

## 波動水槽内での砂れん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 水田勝也  
豊橋技術科学大学 建設工学系 正員 青木伸一

### 1. 目的

砂れんは初期段階の砂移動によって発生するもので、波や流れに対する摩擦抵抗に大きく影響を与えたり、砂れんから発生する渦によって砂が浮遊されるなど、漂砂移動に対して重要な役割を担っている。そこで本研究ではこの砂れんに注目し、その発生と発達過程を実験的に調べることを目的としている。また砂れんの波長、波高、スペクトルなどが砂れんの発達過程でどのように変化するかについて詳細に考察する。

### 2. 実験装置

実験には長さ20m、幅0.8mの水槽を用い、実験対象区間から15m程度離れたところにピストン型二次元造波機があり、周期と造波機の運動振幅を指定することによって、一定の波高、周期を有する規則波を発生させることができる。また水槽端部からの反射は10%程度である。実験対象とする移動床は、中央粒径0.4mm、厚さ8cmの砂層でその両端に高さ10cmで1:10の勾配を有する不透過斜面を設置している。

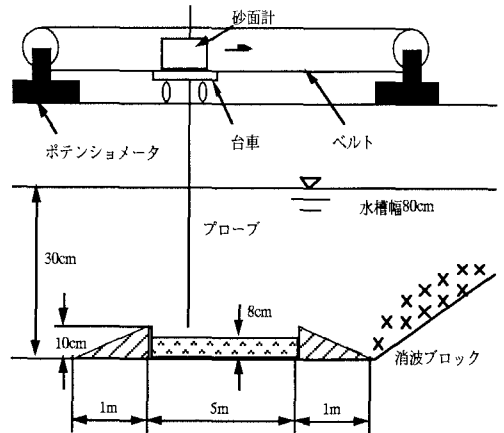


図-1 測定条件

### 3. 実験方法

水深は砂面上22cmとし、実験を行った3ケースの周期、波高、初期地形は表-1に示すとおりである。ケース3については、平坦床上に水路横断方向に深さ2cm、幅5cm程度の切り込みをつけた。予備実験の結果ケース1については30分、ケース2・3については50分程度で砂れんが成熟することがわかったので、成熟時間を10分割して周期1.5secに対しては3分間隔で、周期2.2secの場合は5分間隔で測定を行った。実験の手順は、砂面を可能な限り平坦にした後波を作させた。砂面測定の際には波を停止させ、波の進行方向に約4.88mm間隔、水路横断方向に10cm間隔（7測線）で砂面測定器を用いて測定を行った。砂面計は非接触の連続測定が可能なもので、砂面計を取り付けた台車の位置は、ポテンシオメータの出力から読みとり、砂面計の出力と共にパソコン上に記録した。すべての砂面形状を測定した後、波高の測定を砂面を測定したのと同じ測線上を5cm間隔で行った。

| ケース | 周期    | 平均波高   | 初期状態    |
|-----|-------|--------|---------|
| 1   | 1.5 s | 0.12m  | 平坦      |
| 2   | 2.2 s | 0.089m | 平坦      |
| 3   | 2.2 s | 0.089m | 一部に切り込み |

表-1 実験ケースの条件

### 4. 実験結果及び考察

砂面計から得られた測定値は波長の長い成分を含んでおり、砂れんの波長や波高を解析するには不適当であるため、数値フィルターを用いてまず砂れんとは明確に区別できる、波長が30cm以上の変動を取り除き、さらに2cm以下の波長の成分を除去することによって、砂面の変動を平滑化した。図-2は、縦軸に各時間に対する砂面変動量をとったもので1目盛り1cmである。横軸には砂層端部から波の進行方向への距離（y）をとり、3ケースの中央測線上の砂れん形状の時間変化について表したものである。図-2より砂れんは一定の速度で発達しており、その移動速度は、周期1.5secの場合7~8cm/min、周期2.2secでは10cm/minである。また周期1.5secと周期2.2secでは砂れんの発生と発達に違いがみられる。まず周期1.5secの場合、沖側からの発達に加えて、y=3m付近からも砂れんが発生し、この砂れんは岸側だけでなく沖側にも発達している。そして砂れんが砂面全体に広がった15分以後も砂れんは変動し続けている。これに対し周期2.2secの場合は、沖側で発生した砂れんが徐々に岸側に発達し、成熟後の砂れんは規則的で安定する傾向がみられる。次にケース3の切り込み部（y=3.5m付近）に注目すると、砂れんは切り込み部を境として岸側に発達し、切り込み部は沖側で発達した砂れんが近づくまで移動しない。砂れんが接近すると切り込み部分を押し出す形で発達し、その後砂れんは一体となる。砂れんが重なり合うとき、波長と波高に乱れが生じるが数分で安定し、全体的にはその形を維持する傾向にある。

図-3、図-4はケース2について砂れん波長、砂れん波高の時間変化を示したものである。図中の実線は平均波長、平均波高を表し、バーで各時間に対する最大値、最小値を示す。図-5は砂れんの波高に対する頻度分布を表したもので、横軸には砂れん波高を0.5cm刻みで表示している。各値は、平均砂面をゼロアップクロスする点で一波一波

の砂れんを定義し、砂れん波高及び波長を算出した。ただし、砂れん波長は20cm以内、砂れん波高は0.5cm以上を砂れんとみなすことにした。これらの図は、中央測線上の結果について示したものである。平均砂れん波長の時間変化は、砂れん波長の最大値、最小値の変動幅が大きいのに関わらず、砂れんが発生してすぐ一定値に達し、砂れんの発達過程での変化がみられない。一方、平均砂れん波高は、波長に比べて緩やかに増加し、多少の凹凸はみられるが、15分をすぎるとほぼ一定値を示している。

図-5の砂れん波高の頻度分布より、砂れん波高は徐々に発達し、砂れんの発達の初期段階では、卓越している波高はない。しかし砂れんが砂面一体に広がった30分後を境に、砂れん波高は1.5~2.5cmに集中する。

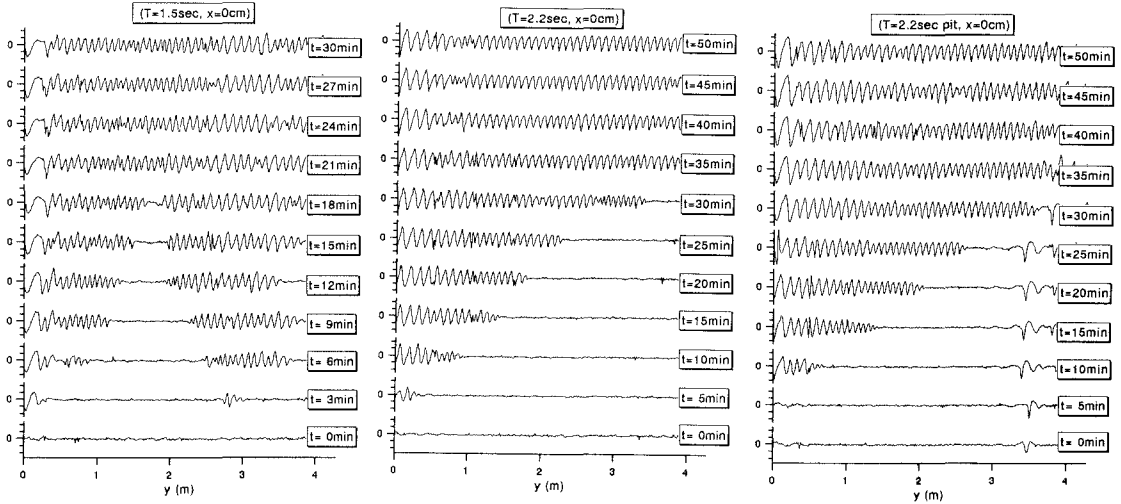


図-2 砂れんの時間変化

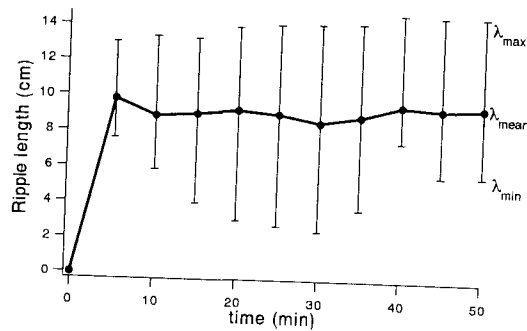


図-3 砂れん波長の時間変化 (T=2.2sec x=0cm)

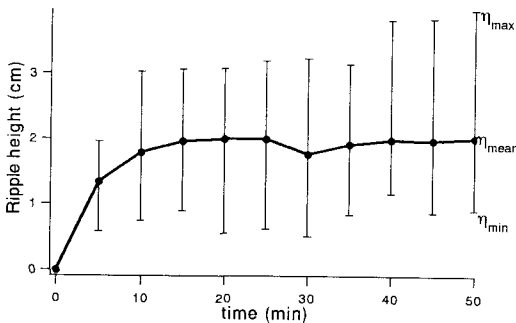


図-4 砂れん波高の時間変化 (T=2.2sec x=0cm)

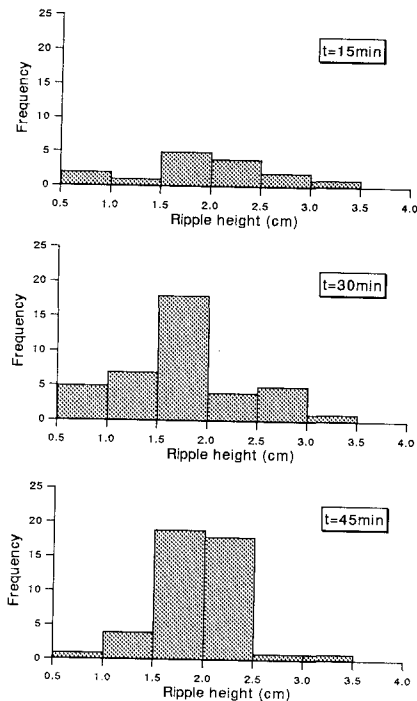


図-5 砂れん波高の頻度分布の時間変化 (T=2.2sec x=0cm)