

京都府庁

正 員 小倉 誠一

京都大学工学部

正 員 鈴木 孝一

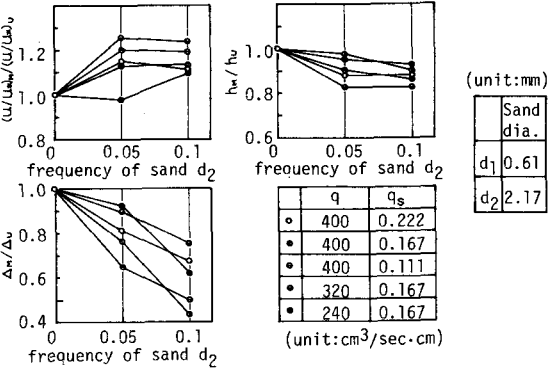
”

”

道上 正規

1. はじめに 移動床河川において、移動床の粗度を予測する目的には、(i)水深と流量の関係を示すこと、(ii)流砂量を求めるために必要な有効揚力を見定めること、の2つに集約できる。本研究では、(i)および(ii)が混合砂礫で構成されていることを意識し、実験水路を用いて、均一砂床および混合砂礫上に、河床段の一種である砂堆を発生させ、その特性については河床の流体抵抗特性を実験的に明らかにしようとするものである。

2. 実験の概要 用いた実験水路は、上流端に厚砂0から0.278 cm³/sec.cmの間の任意に一定量の給砂が可能でエシペーターで給砂装置を有する全長20m、幅50cm、高さ50cmの長方形断面の水路であり、河床高の縦断形状は水路上に一定速度で自走する台車に載った河床面自動測定装置によって連続的に計測記録される。実験方法は、水路全体に10cm厚に砂層を均一に敷き、一定流量・一定給砂量のもとに、水面勾配と河床勾配・給砂量と流砂量のどちらも等しくなる定常状態が得られるまで過水を続ける。この状態が得られた後に、水面形状および河床高の縦断形状を測定した。



3. 混合砂および水路幅の河床段特性に及ぼす影響

均一砂の定常状態の河床の供給砂に粒径の大きな砂を、流量および給砂量を一定にしたまま5%および10%投入すると、図-1にみられるように河床段高が減少すなわち抵抗が減少しエネルギー勾配が減少していることが認められる。この図の横軸は粗砂の河床に占める割合であり、縦軸の添字は粗砂投入前のもの、添字Mは粗砂投入後のものを表している。この図にみれば粗砂を5%投入しただけで約10%から40%の段高の増減がみられ、混合砂の河床段高に及ぼす影響が著しいことが認められる。これは河床段の谷部がさらに深掘され段高が大きくなる傾向が、図-2にみられるように谷部の粗粒化により抑えられているためと考えられる。これは細砂が峰を越え下流へ移動するのに対し、粗砂は峰をこぎり落ち揚力力の最も小さい谷部で止まってしまうためである。

図-1 混合砂の効果

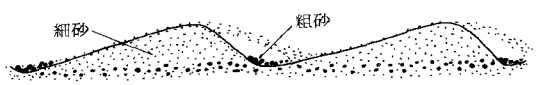


図-2 河床段概略図

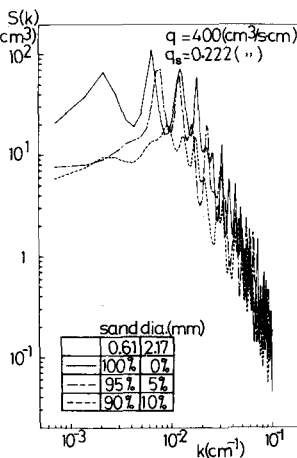


図-3 混合比による比較

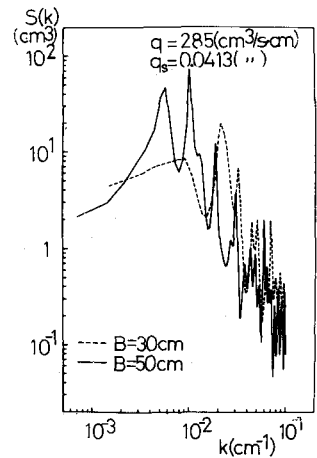


図-4 水路幅による比較

以上のことにより、谷付底の流体の掃流力の評価をどうするかという難しい問題はあるが、混合砂床における河床波高の遮蔽現象が理論的に説明できる可能性があると言える。

さらに、均一砂床と混合砂床との河床波の波数スペクトルに特性を比較したものが図-3である。この図にみれば、粗砂投入量が多くなるほど、低波数域では明らかにスペクトル密度が急激にしていることが認められる。これは、低波数域における河床波高が小さくなることを意味し、上述の結果と一致している。また図-4は、水路幅の相違による波数スペクトルに特性を比較したものである。この図にみれば、水路幅50cmのものに対しては河床波の平均波長の逆数である平均波数に対してスペクトルのピークはあるが、それより低波数域で砂洲の影響と思われる最大ピークが表れており、村本・藤田¹⁾の実験によれば砂洲の平均波長 λ_B は、本実験条件に同じ水路幅 $B=50\text{cm}$ で $\lambda_B=100\text{cm}$ となり、波数スペクトル特性と一致している。また $B=30\text{cm}$ のものに対しては、 $\lambda_B=60\text{cm}$ であり、河床波平均波長とほぼ等しいため、スペクトルに鋭いピークとして現れたのではないかと考えられる。

4. 河床波の抵抗則に関する考察 移動床流れにおいては、流れと床境界の間の相互作用により河床波が形成され、その形状の影響により起こる後流のため、エネルギーが損失され、流水に対する抵抗が大きくなる。河床波状態を表わす物理量である波高の標準偏差 σ と開水路流れの平均流速 $U/u_* = 6.0 + 5.75 \log(R/ks)$ (U : 平均流速, u_* : 摩擦速度, R : 径深) より得られる相当粗度 ks とは強い相関がある²⁾が、 σ と差えるとは河床波長が長く波形ゆがみが小さい場合と、波長が短く波形ゆがみが大きい場合と σ が等しくなる場合があるため、 σ と ks の関係が波形ゆがみ Δ/λ (Δ : 平均河床波高, λ : 平均河床波長) に関連していると考え、 ks/σ と Δ/λ の関係を示したものが図-5であって、実験的に式(1)の関係が見い出せる。

$$ks/\sigma = 6.0 \times 10^6 (\Delta/\lambda)^{4.0} \quad \text{--- (1)}$$

一方、橋のように ks/Δ の値と Δ/λ の関係によって表わしたものが図-6である。この図にみれば、バラツキは大きい、平均的にみてもみれば、図中の破線の傾向にあることが認められる。

つぎに、抵抗特性に関する混合砂および水路幅の相違による効果とみるため、横軸に無次元有効掃流力 ζ_{se} 、縦軸に平均流速と摩擦速度の比 U/u_* ($=\sqrt{8\tau}$, τ : 抵抗係数) をとったものが図-7である。本実験に関する限り、均一砂は比較的よくまとまっているが、混合砂はバラツキが大きく均一砂に比べ抵抗が小さくなっている。また水路幅が50cmの方が30cmに比べ抵抗が小さくなる傾向にあることが認められる。以上のことは3.3で述べた結果と一致するものであり、抵抗特性を表わする場合砂の特性に関する量として必ずしも平均粒径のみを用いて表わされるものではないことを示すものである。

5. おわりに 本研究では、抵抗則に關して河床波を平均的に取り扱って考察してきたが、今後は統計量に結びつけた考察が必要と考える。

参考文献 1) 村本嘉雄・藤田浩一郎: 中規模河床形態の分類と形成条件,

土木学会第22回水理講演会論文集, 1978, pp. 275~282.

2) 芦田和夫・田中祐一郎: 砂運に関する実験的考察(3),

京都大学防災研究所年報 10号B, 1967, pp. 121~130.

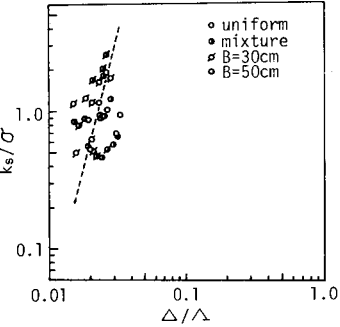


図-5 ks/σ と Δ/λ の関係

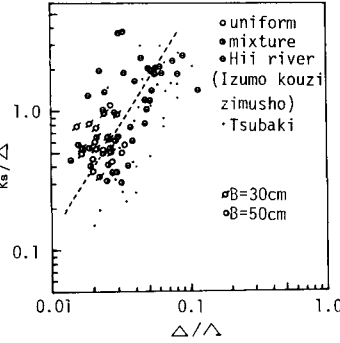


図-6 ks/Δ と Δ/λ の関係

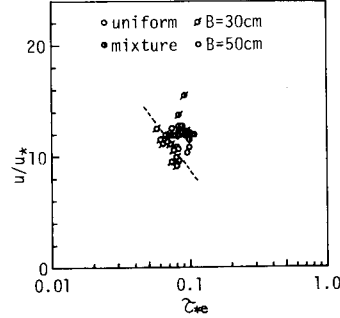


図-7 U/u_* と ζ_{se} の関係