

日本大学大学院 学生員 吉田 保
日本大学理工学部 正員 栗津清蔵

1. まえがき

局所洗掘実験に混合砂礫を用いると一様粒径を用いた場合よりも最大洗掘深が減少することが知られている。しかし砂礫の混合状態に注目して系統的に実験を行なった例は少ない。この報告は栗津の提案した混合を示す係数 γ の有効性を確かめるために、まず自然河床物質の粒度分布特性について考察し、次に鉛直噴流による混合砂礫の洗掘実験の結果から洗掘深に与える砂礫混合の効果を調べたものである。

2. 自然河床物質の粒度分布

栗津¹⁾²⁾は既報の係数に対する批判に立脚して次の新しい係数 γ を提案した。

$$\gamma = 1 + \frac{(S/d_m)^2}{\sqrt{(S/d_m)^2 + 1}} = f(S/d_m)$$

ここに d_m :平均粒径, S :標準偏差, $1 \leq \gamma \leq 2$.

本邦40河川49観測所の低水路の粒度分布曲線³⁾から境(1946)の係数 $\beta = f(1/M)$ と栗津の係数 γ とを求めると図-1, 2を得る。ここに M はKramerの係数, $1 \leq \beta \leq 2$ であり, β と γ はともに係数値としての大きさは等当である。用いた資料には採取時期や洪水流量, 河床勾配等の河川特性の影響も含まれてしまうが, 一般 $\beta = f(d_m)$, $\gamma = f(d_m)$ の傾向が見られ, 混合の類似性を示す無次元数として γ の方が β よりも好ましいものと思われる。

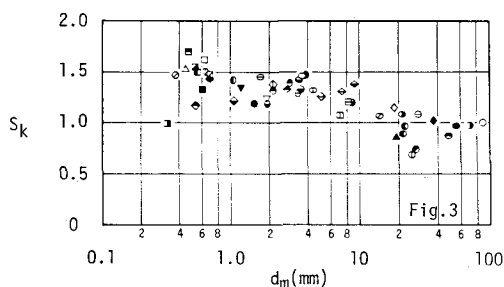
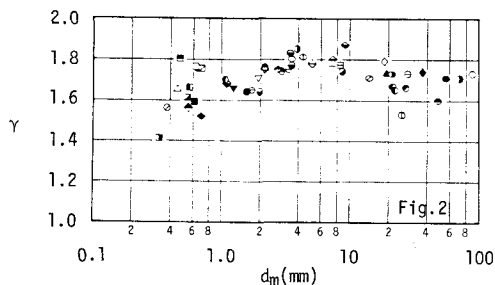
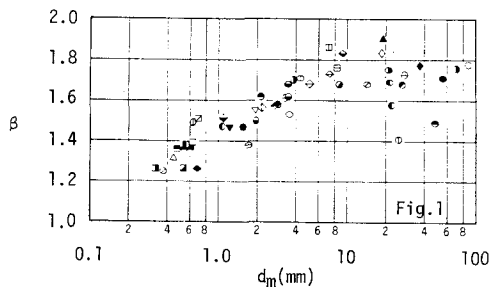
γ は d_m と S との比, すなわち変動係数 S/d_m の倒数であるが, 分布の非対称性を調べるためさらに高次の積率である歪度 S_k を計算すると図-3を得る。ここに S_k は次のように定義する。

$$S_k = \pm |K|^{1/3} / S \quad (K \geq 0 : S_k \geq 0, K < 0 : S_k < 0)$$

$$K = \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} (d - d_m)^3 p(d) dd = 3(I_1 - I_2)$$

I_1, I_2 は図-4の面積 A_1, A_2 の d_m 軸についての断面二次モーメントであり, 対称分布に対しては $S_k = 0$ となる。

図-1, 2, 3に用いた資料の河川名と観測所名を表-1に示した。



○天塩川天塩橋	○丹上川白ヶ沢	○鬼怒川平方	○木曽川大木	○豊田川大津
○関原別	○赤川 湯中	○小貝川川又	○長良川常陸	○五野川宇都
○菅平	○北上川重太郎	○清良川全尾	○横瀬川全尾	○神奈川戸崎
○名寄橋	○信濃川赤石	○江戸川野田	○野田川木田	○遠賀川日出
○岩手川北見	○信濃川 高田	○大井川神座	○藤田川都田	○助六橋
○石狩川石狩橋	○久慈川横城	○荒川 加茂	○九瀬川市田	○池田川市田
○岩見沢	○耶麻川木内橋	○天竜川宮ヶ瀬	○中角	○白川 代田橋
○伊納	○利根川赤川	○豊川 石田	○大和田柏原	○大淀川柏原
○十勝川千代田	○取手	○安作川岩津	○淀川 西方	○千歳川横濱
○静内川静内	○川俣	○庄内川根尾	○芦田川山手	

Table.1

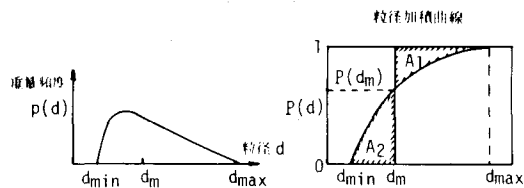


Fig.4

3. 鉛直噴流による混合砂礫の洗掘

図-5の装置を用いるとノズル先端での平均流速 V の増加に伴い洗掘安定面の形状は図-6のType I~Vのように変化した。今回の報告ではType IIのみを取り扱う。混合砂礫としては $d_m = 1.21\text{mm}$ に対し $\beta = 1.10 \sim 1.68$ の8種、 $d_m = 1.71\text{mm}$ に対し $\beta = 1.10 \sim 1.65$ の6種を $S_k \geq 0$ となるように作製した。ここに $\beta = 1.10$ は出来る限り一様粒径に近づけた砂礫である。 $d_m = 1.21\text{mm}$ の混合砂礫の粒度分布と混合を示す各係数の値を図-7に示す。 $P(d_m)$ は図-4参照、 λ は安芸佐藤(1939)の係数で $\lambda = f\{P(d_m)\}$ であり、図-7から明らかなように混合状態を十分に表わすことはできない。

水量と平均粒径を一定にして局所洗掘に及ぼす砂礫混合の効果について考察する。一般に混合砂礫の洗掘ではarmor coatの発達による洗掘深の減少が述べられているが、我々の実験によれば $\beta < 1.4$ の混合砂礫ではarmor coatは形成されなかった。それにもかかわらず最大洗掘深 h_s が減少したことは大小の砂礫を混合させたことにより砂礫層表面の凹凸が減少し、その結果掃流力が減少したためと思われる。 $\beta \geq 1.4$ の混合砂礫では安定面の浸食部分にarmor coatが形成された。

$\beta = 1.10$ ($\beta = 1.06$)の h_s を h_{s*} とし、砂礫混合による h_s の減少の程度を図-8, 9に示す。 β によっても混合の効果のある程度表わすことはできるが β によりさらにその効果を明確に表現できること、および S_k が h_s に与える影響はそれ程大きくないことが理解される。また図-9から $\beta = 1.4$ 付近で h_s の減少の程度が変化することが認められるが、これは前述のarmor coatの有無によるものと思われる。

4. 結論

係数の物理的意味、自然河床物質の粒度分布との関係、鉛直噴流による洗掘実験の結果から、至差 $S_k \geq 0$ の混合砂礫に対しては係数 β が有効であり、また従来の一様粒径を用いた洗掘実験の工学的意味が確かめられた。

最後に実験に協力していただいた52年度卒研生石川真君、古谷修一君に感謝致します。

- 参考文献 1) 栗津：「橋脚周辺の洗掘について」土木学会第29回年次学術講演会講演概要集 1974
2) 栗津他：「河床物質の粒度分布について」日本大学理工学部学術講演会論文集 1974
3) 建設省技術研究会：全国河川粗度係数資料集 1973

