

II-349 既存の漂砂量データに関する一考察

京都大学防災研究所 正員 河田 恵 昭

1. 緒 言

現地海岸における精度の高い漂砂量の観測値が皆無に近い現状では、漂砂量式の妥当性は、実験データとの程度適合しているかという判断のもとに行われている。しかしながら、それらには実験上の制約があることも事実であり、慎重に取り扱わないと、せっかくの結論が一般性を失ってしまう恐れがある。ここでは、現在広く用いられている漂砂量のデータの特性を検討して、どのような制約があるのかについて明らかにしたい。

2. 漂砂量に関する実験の特性

従来、漂砂量に関する実験は、次の3つの水槽で行われてきた。すなわち、1)造波水槽、2)振動水槽、及び3)U字管振動流水槽、である。それぞれの特質は、次のようである。まず、1)は通常、2次元水槽で行われるものであって、Froudeの相似則を通して、現地海岸の波の特性を再現できる。しかし、次のような問題がある。(a)水槽端部での反射のため、たとえ反射率を数パーセント以下に押さえても、部分重複波のために、砂れんの波長の10数倍の砂堆(直径0.2mmの標準砂で実験を行うと、波長が2m、波高2.3cm程度のものが発生する)が移動床に発生し、その頂部に向かって漂砂が移動する。従って、アーセル数などの波の非線形性を表すパラメータなどで方向を決める場合には注意を要する。この事実から、水槽底のごく一部を移動床にした実験は問題があることは明かであろう。(b)Shields数が移動限界の数倍程度の範囲であれば、波形が対称な波で実験できるが、それ以上では非対称になって、向岸漂砂量と離岸漂砂量が異なる。もちろん、質量輸送も発生するので、その影響が出てくる。(c)一般に移動限界を越えるとすぐに砂れんが発生し、例えば、Shields数 τ_* が0.5から0.8程度でsheet flow conditionになるまでその状態が継続する。とくに、Shields数が小さい領域では砂れんが水槽底面全域に発生するまでかなりの時間が必要であり、どの時点で砂面が平衡状態であると判断して漂砂量を計測するかが重要となる。このほか、波高減衰の問題もある。次に、2)では水粒子の軌跡はすべて水路底に平行となるため、実際の波のような鉛直方向の流速成分や圧力勾配を無視せざるを得ず、また加速度が大きくなると、振動板と底面砂粒間にスリップが発生したりするので、水槽底に平行方向の慣性力の評価が波動場と振動場で異なる可能性がある。従って、この影響はたとえば砂れんの形状特性に現れると考えられる。すなわち、振動水槽では、Manoharの実験結果からわかるように砂れんの波形勾配が造波水槽やU字管振動流水槽で発生するその半分程度以下であって、逆に振動場では波高の大きな砂れんが発生しにくいと言える。後述するように、Shields数が0.1程度の実験でも、砂れんが発生しているはずであるにもかかわらず、砂れんに関する記述は極めて少ない。ただし、完全に正弦流速場を作ることができるという特長がある。3)では2)のスリップの問題が無くなるほか、Shields数が1程度を越えても無理なく発生できるという特長をもっている。これらの実験水槽で行ったデータをShields数と無次元漂砂量 $q_* (=q/u_* d)$ の関係でプロットしたものが図-1であって、非常に散乱していることがわかる。

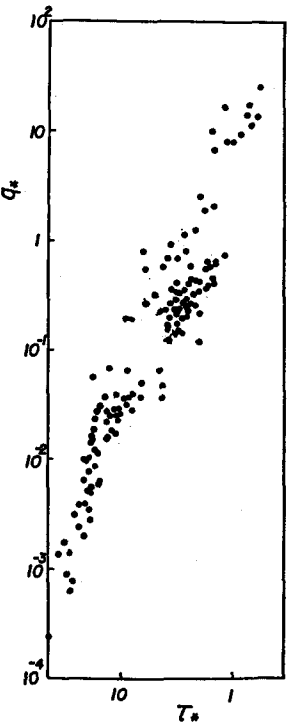


図-1 Shields数と半周期無次元漂砂量との関係

3. 従来の実験値の特性

1)Abou-Seidaの実験: 波浪・振動水槽で実験を行い、2編の報告書 に

表-1 漂砂量に関する実験条件

Researcher	Tank	length (m)	depth (m)	width (m)	sediment diameter(mm)	specific gravity
Manohar (1955)	Oscillating	3.66	0.91	0.30	1.01	2.60
Kalkanis (1964)	Oscillating	3.66	0.91	0.30	1.68, 2.18, 2.82	2.63
Abou-Seida (1964)	Wave	16.5	0.31	0.61	0.145	
Abou-Seida (1965)	Wave Oscillating	32 3.66	0.91 0.91	0.30 0.30	0.463 0.121, 0.145 0.261, 0.300	2.65
Sleath (1978)	Oscillating	2.14	0.91	0.30	1.89 4.24	2.58 2.61
香取ほか (1980)	U-tube	2	0.25	0.25	0.2	2.66
沢本・山下 (1985)	U-tube	1.93	0.1	0.15	0.2, 0.07, 0.16	2.65
山下ほか (1986)	U-tube	2.95	0.24	0.2	1.2 3	2.65 2.65

まとめている。前者の報告書では砂れんの移動速度と漂砂量との関係を議論することが目的であるから、実験ケースは少ないが漂砂量と砂れんの特性とが数値で与えられている。波浪水槽では、岸側端部で漂砂量を計測しているので、これは半周期の向岸漂砂量と言える。後者では、加速度の効果を明らかにするために、密度の相違する3種の粒子を用いている。その理由は彼が指摘しているように、砂粒を用いると砂れんが発生するためであるが、その砂れんについては何も記述していない。従って、摩擦係数の推定では注意を要する。振動水槽では移動床中央部の中央で岸沖方向に仕切ったトレイで半周期漂砂量を計測している。

2) Kalkanisの実験 : 振動水槽での実験である。砂れんに関する記述はない。水槽の中央部のトレイに溜る漂砂は向岸・離岸漂砂の合計であり、従って、その半分が半周期漂砂量に相当している。模式的に描いてある移動床の層厚が薄いので、実験時間はそう長くないと推定され、これらのことから砂面が平衡状態になっているかどうかの疑問が残る。

3) Manoharの実験 : 振動水槽での実験である。ただし、基本的に岸沖方向に角速度を変化させているので、対称流とはなっていない。このことから、仮にいずれかの方向の角速度がもう一つのその2倍以上あっても、それをもって半周期の漂砂量とすることは問題があろう。彼の実験では振動水槽で唯一、砂れんの特性を詳しく検討したものとなっている。

4) Sleathの実験 : 振動水槽での実験であり、トレイの深さは15mmと浅い。砂れんの発生が見られるものはデータとして用いていない。このことは、彼の結果は砂面が非平衡状態の下で計測したものになっている。漂砂量はシネカメラで撮影した砂粒数をカウントしている。

5) 香取の実験 : U字型振動流水槽でsheet flow状態の漂砂量を濃度計と移動速度の積から求めている。もちろん、砂面はplane bedである。

6) 山下の実験 : U字型振動流水槽で漂砂量を砂村による方法で計測している。Shields数が小さい時には、plane bedではなく、波高のかなり小さい砂れんが発生していると推察されるが、それに関する記述はない。

これらの実験条件をまとめて表-1に示す。これからわかるように、Abou-Seida, Kalkanis 及びManoharの用いたBeach Erosion Board(現C E R C)の振動水槽は同じものであることがわかる。

4. 結 語

ここでは、従来広く用いられている漂砂量のデータの特性について検討した。漂砂量式との適合性の吟味では、とくに振動水槽によるデータは波浪水槽やU字型振動流水槽のもの比べて、砂れんの波形勾配が小さいことに示されるような特性の相違があるので、注意する必要がある。なお、非線形波による漂砂量の実験結果については、その計測方法を含めて機会を改めて述べる予定である。