

漂砂の移動限界に及ぼす強制浸透の影響

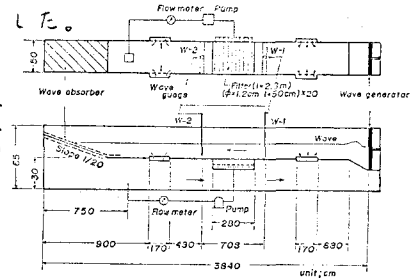
京都大学防災研究所 正会員 土屋義人

京都大学防災研究所 正会員 河田恵昭

京都大学大学院 学生員 〇上田康裕

1. 緒言 Plane bedを対象とし、種々の吸水条件下で進行波による漂砂の移動限界の実験を行い、新しい判定基準による移動限界の実験値と従来の実験結果との比較・検討からその妥当性を検証するとともに、強制浸透の影響を考察した。

2. 実験装置・実験方法の概要 実験は図-1に示す二重床式波浪水槽を用いて行った。水路中央部付近の段落部に設けた移動床は、中央粒径0.20mm、比重2.65の豊浦標準砂を厚さ約3cmに敷き、その下に15cm間隔で設置した塩化ビニールパイプφ20本を通して、移動床全域からほぼ一様に吸水できるように工夫した。移動限界に関する



実験条件は表-1にまとめて示してあり、表中の u_b は吸水速度、 T は波の周期および H は u_b と T が一定の状態での波の半周期の漂砂量が零となる場合の波高の推定値である。また、これとは別に、従来の初期移動限界に対応すると考えられる状態での単位時間単位面積当りの移動量を目視によって計測し、土屋の提案による底質の粒径に依存しない移動割合 $P_0\%/sec$ を用いて整理して、つぎに述べる新しい移動限界の定義による実験値および従来の実験値との比較・検討を行った。

3. 実験結果とその考察 a. 従来の移動限界に関する実験結果との比較: 図-2および図-3はそれぞれ底面における最大水粒子速度 $\bar{u}_0$ と摩擦速度 u_* を用いて著者の実験結果と従来の実験結果を比較したものである。これから、 $P_0 = (5.7 \sim 14.2) \times 10^{-5} \%/sec$ および目視による実験値は従来の初期移動限界の実験値と対応することがわかる。なお、図-2において Vincentの実験値は判定基準の相違も原因として $\bar{u}_0^2 \delta / \nu \tan \phi$ の値が破線で示すように大きくなっているが、 $\bar{u}_0 \delta / \nu$ (ここに、 δ : 層流境界層厚および ν : 流体の動粘性係数)が100程度から小さくなっている。この $\bar{u}_0 \delta / \nu$ の値は Jonsson や Brebner が示した波動境界層が層流から滑面乱流へ移行する限界付近と一致している。また、図-3では $\bar{u}_0 \delta / \nu$ をパラメータとして無次元限界掃流力 P_0 を示したが、図中に示した野田の計算値に比べて全体的に実験値

表-1 実験条件

Run No.	u_b cm/sec	T sec	H cm
1-1	0	1.26	2.3
1-2	0	1.43	2.5
1-3	0	1.54	2.8
1-4	0	1.66	2.9
1-5	0	1.93	3.2
1-6	0	2.00	2.2
2-1	0.024	1.26	2.6
2-2	0.024	1.43	2.6
2-3	0.034	1.54	2.99
2-4	0.024	1.66	4.08
2-5	0.024	1.93	3.30
2-6	0.024	2.00	2.48
3-1	0.095	1.26	3.92
3-2	0.095	1.43	3.00
3-3	0.095	1.54	3.10
3-4	0.095	1.66	4.20
3-5	0.095	1.93	3.46
3-6	0.095	2.00	2.88
4-1	0.155	1.26	3.40
4-2	0.155	1.43	4.04
4-3	0.155	1.54	3.40
4-4	0.155	1.66	4.40
4-5	0.155	1.94	3.20
4-6	0.155	2.00	3.10
5-1	0.177	1.26	3.15
5-2	0.177	1.43	4.25
5-3	0.177	1.54	3.95
5-4	0.177	1.66	4.50
5-5	0.177	1.93	3.55
5-6	0.177	2.00	3.35

図-2 および図-3 はそれぞれ底面における最大水粒子速度 $\bar{u}_0$ と摩擦速度 u_* を用いて著者の実験結果と従来の実験結果を比較したものである。これから、 $P_0 = (5.7 \sim 14.2) \times 10^{-5} \%/sec$ および目視による実験値は従来の初期移動限界の実験値と対応することがわかる。なお、図-2において Vincentの実験値は判定基準の相違も原因として $\bar{u}_0^2 \delta / \nu \tan \phi$ の値が破線で示すように大きくなっているが、 $\bar{u}_0 \delta / \nu$ (ここに、 δ : 層流境界層厚および ν : 流体の動粘性係数)が100程度から小さくなっている。この $\bar{u}_0 \delta / \nu$ の値は Jonsson や Brebner が示した波動境界層が層流から滑面乱流へ移行する限界付近と一致している。また、図-3では $\bar{u}_0 \delta / \nu$ をパラメータとして無次元限界掃流力 P_0 を示したが、図中に示した野田の計算値に比べて全体的に実験値

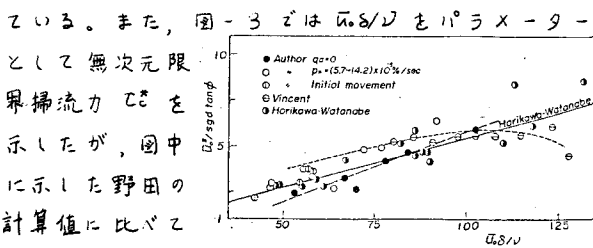


図-2 初期移動限界の実験結果($\bar{u}_0$ による表示)

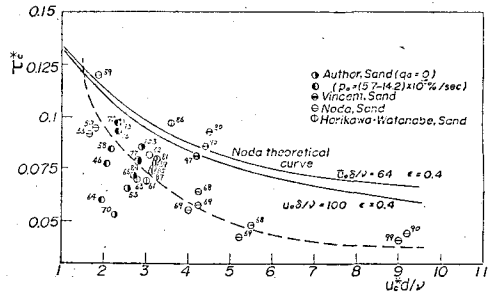
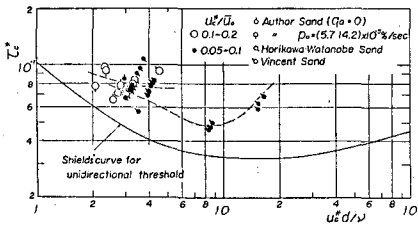


図-3 初期移動限界の実験結果(u_* による表示)

Yoshito TSUCHIYA, Yoshiaki KAWATA, Yasuhiro UEDA

が小さくな
ていこ
とが見出
れる。図-4
および5は



初期移動限 図-4 進行波による初期移動限界

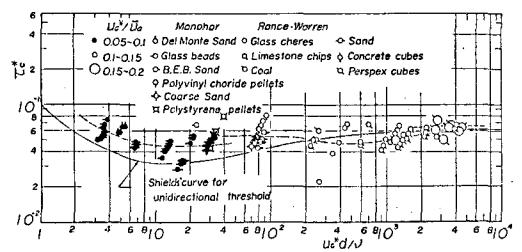


図-5 振動板・振動流による初期移動限界

界と砂粒 Reynolds 数との関係がある。後者の振動境界層では、底面付近での圧力変動が考慮されず、また慣性項の影響がないために波動境界層とは相違するが、実験値の散乱が大きくその差は明らかではない。これらの図と全面移動限界に関する表示から、波動場での加速度の影響を考慮して底面せん断力を適切に評価すれば、移動限界が無次元掃流力で表示でき、流砂・飛砂の移動限界と統一的に説明する立場からさらに検討する必要があることが再確認される。

6. 新しい定義による漂砂の移動限界：従来の漂砂の移動限界の実験では、流砂・飛砂の場合のように定量的かつ従来の実験値をうまく説明するような判定基準がないため、各実験者による計測誤差が大きいといえる。そこで、判定基準の定量化の試みとして、波の半周期間に波の進行方向に直角方向の基準線を横切る単位時間単位面積当りの漂砂量 g_a が零となる波の条件を推定し、これを漂砂の移動限界とした。図-6 は横軸に $g_a=0$ 、縦軸に $p_0=(5.7\sim14.2)\times10^5/\text{sec}$ の場合

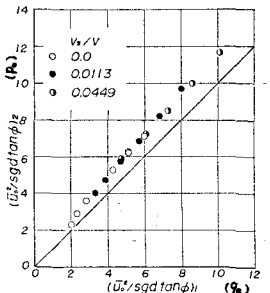


図-6 移動限界の比較

の $u^*/sgdtan\phi$ の値を比較したものである。 $g_a=0$ の場合の方が従来の定義による値より若干小さく、またすべての吸水条件でこの傾向が見出される。これは $g_a=0$ では流体力の持続時間が関係し、波形の非対称性や周期の影響が入るためと推定される。また、図-2, 4 から p_0 の値が $p_0=(5.7\sim14.2)\times10^5/\text{sec}$ の場合に比べて若干小さくなっているが、ほぼ従来の実験値と対応することがわかる。ここで提案した移動

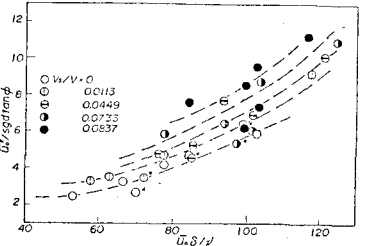


図-7 漂砂の移動限界($g_a=0$)

限界の定義は null point の特殊な場合に対応するとも考えられ、漂砂の移動機構を考えるうえで、しかも定量化しようという点において有用であろう。

c. 漂砂の移動限界に及ぼす強制浸透の影響：図-7 は u_0 を用いて整理した $g_a=0$ の場合の漂砂の移動限界の実験値であり、吸水速度 u_s と Rubey 式による砂粒の沈降速度の比をパラメーターとして示してある。また、

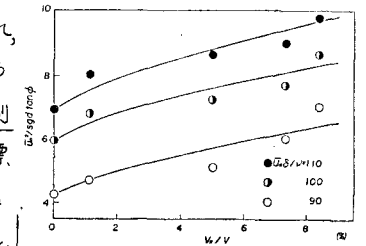


図-8 移動限界に及ぼす強制浸透の影響

図-8 は u_0/u を一定として整理したものである。これらの図から、 u_s/u の増加に伴って $u^*/sgdtan\phi$ の値が増加することがはっきりわかる。これらより、沈降速度の 8% 程度の強制浸透によつて、 $u^*/sgdtan\phi$ の値が $u_s=0$ の場合の約 1.5 倍になることが認められるが、吸水条件を付加した場合の u_0 あるいは u_s の値を理論的に算出し、強制浸透の影響をさらに適切に評価する必要がある。