

北海道大学大学院 学生員 沖 健
 北海道大学工学部 正 員 黒木 幹男
 北海道大学工学部 正 員 岸 力

1 はじめに

均一床における河床砂の浮遊現象に関してはこれまでに多くの研究があり、板倉および岸¹⁾は均一床における浮遊砂の濃度分布式及び基準点濃度 C_b の算定式を提案した。著者らは後述するような実験方法によって均一床、混合床の濃度分布を測定したところ図-1のような結果を得た。河床マサツ速度 u_* は同じであるにかかわらず、この様に均一床に比べ混合床の濃度は全体に低くなる傾向があることが明らかになった。そこでこの実験結果を受けて板倉らの理論を混合床に拡張することを試みた。

2 実験の概要及び結果

実験は幅30cm長さ15mの循環式水路を用いて均一床と混合床の2つの場合について行った。均一床の実験では水路床に $d = 0.1\text{mm}$ の均一砂を敷いて通水した。水路床の砂の一部は流水とともに水路外に排出されるが、水と共に再び水路上流端に回流される。水路床が十分に平衡に達するまで待って濃度の測定を行った。混合床の実験は、 $d = 0.1\text{mm}$ の均一砂と $d = 1.0\text{mm}$ 、 1.2mm のガラス・ビーズを混ぜたものを水路床に敷きつめて行となった。本実験では $d = 0.1\text{mm}$ の砂のみが移動する。実験を行った水理条件は表-1に示すとうり河床はすべて平坦床である。図-1は、実測した濃度分布の一例で均一床、混合床共に無次元掃流力 $T_* = 1.0$ の場合である。ここに T_* は断面平均のマサツ速度 u_* と浮遊する砂の粒径 d を用いて、 $T_* = u_*^2 / sgd$ で定義される。両者を比較すると混合床上の浮遊砂濃度に極端なちがいが認められる。 T_* が同一では、どのケースも混合床での濃度は均一床の $1/30 \sim 1/70$ の値になっている。図中の実線は水深の5%の位置の濃度を基準点濃度とし(表-1に示す)それをもとに板倉らの理論で求めた濃度分布曲線である。曲線は C_b が大きな場合は水面付近で Rouse式からはずれてくるのが特徴であり、この様に実測の C_b を用いると板倉らの理論は濃度分布をきわめて良く説明することができる。

3 混合床での基準点濃度式の検討

板倉・岸の基準点濃度の算定式を混合床にあてはめると、理論値は実測値よりも大きな値をとる。混合床では粗砂のwakeに遮蔽されて、細砂に働く有効掃流力が減少している為と考えられる。このような遮蔽効果を考慮し

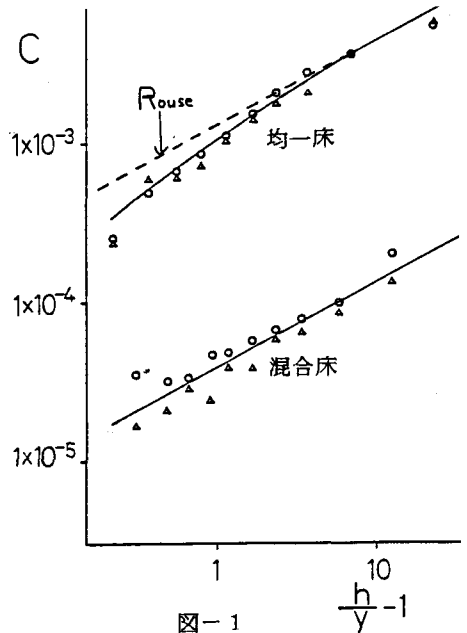


図-1

Run No	h (cm)	i	Q (l/s)	u_* (cm/s)	C_b	
Uniform-1	8.6	0.0014	20.9	3.4	5.8×10^{-3}	
	2	5.8	0.0029	15.8	4.0	6.2×10^{-3}
	3	5.2	0.0027	12.6	3.7	4.5×10^{-3}
Mixture-1	7.5	0.0013	7.1	3.1	0.6×10^{-4}	
	2	8.6	0.0013	10.1	3.3	1.5×10^{-4}
	3	9.3	0.0013	10.9	3.4	1.7×10^{-4}
	4	10.7	0.0013	15.7	3.7	1.3×10^{-4}
	5	6.7	0.0026	10.2	4.1	1.9×10^{-4}

表-1

て、板倉・岸の式を混合床に拡張することを試みた。紙面の関係上詳細は省略し、結果だけ述べると、混合床の場合には基準点濃度算定式中の B^* は次の様になる。

$$B^*_{mixture} = \xi \cdot B^*_{uniform} \quad (1)$$

ここで ξ は混合床の遮蔽効果を表す係数であり、次式で与えられる。

$$\xi = \frac{\tau_{*c, mixture}}{\tau_{*c, uniform}}$$

$\tau_{*c, mixture}$: 混合床上で粒径 d の砂粒の限界掃流力

$\tau_{*c, uniform}$: 均一床上で粒径 d の砂粒の限界掃流力

(1)式を用いて均一床と同様な計算を行い、さらに河床に粒径 d の粒子が占める割合 P を乗ぜれば、混合床での粒径 d の粒子の基準点濃度を求めることができる。

4 混合床上の平均粒径 d_{av} 推定

上記の方法によって ξ を計算する際 平均粒径 d_{av} の値及び浮遊する砂が河床に占める割合 P の値が必要である。本実験ではガラス・ビーズの間を細砂 ($d=0.1\text{mm}$) が埋めているような形で水路床が形成されており(図-2) ガラス・ビーズの平均露出高 Δ は3~4mm程度である。この様な状態での d_{av} , P の値を 図-2 のA-A' 面より上方で細砂とガラス・ビーズがそれぞれ占める体積の割合(方法1)と表面積の割合(方法2)から求めた。ガラス・ビーズの露出高 Δ と d_{av} , P のとの関係を 図-3, 4 に方法1は破線で方法2は実線で示す。

第1の方法は 一般的な平均粒径の計算法に準ずるものである。 $\Delta=0$ の場合を考えると $d_{av}=0.63\text{mm}$ となる。しかし $\Delta=0$ ではガラス・ビーズは完全に細砂の中に埋没し水路床表面は 均一床の状態に近づくはずである。本実験の様に細砂のみが移動する、それも表面の極く薄い層だけ移動が認められる場合は第1の方法では問題がある。第2の方法はこのような欠点はないが、実際の河床の表面状態に関する情報を得ることは困難があり、実用性に欠けることが予想される。

5 結果及び考察

上記のような方法によって計算した d_{av} , P の値を用い、3節の考え方により混合床の基準点濃度を計算した。なお ξ の算定には浅田の式²⁾を採用した。図-5にその結果を記す。この図より第1の方法で d_{av} を見積った場合、 C_b が実測と比べ過小に評価されることがわかる。第2の方法で d_{av} を見積った場合計算値は実測値とほぼ一致するが d_{av} の変化に対して C_b は敏感に変化し d_{av} の推定が重要であることを示す。ここで採用した方法を直接現地に採用することは困難であり、今後検討の余地を残している。

参考文献) 1) ASCE, Vol. 106, No. HY8, 1980

2) 電研報告, No68045, 1968, 11月

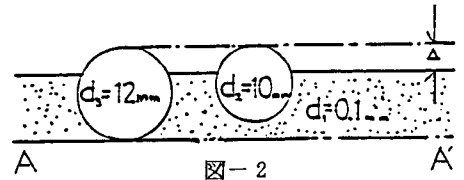


図-2

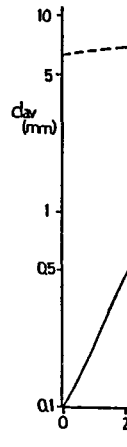


図-3

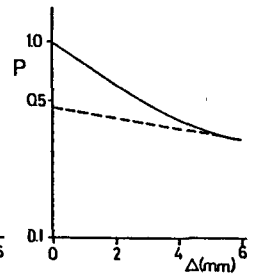


図-4

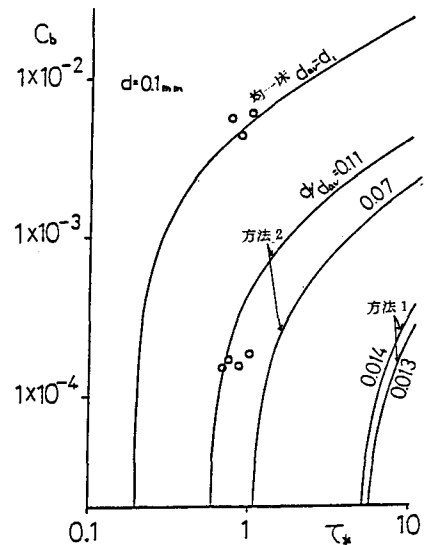


図-5

謝辞 本研究の遂行にあたり当時本学学生 古川潔君の熱心な協力を得た。記して感謝の意を表する。