

II-434

水平・鉛直振動装置による砕波帯の砂の浮遊機構に関する実験

三井建設(株) 正員 松野 憲司
北海道大学大学院 学生員 高木 雄一郎
北海道大学工学部 正員 山下 俊彦

1. はじめに 砕波帯内では、波の軌道流速と砕波による乱れ(大規模渦を含む)が共存している。このような場での砂の浮遊は両者の大小関係にもよるが、砕波点近傍(水平渦が卓越)以外では両者の影響を考慮する必要があると考えられる。砕波による斜め渦や乱れは時空間的に不規則かつ複雑に発生するため流れ自体の定量的把握が十分ではなく、実際の砕波による砂の浮遊機構を扱うことは非常に困難である。また、砂の浮遊への波の軌道流速と砕波による乱れの個別の影響を調べることも難しい。そこで本研究では波の軌道流速をトレイの水平振動、砕波による乱れを格子の鉛直振動で模擬し、かつ独立に作動できる装置により制御された比較的簡単な流れの場を作り、そこでの砂の浮遊機構を軌道流速と乱れの効果に着目して考察する。

2. 実験装置及び方法 図-1に実験装置の概略を示す。水槽内に波の軌道流速を再現するための水平振動するコの字型のトレイを入れた。トレイの両端には、トレイの振動により観測部に波が発生しないようにテフロンシート付きの鉄製のプレートを取り付けた。底面には5cm厚で粒径 $d=0.16\text{mm}$ (沈降速度 $W_0=2.2\text{cm/sec}$)の珪砂を敷いて河床とした。砕波による乱れを模擬できるように水平振動とは独立に3層の格子を鉛直振動させた。格子の断面は1cm角である。流速はレーザー流速計、濃度はサイフォンで測定した。実験条件を表-1に示す。表中には形成された砂連の形状も示した(空欄は不規則で測定不能であった)。

3. 実験結果及び考察 3.1 鉛直振動のみを与えた場合 図-2に鉛直・水平方向乱れ強度の鉛直分布を示す。図中には格子(斜線部)の可動範囲も示す。Zは底面から上向きにとった距離である。格子の可動範囲においては鉛直方向・水平方向ともに乱れ強度の値はほぼ一定で、水平方向は鉛直方向の約半分となっている。格子の可動範囲の下では鉛直方向と水平方向の乱れ強度の値はほぼ同じで、格子から離れるにつれて指数関数的に減衰していくことがわかる。この乱れ強度の減衰は浦ら(1984)¹⁾の結果とほぼ同じである。図-3に最下層格子と底面までの距離Dを1.5, 3.0, 6.0cmとした時の濃度分布を示す。Dの値が大きいくほど濃度は小さくなっている。これは乱れ強度の鉛直分布からわかる様に、Dが大きいくほど底面付近での乱れ強度が小さく砂の巻き上げが小さくなったためである。一方、濃度勾配はDによらずほぼ一定である。これは底面

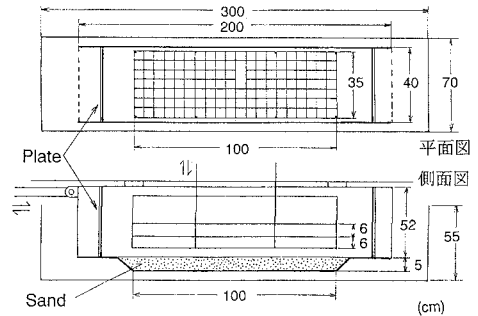


図-1 実験装置

No.	U_m (cm/sec)	S_z (cm)	T_z (sec)	T_1 (sec)	D (cm)	Ls (cm)	Hs (cm)
1	2.0	3.1	4.89	0.44	1.5	5.90	0.74
2				0.44	3.0	6.45	0.76
3				0.44	6.0	5.90	1.04
4				∞	∞	∞	∞
5	2.5	3.1	4.25	0.44	1.5	6.10	0.76
6				0.44	3.0	6.70	0.98
7				0.44	6.0	8.10	1.58
8				∞	∞	∞	∞
9	3.0	3.1	3.89	0.44	1.5	7.50	0.82
10				0.44	3.0	8.10	1.04
11				0.44	6.0	9.20	1.68
12				∞	∞	∞	∞
13	0	0	∞	0.44	1.5		
14				0.44	3.0		
15				0.44	6.0		

U_m : 水平流速振幅 S_z : 鉛直振幅(6cm) S_z : 水平振幅
 T_z : 鉛直周期 T_z : 水平周期 D: 最下層格子から底面までの距離 Ls: 砂連の波長 Hs: 砂連の周期

表-1 実験条件

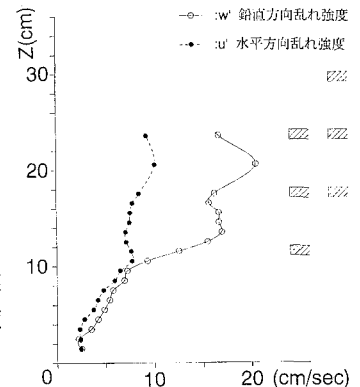


図-2 乱れ強度の鉛直分布

から巻き上げられた砂の拡散が格子の可動範囲の一定の乱れ強度の乱れに主に起因しているためと思われる。濃度勾配から求めた浮遊砂の拡散係数は約 $\varepsilon_z = 32 \text{ cm}^2/\text{sec}$ である。関根ら(1985)²⁾により提唱された式によると、 $\varepsilon_z = 0.44 W' S_1 = 40 \text{ cm}^2/\text{sec}$ となり比較的近い値となった。

3.2 水平振動のみを与えた場合

図-4に実験結果を示す。図中には基準点濃度を沢本・山口(1978)³⁾、濃度分布形を沢本・山下・北村(1981)⁴⁾の理論で求めた結果も示す。ただし基準点濃度を求める際には比例定数を10とした。濃度は流速が大きいほど大きく、分布形は片対数紙上で指数型となることがわかる。実験値は理論値とほぼ一致し、トレイの振動による砂漣上の濃度分布を造波水路での砂漣上の濃度分布の理論で推定できることがわかる。

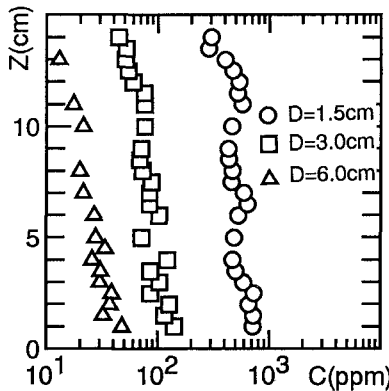


図-3 濃度分布(鉛直振動のみ)

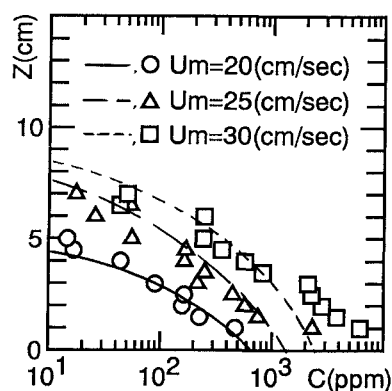


図-4 濃度分布(水平振動のみ)

3.3 鉛直・水平両振動を与えた場合

表-1を見ると、形成される砂漣の形状はどの水平方向流速振幅についても、Dが小さくなり鉛直方向の乱れが底面に強く影響すると砂漣の形状、特に波高は小さくなる。図-5に濃度分布の実験結果の一例($U_m = 30 \text{ cm/sec}$)を示す。図中には水平振動のみの結果も示す。図-3の鉛直振動のみの場合との比較から、底面に水平振動を与えると砂漣が形成され砂が巻き上げられるため濃度が大きくなることがわかる。また濃度分布は図-3の場合とは異なり、Dの値によらずほぼ同じになることがわかる。これは、Dが大きい時には形成される砂漣の波高が大きく砂漣による砂の巻き上げが多く、Dが小さい時には砂漣が小さくなり砂漣による砂の巻き上げが少なくなるが、鉛直方向の振動による乱れが底面に大きく影響するので、Dの値にかかわらずほぼ同一の濃度分布が得られたものと考えられる。水平振動のみの場合の砂漣上の濃度分布と比較すると、底面付近ではほぼ一致していることがわかる。図-6は他のケースも含めて鉛直・水平両振動を与えた場合の底面濃度と水平振動のみを与えた場合の砂漣上の基準点濃度(砂漣頂より砂漣の波高だけ高い位置の濃度)を比較したものである。両者はほぼ一致しており、水平振動のみの場合の砂漣上の基準点濃度から鉛直・水平両振動の場合の底面濃度が程度推定できると考えられる。

今後、実際の碎波帯内の浮遊砂の底面濃度と同じ軌道流速で碎波の影響のない砂漣上の基準点濃度の関係を調べていくつもりである。

[参考文献] 1) 浦・小松・松永(1984), 土木学会論文集

2) 関根・広末・菊池・吉川(1985), 水理講演会 論文集

3) 沢本・山口(1978), 海岸工学講演会論文集

4) 沢本・山下・北村(1981), 海岸工学講演会論文集

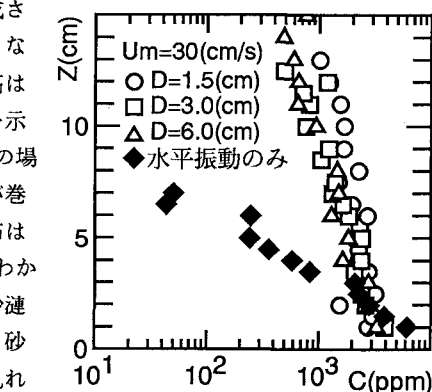


図-5 濃度分布(鉛直+水平)

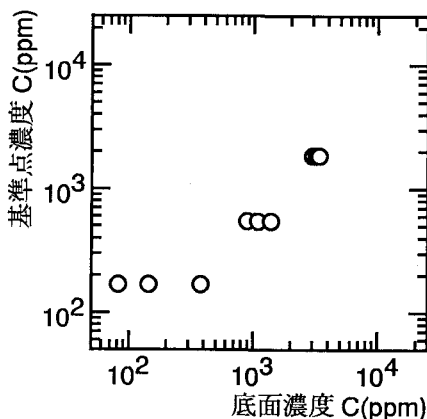


図-6 底面濃度と基準点濃度