

日本大学理工学部 正員 栗津清藏

1. まえがき：橋脚周辺の洗掘深について多くの研究が行われている，しかし混合砂の混合の効果を示した研究は少ない，河村[1]，Niccollet & Ramette [2]の研究には砂粒の松がりの効果が述べられている，例えば Niccollet 等の実験によると，等しい水量・平均粒径のもとで最大洗掘深が一樣粒径のものより粒々の松りのある方が小さい実験結果が述べられている，従って一樣粒径の場合の洗掘深は一般に安全側を占めるから一樣粒径の移動床を用いた実験結果は実用上十分な意味を持つことになる，従来の研究成果の有効性を明らかにするために「なぜ混合砂は掘れにくいのか？」と云う素朴な疑問に対して，この報文は回答とすべきための研究実験を行なう前の2, 3の考察を中心とした中間報告である。

2. 混合を示す係数について：河床物質の粒度分析の結果は図-1のように示される，縦軸はある粒径（または篩目の大きさ）以下の重量の全重量に対する比で，0.8は80%を示す，横軸は粒径 x の大きさを添字は x に相当する P の値と%読みにした数で，図の曲線は一般に累積分布曲線と呼ばれていることは周知の通りである。

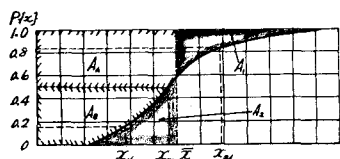


図-1

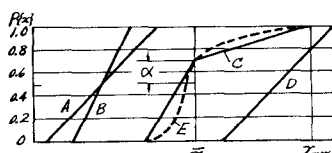


図-2

この曲線と2軸及び $P=1.0$ の直線に囲まれた面積を A ， $A \pm P=0.5$ の線で分割した面積を A_A, A_B とすると平均粒径 $\bar{x} = A = A_A + A_B$ となる，一般にこのような曲線に基づいて，混合を示す係数が示されている，例えば1) Kramer [3]; $M = A_B / A_A, M \leq 1.0$, 2) 安芸等 [4]; $\lambda = [1 - P(\bar{x})] / P(\bar{x}), \lambda \leq 1.0$, 3) 境 [5]; $\beta = (M+2)/(1+2M) = 2-3/(2+1/M), 1 \leq \beta \leq 2.0$, 一方もし粒度分析の結果，その分布が正規分布，あるいは対数正規分布であると混合を示すには分散，あるいは標準偏差 S が考えられる，すなわちa) 正規分布であると $S = x_{84} - x_{50} = (x_{84} - x_{16})/2$, b) 対数正規分布であると， $S\{x\} \propto S\{\log x\} = \log \sqrt{x_{84}/x_{16}}$ に基いて混合を示す係数 $M_s = \sqrt{x_{84}/x_{16}}$ が考えられる。これらの係数の物理的意味を調べると， M は50%粒径以下と以上の部分のそれぞれ水の平均粒径の比を示し，粒径の範囲を間接的に示しているものと思はれる， λ は $P\{\bar{x}\} - P\{x_{50}\} = \alpha$ とすると $\lambda = f(\alpha)$ となつて一樣分布，対称分布に対しては λ は常に1.0で粒径の分散には無関係である（図-2のA, B, Dの分布），ただしCの特殊分布においては $\lambda = 3\{S/(x_{max} - \bar{x})\}^2 = 3\{(S/\bar{x})/[(x_{max}/\bar{x}) - 1]\}^2$ となり興味あるものを包含しているが，あらゆる累積分布曲線を対象とすると混合の状態を λ は十分に示してゐないことがわかる， β は M と同様であるが係数の大きさをとしては非常に好ましい，一つの特性をもっている[6]。

3. 新しい係数 γ の提案： γ の提案に当って，(1)代表粒径は $\bar{x}$ とする，(2)粒径の松り分散は S によつて示す，(3) γ の大きさは $1.0 \leq \gamma \leq 2.0$ とする，(4) γ は無次元とする以上の制約のもとに混合を示す係数について思考する。

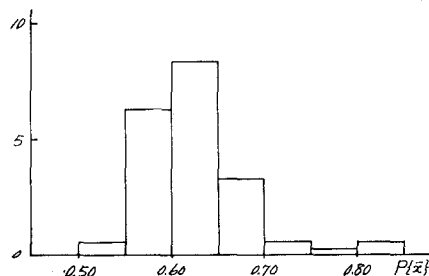


図-3

a) $P\{\bar{x}\}$ について；富士川，鬼怒川，笛吹川，最上川，多摩川産河床物質 67資料より $P\{\bar{x}\}$ を求め柱図表によつて表示すると，図-3が得られた，なお $P\{\bar{x}\}$ の平均 $P\{\bar{x}\} = 0.66$ となつて一般に $P\{\bar{x}\} \neq 0.5$ であるから， $\bar{x}$ に対してその分布は対称でないことが理解され，しかも総べての累積分布曲線とする特定の型にはおなじみ， γ をその上で考えるのは無理が予想される，b) S について；図-1において S は定義に従つて(1)式で示される， $S = \sqrt{26_p - A^2} = \sqrt{26_p - \bar{x}^2} = \sqrt{2A_1(X_1 + X_2)} \dots (1)$

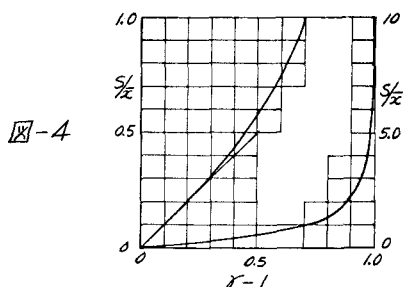
$G_p: A_1 + A_2 = A$ の P 軸に関する一次モーメント, $A_1 = A_2$ ($\bar{x}$ の定義から), X_1, X_2 は A_1, A_2 の重心の $\bar{x}$ からの距離である, 例えは図-2 の A, B 分布は $\bar{x}$ は共に等しいが S は違う, A, D は S は等しいが $\bar{x}$ が違うことが理解される。C) γ について: γ が提案されるならば, $S=0$ (粒径が完全一様) のとき $\gamma=1.0$ と期待すると, S による効果は 1.0 より小さいことが望ましい, このような γ の表現式と想定して次のように定義する

$$\gamma = 1 + \frac{S}{\sqrt{2G_p}} = 1 + \sqrt{\frac{(S/\bar{x})^2}{(S/\bar{x})^2 + 1}} = f\left(\frac{S}{\bar{x}}\right) \quad (2)$$

$S/\bar{x}$ (変動係数) のもっている意味について調べる, 図-2 の S の等しい A, D の分布において, D の $\bar{x}$ が A の $\bar{x}$ に比べて非常に大きいならば D の構成粒径は完全一様粒径と見なされ, すなわち砂粒相互間の大きさの類似性は S のみによって示される, $\bar{x}$ の等しい C, E の分布においては明らかに S が異なる, 上述より推論されるように, 河床物質を構成している粒子間の幾何学的類似性を包含しているものと考えられる, 図-3 に対応して河床物質の係数を求めることと表-1 が得られ, γ と $S/\bar{x}$ の関係を図示すると図-4 が得られた。

表-1

No	$\bar{x}$ (mm)	$P\{\bar{x}\}$	$1/M$	λ	β	$\sqrt{\frac{S}{\bar{x}}}$	S (mm)	γ
1	52.0	0.507	5.02	0.972	1.57	5.83	16.7	1.31
2	97.4	0.556	7.79	0.797	1.69	6.28	86.6	1.66
3	54.8	0.620	28.5	0.613	1.90	9.83	65.9	1.77
4	43.5	0.655	9.79	0.527	1.75	6.01	50.6	1.76
5	17.2	0.717	7.07	0.396	1.67	5.39	25.1	1.83
6	1.33	0.798	5.49	0.253	1.60	3.38	3.25	1.93
7	1.28	0.842	2.92	0.188	1.39	1.82	2.41	1.88



4. 限界掃流力について: Kramer, 安芸-佐藤, 境はそれぞれ $\tau_c = C_K (1/M) \bar{x}$, $\tau_c = C_A \lambda \bar{x}$, $\tau_c = C_S \beta (\bar{x})^{6/5}$ (ただし C は常数) の限界掃流力の式を示している, 砂粒の移動機構とは別に巨視的立場から混合による掃流力の効果の有無と実験値をもとにして検討する, 実験値は Kramer の論文に述べられている全資料と安芸-佐藤, 岩垣の資料を用いて $\tau_c - \bar{x} = d_m$ の関係を図示すると図-5 が得られた, γ を考慮して $\tau_c - \gamma d_m$ の関係を図示すると図-6 が得られた, γ の導入によって Schoklitsch, 岩垣の γ の小さい資料を中心にすはっているのは, γ がより一つの因子であることを物語っているように見受けられる。

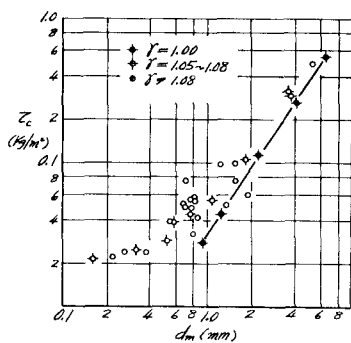


図-5

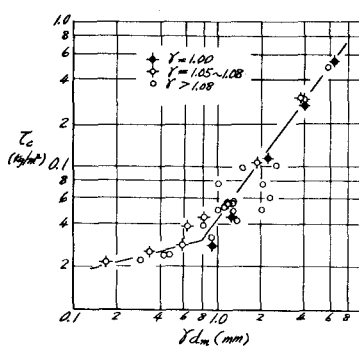


図-6

最後にこの研究に協力いただいた三浦正晃, 猪又素信の両副手に心から感謝の意を表します。

参考文献

- [1] Komura: "Equilibrium depth of scour in long constrictions" Proc. A.S.C.E. 1966
- [2] Nicolle & Ramette:

- "Affouillements au voisinage de piles de pont cylindriques circulaires" 14th Congress of I.A.H.R '71
- [3] Kramer: "Sand mixtures and sand movement in fluvial model" Proc. A.S.C.E. 1952.
- [4] 安芸-佐藤: 砂粒河床模型実験の基本に関する実験並びに限界掃流力に関する研究; 土木研究所報告 489 冊 14.
- [5] 境: 河床砂礫に対する限界掃流力について; 土木学会誌 32 巻 2 号 82.21.
- [6] 岩垣: 限界掃流力に関する基礎的研究; 土木学会論文集 41 号 82.31.