

京都大学防災研究所 正会員 土屋 義人
住友金属株式会社 正会員 上田 康裕

1. 緒言

波による砂れんの発生は漂砂の所産であるが、一方松坑法則を通じて、漂砂量則の確立に密接に関連する。従来、Bagnoldをはじめとする数多くの実験とInmanらによる現地観測によって、かなりその特性がわかってきた。けれども、これら実験および観測結果の統一表示は見出されていない。それは両者の間に scale effect が存在するためと考えられる。したがって、本研究ではとくに、この点に着目して砂れん特性の統一表示を試みる。

2. 砂れんの波長

Bagnoldの実験により、またInmanらの観測結果において、すでに明らかにされているように、砂れんの波長 λ は波による水粒子の軌道直径に比例するが、その大きくなると底質粒径に関係してくる。図-1および2にはそれぞれ実験および観測結果を比較して示す。図中、 D は底質粒径、 d_o は軌道直径であり、 Ω^* はShields数である。これらの図から、実験結果の大部分においては、波長は軌道直径に比例するが、 $d_o/D > 10^3$ になると、これにほとんど関係しなくなり、むしろ Ω^* に依存することになる。これに対して、観測結果の大部分は $d_o/D > 10^3$ であり、波長は軌道直径に関係せず、 Ω^* に依存することになり明白である。このことから、波による砂れん特性を次のように考える。

波による砂れん特性は、 $d_o/D \approx 10^3$ 付近と境界として、実際上、実験規模と現地規模に分類して考えるべきであり、両者には明らかな scale effect が存在する。このことを漂砂機構において考えれば、前者は底質の移動に対して波による加速度の効果が卓越し、後者では加速度の効果よりも、底質粒径に依存する流れの場すなわち Shields 数に支配される。

図-2の中には、図-1に示した実験値のうち、 $d_o/D > 10^3$ のものを示してあるが、 Ω^* をパラメータとして、観測値とほとんど同一の直線上で表されることで、この著者らの考え方を確認することができる。

3. 砂れんの波高

この場合も、全く同一の考え方によって、実験および観測結果を整理することができる。図-3にはInmanらによる観測値を示す。波高 H については、 d_o/D がかなり大きくなるとこの考えは適用されない。Dinglerらの述べているようにこの観測値は波特性との対応が問題であ

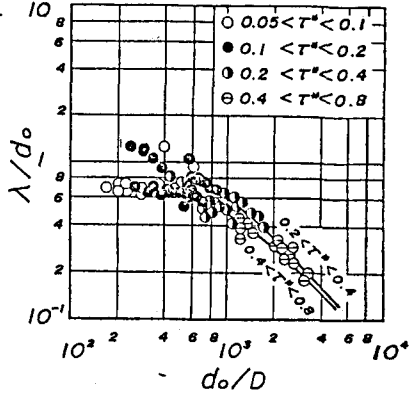


図-1 λ/d_o と d_o/D の関係(1)

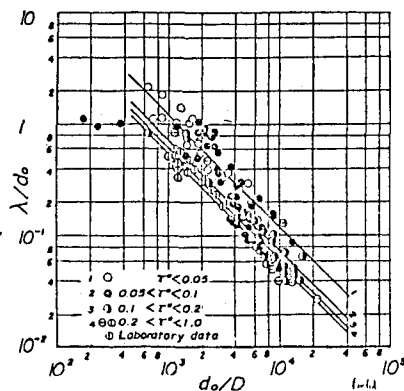


図-2 λ/d_o と d_o/D の関係(2)

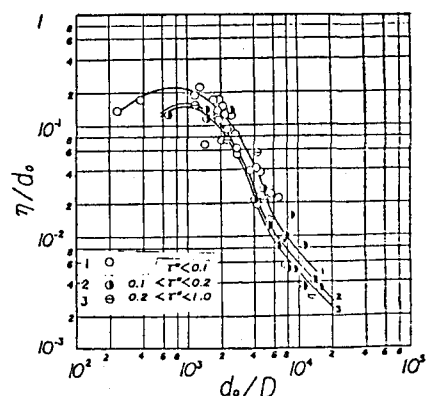


図-2 λ/d_o と d_o/D との関係

るため、波高が大きく現れているものと考えらる。本研究では、波長と全く同様に、波高の場合にも、 $d_0/D \approx 10^3$ を境界として実験および観測結果が分けられ、前者は主として水粒子の軌道直径に、後者は Shields 数に依存するものとする。

4. 砂れんの波形勾配

以上の考察の結果によれば、砂れんの波長および波高は $d_0/D < 10^3$ においては、

$$\frac{\lambda}{D}, \frac{H}{D} = f(\tau^*, \frac{u^* D}{\nu}) \quad (1)$$

により、また $d_0/D > 10^3$ においては、

$$\frac{\lambda}{D}, \frac{H}{D} = g(\tau^*, \frac{u^* D}{\nu}) \quad (2)$$

によって表わされる。したがって、砂れんの波形勾配は次式で表される。

$$\frac{\eta}{\lambda} = h(\tau^*, \frac{u^* D}{\nu}) \quad (3)$$

ただし、いずれも砂粒 Reynolds 数 $u^* D/\nu$ の効果は著しくない。

図-3 には、実験値による波形勾配 η/λ の Shields 数 τ^* による変化を示す。砂粒 Reynolds 数 $u^* D/\nu$ の効果はほとんど見出せない。底質の移動限界における Shields 数 τ^* に近づけば $\eta/\lambda \rightarrow 0$ となり、またいわゆる sheet flow 状態ではやはり $\eta/\lambda \rightarrow 0$ となると思われる。これに対して、現地規模を対象とした場合には、式(2)による関係は図-4 のようになり、 τ^* および sheet flow 状態において、確かに $\eta/D \rightarrow 0$ となることかわかる。このことから、波形勾配の Shields 数による変化を示すと、図-5 のようになるが、実験規模の場合と相違して、 τ^* および sheet flow 状態において $\eta/\lambda \rightarrow 0$ となり、また $\tau^* = 2.3$ 付近において最大値 0.16 をとることかわかる。

なお、図中には Yalin による流砂による砂れんの波形勾配と Shields 数との関係において水深・粒径比が十分大きい場合の曲線を示しておいたが、このような統一的表示法によるとその対応が明確になる。このように、波による加速度の効果と底質によって決まる流れの状態、すなわち数との関係において、砂れん特性と統一表示できるであろう。

5. 結語

波による砂れんの形状特性は、底質粒径と水粒子の軌道直径との比 D/d_0 および Shields 数 τ^* との関係によって表示されるが、 $d_0/D \approx 10^3$ 付近を境としてこれら両者の無次元量の奇みか異なり、現地海岸においては多くの場合、 $d_0/D > 10^3$ であって、砂れんの特性が主として Shields 数によって表わされることを結論することができた。

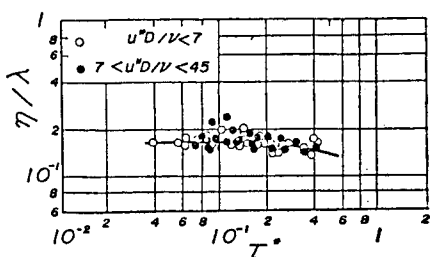


図-3 η/λ の τ^* による変化

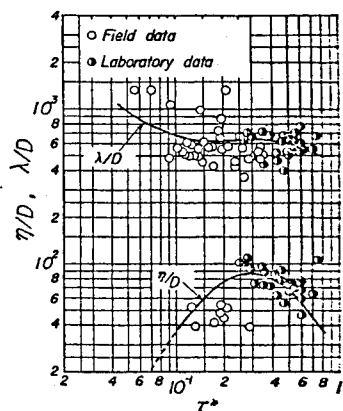


図-4 λ/D , η/D の τ^* による変化

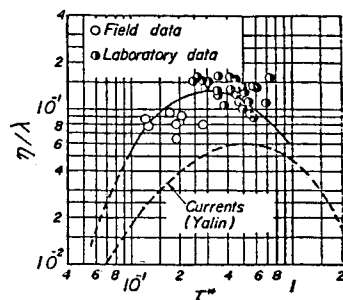


図-5 η/λ の τ^* による変化