

II - 435

非定常性に着目したシートフロー状態の移動層厚

戸田建設（株）	正会員	野崎 克博
北海道大学大学院	学生員	染矢 武彦
北海道大学工学部	正会員	山下 俊彦

1. はじめに

従来、漂砂量はシールズ数のみの関数として取り扱われてきた。しかし波の持つ重要な特徴は非定常性であり、土屋ら(1984)¹⁾、山下ら(1989)²⁾は掃流砂を対象として、非定常性が強いと同じシールズ数でも漂砂量が増加することを報告している。さらに、山下ら(1992)はシートフロー状砂移動についても同様のことを報告している。ここで問題となるのは、非定常性のパラメータとして何を採用するかである。これらの研究では、非定常性のパラメータとして d_0/d (d_0/d が大きいほど非定常性小、 d_0 ; 水粒子移動距離、 d ; 底質粒径) を用いているが山下ら(1992)³⁾の研究では同じ d_0/d のときに移動層厚はシールズ数の3.5乗という高いべき乗に比例する結果となっている。そこで本研究では、まず底質粒子の運動方程式を無次元化することにより新たな非定常性のパラメータを導出する。次に、ピストン駆動式環流型振動流装置を用い、シートフロー状態の移動層厚を系統的に調べ、移動層厚への非定常性の効果を明らかにする。

2. 支配パラメータ

水平床上にある底質粒子に関する運動方程式は式(1)である。

$$(M + C_M m) \frac{dU_r}{dt} = (1 + C_M) m \frac{du}{dt} + \frac{1}{2} C_D \rho A (u - U_r)^2 - \mu (s - 1) m g \quad \dots\dots\dots (1)$$

式(1)を $(s-1) \text{ mg}$ で割り、代表値で表すと式(2)となる。

$$\left(\frac{s+C_m}{s-1}\right) \frac{1}{g} \frac{d U_p}{d t} = 2 \pi \left(\frac{1+C_m}{s-1}\right) \frac{U_m}{g T} + \frac{3}{2} \Psi_m - \mu \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 U_p ：底質粒子速度、 U_m ：水粒子流速振幅、 T ：周期、 s ：比重、 C_m ：付加質量係数、 g ：重力加速度、 Ψ_m ：シーلز数、 μ ：摩擦係数である。左辺は粒子の加速度項で移動層厚に関係する項である。右辺第1項は圧力勾配項、第2項はせん断応力項、第3項は摩擦力項である。右辺第1項と第2項が粒子を動かそうとする外力項であり、移動層厚はこの2つの項に対応した無次元パラメータ U_m/gT と Ψ_m で整理を試みる。 U_m/gT が新しい非定常性のパラメータである。 d_o/d は2つのパラメータの比 $\Psi_m/(U_m/gT)$ にほぼ対応する。

3. 実験装置および方法

実験は、多量の砂移動を発生させることができる図-1に示すピストン駆動式振動流装置を用いた。水粒子速度は光ファイバーレーザー流速計、移動層厚はビデオを用いて測定した。底質粒子として粒径 $d = 0.28\text{cm}$ 、比重 $s = 1.41$ のプラスチック粒子を用いた。実験条件は、周期 $T = 0.6 \sim 3.5$ 秒、流速振幅 $U_m = 15 \sim 80\text{cm/s}$ で約35ケースの実験を行った。

4. 実験結果および考察

図-2に、底面の影響のないところの水粒子流速の測定結果の1例を示す。流速変化はほぼ正弦的に変動していることがわかる。前報³⁾の結果と比較すると

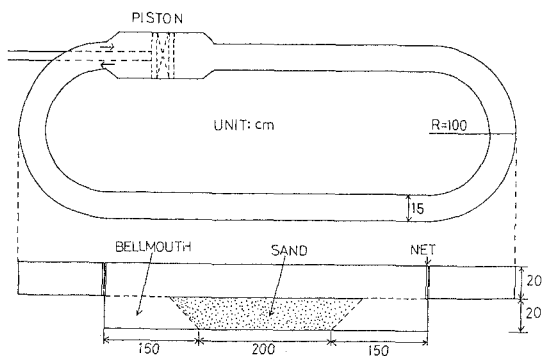


図-1 実験装置

かなりきれいな流速変化になっている。これは、装置のがたがなくなるように改良したためである。

図-3は、粒径で無次元化した移動層厚 δ_o/d とシールズ数 Ψ_m の関係を U_m/gT の大ききでわけてグラフ化したものである。移動層厚は、底質粒子が水粒子移動距離の2%水平に移動する層までとし、静止状態での底質粒子の表面からその層までの厚さを移動層厚と定義した。データは少しばらついているが、同じ Ψ_m では非定常性が強い（ U_m/gT が大）程、移動層厚が大きくなっている。また、 U_m/gT が同じ場合には移動層厚はシールズ数 Ψ_m のほぼ1.5乗に比例していることがわかる。

図-4は、図-3と同軸は同じで非定常性のパラメータとして U_m/gT のかわりに d_o/d で整理したものである。図-3と同様、同じ Ψ_m では非定常性が強い（ d_o/d が小）程移動層厚が大きくなっている。しかし、同じ d_o/d では移動層厚はシールズ数 Ψ_m の約4乗という高次のべき乗に比例する結果となる。これは、支配パラメータのところでも述べたように d_o/d は $\Psi_m / (U_m/gT)$ にほぼ比例する量で、パラメータ d_o/d のなかにシールズ数 Ψ_m が含まれているためだと考えられる。

図-5は、縦軸に無次元移動層厚、横軸に U_m/gT ととり、 Ψ_m の大ききで分けてグラフ化したものである。データは少しばらついているが、同じシールズ数では移動層厚は U_m/gT のほぼ2~3乗に比例していることがわかる。

参考文献 1)土屋、上田、大下(1984)、海岸工学講演会論文集、pp. 306~310 2)山下、金沢(1989)、海岸工学論文集、pp. 254~258 3)山下、金岡、牧野(1992)、海岸工学論文集、PP. 291~294

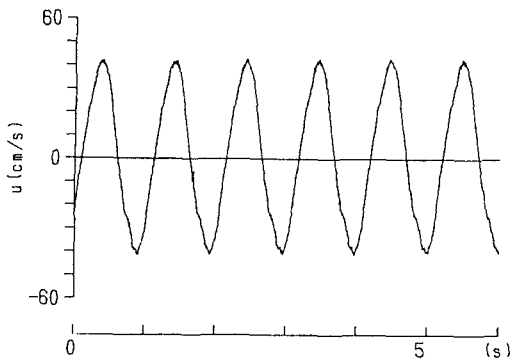


図-2 水粒子速度

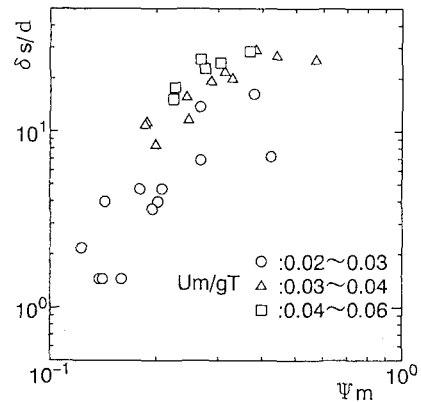


図-3 移動層厚 $\delta_o/d \sim \Psi_m (U_m/gT)$

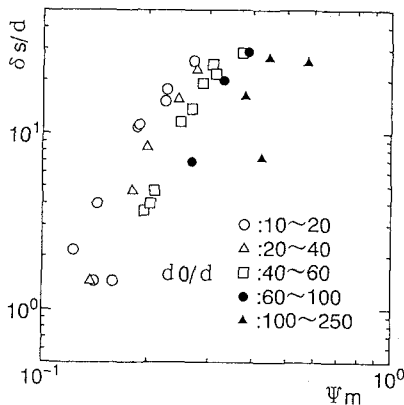


図-4 移動層厚 $\delta_o/d \sim \Psi_m (U_m/gT)$

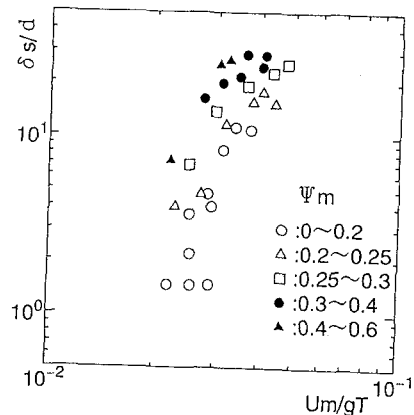


図-5 移動層厚 $\delta_o/d \sim U_m/gT (\Psi_m)$