伴って規則的な砂漣へ移行していくこと、砂漣先端部の移動速度は、砂漣そのものの位相速度よりも数倍以上速いことなどが明らかになった。

表-1 実験ケース

ケース	波周期	平均波高	砂面の初期状態
1	1.5sec	12cm	平坦
2	2.2sec	9cm	平坦
3	2.2sec	9cm	一部に切込み

2. 実験装置および実験方法 長さ20m, 幅0.8mの水路内に、長さ5m, 厚さ8cmの砂層（砂の中央粒径は0.4mm）を水路幅いっぱい設置した。砂層上22cmの水深で規則波を作用させ、砂漣の発生から成熟までの発達過程における砂層表面形状の変化を細かく測定した。入射波条件を種々変えた予備実験をもとに、解析対象とする実験ケースとして、表-1の3ケースを選んだ。表中の平均波高とは、砂層上約600点で測定した波高の平均値であり、測定時間内の地形変化の影響については特に考察していない。砂面の初期断面については、砂面計（光学式非接触型）の出力を見ながら極力平坦にした。ただしケース3については、砂層表面の一部に、深さ約2cm, 幅約5cmの切り込みを入れて実験を開始した予備実験の結果、ケース1については約30分、ケース2,3については約50分で砂漣がほぼ成熟することがわかったので、この時間を10分割して、ケース1については3分間隔で、ケース2,3については5分間隔で砂面形状の測定を行った。砂面形状の測定の際には、一旦波を停止させ、水路横断方向に10cm間隔にとった7つの測線上で砂面計をスキャンさせることにより砂面形状の空間分布を測定した。砂面計の位置は、砂面計を載せた回転ベルトの回転軸に取り付けたポテンショメータの電圧変化として出力されるので、これをA/D変換することにより、砂面計からの出力データを等間隔でパソコン上に記録できる。今回の実験では、すべて4.88mm間隔でサンプリングしている。

3. 実験結果 測定された砂面形状の波数スペクトルを見ると、砂面を形成する波数成分は、波長が数cm程度のものから数m程度のものまで幅広く存在している。本研究では砂漣のみに着目するため、数値フィルターを用いて、まず波長30cm以上の変動を取り除き、さらに砂漣波長や波高を定義する上でノイズとなる波長2cm以下の成分についても除去した。図-1は、水路中央部の測線上で得られたデータに対して、このようなフィルターに通した後の砂漣の空間波形の時間変化をケース1～3について示したものである。なお、横軸のyは砂層沖側端部からの距離を表し、縦軸の1目盛りは1cmに対応している。ケース1については、砂層沖側の砂止め部分で生じる局所洗掘がトリガーとなって生じる砂漣と、y=2.8m付近から発生する砂漣が見られ、後者については岸・沖両方向に発達している。ケース2については、沖側端部から発生した砂漣が、砂層全体にほぼ等速度で広がっており、その発達速度（砂漣先端部の移動速度）は約10cm/minである。ケース3については、y=3.5m付近の切り込み部からも岸側に砂漣が生

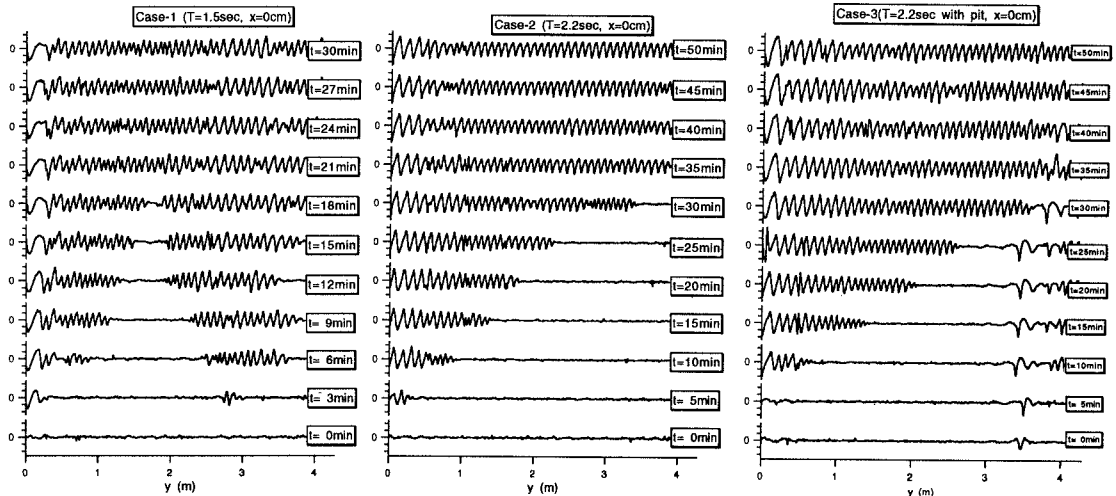


図-1 砂漣波形の時間変化

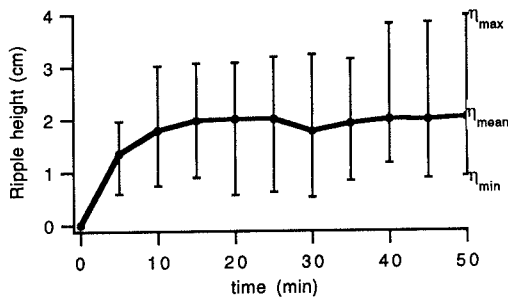


図-2 砂漣波高の時間変化

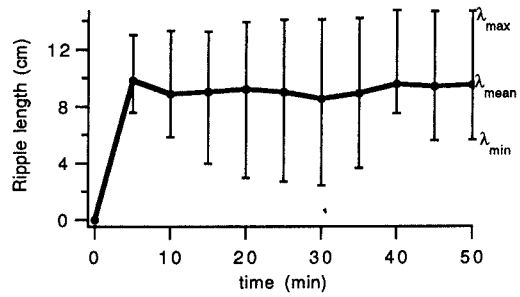


図-3 砂漣波長の時間変化

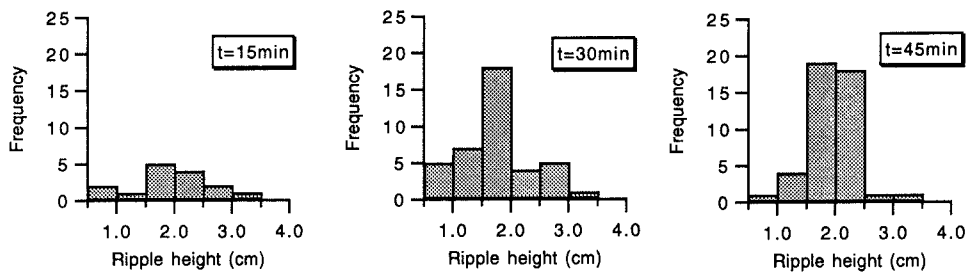


図-4 砂漣波高の頻度分布の時間変化

じているが、岸側端部に近いこともあってか、砂面変動は不規則である。沖側から発生した砂漣が切り込み部に到達すると、それに押し出される形で切り込み部が岸側に移動し、その後安定した砂漣が形成されている。図-2、図-3はケース2の中央測線について、ゼロアップクロス法で定義した砂漣（ここでは波長20cm以下、波高0.5cm以上に限定）の波高および波長の時間変化を示したものである。図中太い実線は平均値(mean)の変化を表し、各時間毎の最大値(max)と最小値(min)を縦バーで示している。これより、砂漣波高・波長とも平均値としては比較的早く一定の値を示すことがわかる。図-4はこのときの砂漣波高の頻度分布の時間変化を示したものであるが、時間の経過とともに頻度分布の集中度が大きくなっている。また図-5は50分後の砂漣波形の波数スペクトル（長波長成分も含む）であるが、エネルギーの集中が顕著に現れている。

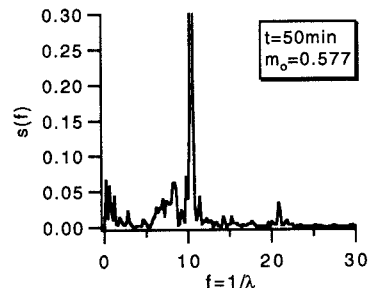


図-5 砂漣の波数スペクトル

図-6は、同じくケース2について、砂漣の移動速度 c (位相速度)の時間変化を、ビデオ画像より読みとって示したものである。図には、砂層の沖側、中央および岸側部分での波速が示してあるが、これらはそれぞれの部分で適当にサンプリングした5つの砂漣波頂の移動速度の平均値である。これより、砂漣が岸側端部に到達した40分以後は砂漣の波速は大きな変動を示しておらず、発達時の砂漣先端部の移動速度の1/10以下の値になっている。

4. あとがき 今後は、浮遊砂が卓越する場合なども含めて実験ケースを増やすとともに、規則波の作用のもとで発生する不規則な砂漣についてもその発生過程を実験的に調べていく予定である。さらに砂漣の発達に対するモデル化も行っていきたい。

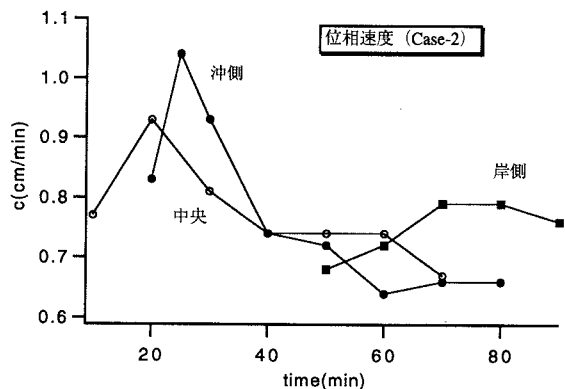


図-6 砂漣の位相速度の時間変化