

1. はじめに

移動床流れにおいて河床砂礫の移動と河床抵抗とは表裏をなすもので、密接不可分な現象と考えられる。土木学会の水理委員会移動床流れの抵抗と河床形状研究小委員会では砂堆河床Ⅱと平坦河床（又は遷移河床）の領域では径深粒径比（ R/d ）と無次元河床せん断力（ τ_* ）とが同一でも流速係数（ φ_o ）にかなり違った二通りの値があることを示している。(3)（以下特記せざる限り文献3の記号を用いる）この現象は流砂量にも影響を与えることは当然予想されることであり、文献2の図4-14によれば R/d が750~1000の場合 τ_* が0.7附近で q_B/U_*d の値が1.5から15に約10倍に急増していることを示している。この急増する位置は R/d と τ_* の数値が丁度砂堆河床Ⅱに対する値と平坦河床（又は遷移河床）に対する値の二価を持つ位置に相当している。従来の流砂量公式ではこのような現象を説明していないと考えてよい。著者は芦田・道上の論文（文献4）を参考として、佐藤・吉川・芦田の式の U_* のかわりに有効摩擦速度（ U_{*e} ）を使用して、無次元化された φ （ φ_* と記することにする）に変更して、文献1, 2, 5, 7の資料を用いて実験で観測された値から φ_* を出し、回帰分析により φ_* の推定値を計算した。その結果上記の抵抗及び流砂量が急増する領域では φ_* が比較的バラツキが少く、文献3の φ_o の値が殆んどそのまま流砂量に影響を与えていることが判明した。尚 F_r を使って φ_o を消去すると(12)式となり二価の問題は表面上解消する。

2. 式の説明

佐藤、吉川、芦田の式(1)式の U_* に U_{*e} を代入し、 φ を φ_* に変えると(2)式となる。

$$q_B = \frac{U_*^3}{s g} \varphi_* F(\tau_o/\tau_c) \dots\dots\dots(1)$$

$$n \geq 0.025 : \varphi = 0.623 \quad n \leq 0.025 : \varphi = 0.623 (40n)^{3.5}$$

$$q_B = \frac{U_{*e}^3}{s g} \varphi_* F(\tau_o/\tau_c) \dots\dots\dots(2)$$

有効摩擦速度（ U_{*e} ）は芦田・道上（文献4）の(11)式を用いる。

$$\frac{U}{U_{*e}} = 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{d(1+2\tau_*)} \dots\dots\dots(3)$$

φ_* : (2)式で定義される無次元掃流砂係数

一方流速係数（ φ_o ）は U/U_* であるから

$$U_{*e} = \varphi_o \frac{U_*}{6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{d(1+2\tau_*)}} \dots\dots\dots(4)$$

(2)より

$$q_B = \frac{U_*^3}{s g} \varphi_* \varphi_o^3 \frac{1}{\{6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{d(1+2\tau_*)}\}^3} F(\tau_o/\tau_c) \dots\dots\dots(5)$$

φ_o のかわりに n を使うときは $\varphi_o = R^{1/6} / (n\sqrt{g})$ であるから

$$q_B = \frac{U_*^3}{s g} \varphi_* \left[\frac{R^{1/6}}{n\sqrt{g}} \cdot \frac{1}{6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{d(1+2\tau_*)}} \right]^3 F(\tau_o/\tau_c) \dots\dots\dots(6)$$

(6)式は F の値が違うが文献4の(24)式に対応している。

3. 計算準備及び計算

3-1 実験資料と φ_* の逆算

土木研究所資料（文献 2）に流砂の資料が集収されているので主として利用し、資料の原典の入手したものについては原典を利用した。（文献 1, 5, 7）

表 - 1

番 号	資 料 名	出 所
I	土木研究所報告第 9 8 号（附表）	文 献 1
II	吉川，福岡，馬場，河野の資料	文 献 5
III	科学技術庁（木下良作）	文 献 7
IV	Gilbert	文 献 2
V	USGS	文 献 2

資料番号 I, II については、原典に側壁の影響を考えて径深を調整してあるので、 U_* , τ , n , F など利用可能な数値はそのまま利用した。

資料 III, IV, V については、水路幅、粒径、水深、流量、勾配、流砂量から v , n , U_* , τ_* , R/d , U_{*c}^2/U_* を計算し 6 式に代入して φ_* を逆算した。従って側壁の影響は無視してある。 U_{*c}^2 は岩垣の式 ($\sigma/\rho = 2.65$, $\nu = 0.01 \text{ cm}^2/\text{sec}$, $g = 980 \text{ cm/sec}^2$) を使用してある。

利用資料は時間節約のため、III ~ V については約 1/4, 1/2 の抽出した資料によった。

III 以下の資料と比較のため I の A 領域について約 1/2 の資料を、また II については全資料につき側壁の影響を無視した計算も行った。

3-2 領域の区分

領域区分は、文献 3 の 2 章の抵抗則に対応する区分を採用すると領域の区分は上記文献の φ_0 の式の隣接領域の交線により区分され図の如く A ~ D までに領域に名をつけることにする。

$$AB \text{ 区分線 } \tau_* = 0.02 \sqrt{R/d}$$

$$BC \text{ 区分線 } \tau_* = 0.01837 (R/d)^{5/9}$$

$$CD \text{ 区分線 } \tau_* = 0.0668 (R/d)^{2/5}$$

尚資料 I, II については A を A_1, A_2, A_3 に適宜区分して計算した。

計算は領域毎に別に計算した。資料の少ない領域は計算を省略した。

計算は CASIO PRO-101 により、一部 HP-97 を利用した。

3-3 資料の存在区域

各資料の存在区域を領域図 - 1 に示した。

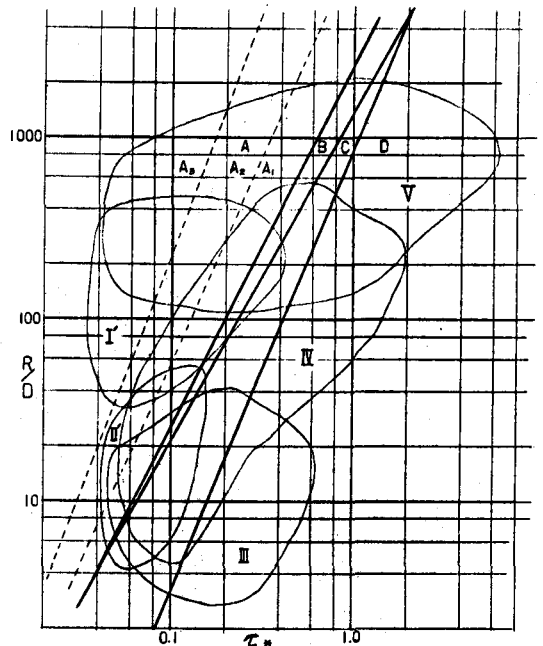
3-4 回帰分析計算

通常の教科書に記載されている式を使用した。記号は森口著初等数理統計学によった。計算の便利のため、各領域毎に次式の常数を設け

$$\left. \begin{aligned} x &= \log \tau_* - Kx \\ y &= \log (R/d) - Ky \\ z &= \log \varphi_* - Kz \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

記号を置きかえて、下記の如くおく

図 - 1 領域区分及び資料区分



$$s_i = a + b x_i + c y_i$$

資料毎の K_x , K_y , K_s を表-4に, 資料の和, 平方和, 積和を表-2に残差の平方和, 積和, 残差, 回帰による平方和及び分散比を表-3に, 上記の K_x , K_y , K_s , 残差の不偏分散の平方根, 相関係数並びに回帰係数を表-4に示した。表-4の a は a' より

$$\varphi_* = a \tau_*^b (R/d)^c \dots\dots\dots (8)$$

と変形したときの係数に換算した値である。

φ_* の値を $R/d \sim \tau_*$ 平面にプロットしたものを図-2に示す。図-2は領域により採用した資料の番号を記入してある。

資料集計表-2

資料	領域	資料数	Σx	Σy	Σs	Σx^2	Σy^2	Σs^2	Σxy	Σys	Σxn
I+II	A ₁	44	-19.587	-2.380	35.754	10.688	5.272	35.632	3.433	2.798	-13.637
	A ₂	86	-55.8667	-3.3688	69.4981	37.639	5.7578	63.900	4.2504	2.5812	-42.9006
	A ₃	101	-87.2858	-2.2911	87.0523	76.8368	5.8304	82.672	3.5184	0.6401	-74.880
I'	C	30	-19.965	-30.755	10.331	13.776	33.850	6.272	21.411	-8.761	-5.924
	A	106	-0.5487	12.6553	25.0267	4.2274	6.6834	16.3029	2.4217	7.1091	2.5963
II'	A	22	-10.1715	2.8125	-17.4924	6.0731	0.7530	16.2209	-1.2081	-1.5734	9.6189
II'	C	32	16.1309	-0.7273	-18.7305	8.3062	0.8146	13.0129	0.5779	1.0803	9.9127
III	C	41	-1.4318	1.946	5.4315	1.2116	2.7334	11.8047	1.0686	-0.7416	+0.4596
	D	42	-4.5123	-2.1978	1.1871	1.5045	3.4891	2.5216	1.0333	-1.9264	0.3958
IV	A	30	-1.7799	1.4770	0.0269	1.4695	4.1433	1.7438	2.0799	1.9259	1.1048
	B	18	-1.1849	-3.2259	-1.6155	1.2435	4.7079	2.2075	2.3949	2.8424	1.4701
	C	69	-28.3805	59.3711	-4.3427	15.6212	65.4403	4.4634	-17.3349	2.5375	5.2212
	D	91	4.2083	11.7427	-1.4220	2.7149	7.1538	3.8046	3.2584	2.5001	1.7605
V	A	43	-0.3006	8.0095	17.7044	3.6091	4.2714	28.3455	1.8943	4.1401	5.7492
	B	25	-1.4125	9.0214	6.4906	0.5596	4.4347	3.8296	0.07244	3.1090	0.04226
	C	27	-0.9669	5.9931	7.4058	0.6888	2.8376	2.8040	0.5276	2.4702	0.1760
	D	51	6.5105	5.2110	13.5453	4.7502	3.3177	13.5145	2.3482	4.0916	6.4605

I+IIはIとIIとの資料と一緒に集計したもので s は $qr/cm \cdot sec$ のまゝ。其の他は比重で割ってある。I'及びII'は側壁の影響を無視した計算。

表 - 3 統計数値表

資料名	領域	資料数	S_x	S_y	S_z	S_{xy}	S_{yz}	S_{xz}	S_E	$S_z - S_E$	分散比
I + II	A_1	44	1.968	5.143	6.578	2.373	4.732	2.279	2.215	4.363	40.380 ^{**}
	A_2	86	1.3472	5.6258	7.7374	2.0620	5.3036	2.2460	2.5830	5.154	82.814 ^{**}
	A_3	101	1.4030	5.7784	7.6413	1.5384	2.6148	0.3520	6.3388	1.303	10.069 ^{**}
I'	C	30	0.489	2.321	2.714	0.943	1.830	0.951	0.865	1.849	28.857 ^{**}
	A	106	4.2245	5.1725	10.3940	2.4873	4.1211	2.7258	6.9277	3.466	25.768 ^{**}
	B										
II'	A	22	1.3704	0.3934	2.3125	0.09224	0.6629	1.5315	-0.2081	1.545	19.109 ^{**}
	C	32	0.1748	0.7980	2.0494	0.2113	0.6546	0.4708	0.7679	1.282	24.198 ^{**}
	C	41	1.1616	2.6411	11.0852	1.1365	-0.9994	0.6493	8.9746	2.111	4.468 ^{**}
III	D	42	1.0197	3.3741	2.4881	0.7972	-1.8643	0.5234	0.3407	2.147	122.90 ^{**}
	A	30	1.3639	4.0706	1.7438	2.1675	1.9246	1.1064	0.8021	0.942	15.850 ^{**}
	B	18	1.1655	4.1297	2.0625	2.1826	2.5529	1.3638	0.4666	1.596	25.652 ^{**}
IV	C	69	3.9480	14.3544	4.1901	7.0851	6.2741	3.4350	1.1941	2.996	82.797 ^{**}
	D	91	2.5203	5.6345	3.7825	2.7153	2.6836	1.8263	2.2702	1.512	29.311 ^{**}
	A	43	3.6070	2.7795	21.0560	1.9503	0.8423	5.8730	8.3375	12.719	30.509 ^{**}
V	B	25	0.4798	1.1793	2.1444	0.5821	0.7681	0.4090	1.6410	0.503	3.372
	C	27	0.6541	1.5073	0.7727	0.7422	0.8264	0.4412	0.3155	0.457	17.390 ^{**}
	D	51	3.9191	2.7853	9.9169	1.6830	2.7076	4.7313	3.9836	5.933	35.746 ^{**}
平方和			自由度		不偏分散						
回帰			$S_z - S_E$		2						
残差			S_E		$n-3$						
					$(S_z - S_E)/2$						
					$S_E / n-3$						

表 - 4

資料名	領域	K_x	K_y	K_z	$\hat{\sigma}$	r_{xz}	r_{yz}	b	c	d	a
I + II	A_1	-0.4	+2.0	-0.42	0.232	0.633 ^{**}	0.814 ^{**}	0.109	0.870	0.908	0.06189
	A_2	-0.4	+2.0	-0.42	0.176	0.696 ^{**}	0.803 ^{**}	0.5119	0.7553	1.1698	0.2780
	A_3	-0.4	+2.0	-0.42	0.254	0.107	0.3935 ^{**}	-0.3464	0.5447	0.5749	0.09484
I'	B	-0.4	+2.0	-0.42		0.925 ^{**}	0.947 ^{**}	-0.988	1.342	0.801	
	C	-0.4	+2.0	-0.42	0.179	0.825 ^{**}	0.744 ^{**}	1.961	-0.0088	1.641	105.44
	A	-1	+2.	+0.2	0.259	0.411	0.562	0.2457	0.6786	0.1564	0.1758
II'	B										
	A	-0.56	+1.35	+0.47	0.201	0.860 ^{**}	0.695 ^{**}	1.0202	1.4456	-0.5083	0.03735
	C	-0.56	+1.0	+0.44	0.163	0.787 ^{**}	0.512	2.5025	0.1578	0.6797	236.0
III	C	-0.9	+1.0	+0.2	0.486	0.179	-0.184 ^{**}	1.605	-1.069	0.2393	897
	D	-0.5	+1.0	+0.8	0.093	0.329 ^{**}	-0.643 ^{**}	1.159	-0.8264	0.1095	206.7
	A	-0.7	+2.0	+0.7	0.172	0.717 ^{**}	0.722 ^{**}	0.3890	0.2657	0.0109	2.8301
IV	B	-0.7	+2.0	+0.7	0.176	0.879 ^{**}	0.875 ^{**}	1.2183	-0.0257	-0.0142	38.905
	C	-0.22	+0.8	+0.8	0.135	0.845 ^{**}	0.782 ^{**}	0.750	0.0699	0.1879	12.572
	D	-0.3	+1.8	+1.0	0.161	0.591 ^{**}	0.845 ^{**}	0.4403	0.2639	-0.070	3.8645
V	A	-0.7	+2.5	0	0.457	0.674 ^{**}	0.430 ^{**}	2.360	-1.353	0.6802	5.17×10 ⁹
	B	-0.15	+2.5	+1.0	0.273	0.403 ^{**}	0.482 ^{**}	0.1583	0.5721	0.06213	0.4525
	C	-0.15	+2.5	+1.0	0.115	0.621 ^{**}	0.756 ^{**}	0.119	0.4897	0.1700	0.9194
	D	0	+2.5	+1.0	0.288	0.759 ^{**}	0.515 ^{**}	1.0655	0.3277	0.0960	1.8915
$d + b (\log \tau_* - K_x) + c (\log R/d - K_y) = \log \varphi_* - K_z$ $a' = a' - bK_x - cK_y + K_z$ $a'' = \log a$											
$\varphi_* = a \tau_*^b (R/d)^c$ I + II の K_z は比重分の修正値 ($\log 2.65 - 0.42$) $\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{SE}{n-3}}$											

4. 計算結果の検討

表-4の相関係数と表-3の分散比につき、統計的な有意性の検討を行い5%水準で有意なものに*印を1%水準で有意なものに**を数字の肩につけて区別した。流砂量には τ_* と R/d が関係することは水理学的には判っているので、有意でないものについては、何かのミスがあることが考えられるが、十分に検討を加える余裕がないので、このことを念頭に置きながら、有意な資料を中心として考察を進めることにする。

標準偏差の推定値 $\hat{\sigma}$ についても同様なことを考慮するものとする。即ち $\hat{\sigma}$ の値は単相関で有意でない資料を除くと全体として0.1~0.28となっている。領域毎のパラッキについては、C領域のパラッキが少なく、A及びBの領域では、 $R/d \sim \tau_*$ 平面上で、C領域から遠い点の資料が、パラッキを大きくしている原因のように考えられC領域に近接した点の資料はパラッキが少ないように思われる。

Ⅳの資料について $\hat{\sigma}$ の値が0.135~0.176と比較的変化が少ないのは、C領域に近接した資料だけで遠く隔れた資料がないことが重要な理由のように思われる。

本研究の始めにはB、C領域では流速係数が二価になるため φ_0 も変動が大きいと予想していたが、結果的にはむしろ変動が少なく、 φ_0 の値は二価に考える必要のないことが判明した。

尚 $\hat{\sigma}$ の値は対数をとった値であるので、0.135~0.176の値を真数になおすと30%~50%の値に相当し、 $\hat{\sigma} = 0.25$ の値は80%の変動に相当する。

5. 流砂量の式

統計計算の結果 τ_* は8式の a 、 b 、 c の3個の常数により(8)式で定まることになったが、これ等の常数は領域により、資料の出所によりかなり違った値を示すが、実際に利用する場合に判断して定めるものとする。

(8)式の τ_* を(5)式又は(6)式に代入すれば流砂量が求められる。粗度係数が精度よく別途求められている場合には n の含まれている(6)式を利用し、粗度係数もはっきりしないときは(5)式を用いる。

φ_0^3 の値は文献3により一般に次の形で表示され、一組の τ_* 、 R/d に対して、領域Bにおいては砂堆Ⅱ

$$\varphi_0^3 = k \tau_*^n (R/d)^m \dots\dots\dots (9)$$

に対する値と遷移領域に対する値の二つの可能性があり、領域Cにおいては砂堆Ⅱに対する値と平坦河床に対する値との二つの可能性があることが判明している。(表-4)

従って領域AよりB、Cを経てDに移行するとき、検討結果の如く a 、 b 、 c の値に急激な変化がないと

図-2 領域別資料別 φ_0 散布図

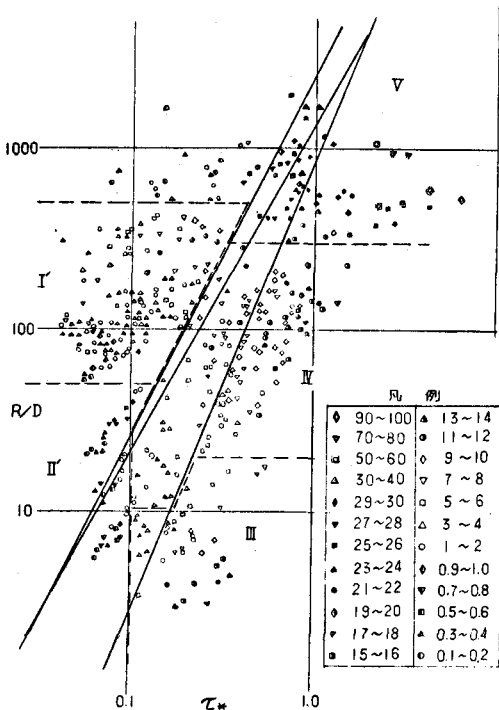


表-5 φ_0^3 の係数

	k	n	m
砂堆河床Ⅰ	13.82	-1	$\frac{1}{2}$
砂堆河床Ⅱ	705	0	0
遷移河床Ⅰ	1.33×10^{18}	9	$-\frac{9}{2}$
平坦河床	$329(K_0^{3/2}/K)$	0	$\frac{1}{2}$
反砂堆河床	22	-1	$\frac{9}{10}$
$\varphi_0^3 = k \tau_*^n (R/d)^m$			

すると(9)式の値は流砂量式に代入されてそのまま q_B に反映し、 q_B も同じ τ_* 、 R/d の値に対して二つの可能性があることが判明した。(5)式に代入した場合及び流砂量を無次元化した場合の式を次に記す。

$$q_B = \frac{U_*^3}{Sg} \left\{ a \tau_*^b (R/d)^c \right\} \left\{ k \tau_*^n (R/d)^m \right\} \frac{1}{\left\{ 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{d(1+2\tau_*)} \right\}^3} \cdot F(\tau_{*c}/\tau_*) \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$\frac{q_B}{U_* d} = a \tau_*^{b+1} (R/d)^c \left\{ k \tau_*^n (R/d)^m \right\} \frac{1}{\left\{ 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{d(1+2\tau_*)} \right\}^3} \cdot F(\tau_{*c}/\tau_*) \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$q_B/q = F_r^2 \varphi_* S^{-1} \left\{ 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{d(1+2\tau_*)} \right\}^{-3} F(\tau_{*c}/\tau_*) \quad \dots\dots\dots (12)$$

6. φ_0 の値の選択

B及びCの領域では φ_0 の値に二つの可能性がありうることが判つたので、実験資料で次の如く調べた。

q_{B1} : k , m , n に砂堆河床2の値を代入した流砂量

q_{B2} : 平坦河床の値を代入した流砂量

q_B : 実験による流砂量

$$\alpha = \frac{q_B - q_{B1}}{q_{B2} - q_{B1}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

$q_B = q_{B1}$ のとき $\alpha = 0$

$q_B = q_{B2}$ のとき $\alpha = 1$

更にD領域に近づく程 q_{B2} の値に近く、A領域に近づく程 q_{B1} の値に近い値を示す可能性を調べるため、1組の τ_* 、 R/d に対して次の β を定めた。

$$\tau_{*L} = 0.01837 (R/d)^{\frac{5}{9}}$$

.....同じ R/d を持つC、Dの境界の τ_* の値

$$\tau_{*U} = 0.0668 (R/d)^{\frac{2}{5}}$$

.....同じ R/d を持つB、Cの境界の τ_* の値

τ_* : 実験資料の値

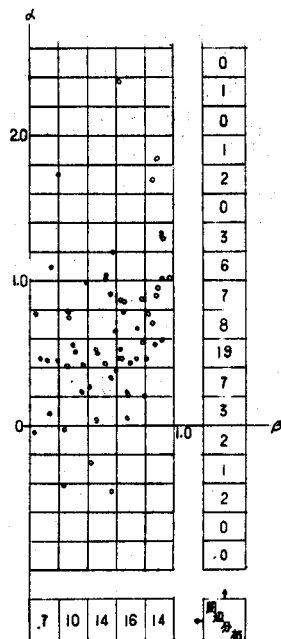
$$\beta = (\tau_* - \tau_{*L}) / (\tau_{*U} - \tau_{*L}) \quad \dots\dots\dots (14)$$

資料ⅣのC領域の資料につき $a \approx 4.0$ $b \approx 0.5$ $c \approx 0.25$

とおき上記の α を縦軸に、 β を横軸にプロットすると図-3の如くなる。図から α の値は特に0及び1に集中することなく、0.5附近を中心とした正規分布に近い値を示している。

又 β からもD領域に近いからと言って特に平坦河床の値をとることは顕著に認めることは出来なかった。これは実験データから言えることで、自然河川の場合のように、A領域よりB、C、Dと自然に変化する場合とは違うことを考慮する必要がある。従って特に条件のないときはC領域全体について q_{B1} の値をとる確率と q_{B2} の値をとる確率は同じと考えて良いようだ。同様のことはB領域についても推定できる。

図-3 α, β の散布図



7. 計算と実験値との比較

7-1 係数をそのまま使った場合

(10)式で流砂量を計算するとき表-4の a , b , c の流砂量をそのまま使う場合でも φ_0 の誤差だけ誤差が増える可能性がある。これがどの程度影響するかを調べるためにⅠの A 及びⅡの A , B , C についての a , b , c を使い計算を行い、実測値と計算値の比較を行った。結果を図-4, 図-5に示す。但し C 領域については、二つの計算結果の内実験値に近い方の値を計算値としてプロットしてある。結果は上記のような影響は特に考えなくても良いように認められた。

7-2 近似的な係数を使った場合

実際の場合には表-4の a , b , c の値を参考にして近似的な値を用いることが必要となろう。今表-4のⅣの値を参考にして次式のような近似式によって計算した結果を実験値と比較した。 B , C 領域については7-1と同様に二つの計算値

$$\varphi_* = 4 \tau_*^{\frac{1}{2}} (R/d)^{\frac{1}{4}} \dots\dots\dots (15)$$

の内実測値に近い方の値を計算値とした。計算結果を図-6に示す。

近似式を使っても悪い影響はないようであるが、 D 領域については実測値の方が大きな結果が出ているようにも認められるので、やはり D 領域の係数を使った方が良いように思われる。実際の場合にはやはり同じ領域の類似した実験の係数を使うべきであろう。

尚統計計算に全く使われなかった資料として文献6の資料を(15)式を使って計算したものを図-5に●, ◎印にて記入した。計算値と実測値との合致の程度は良好である。但し係数4を3.3に変えてある。

図-4 流砂量実測計算比較図

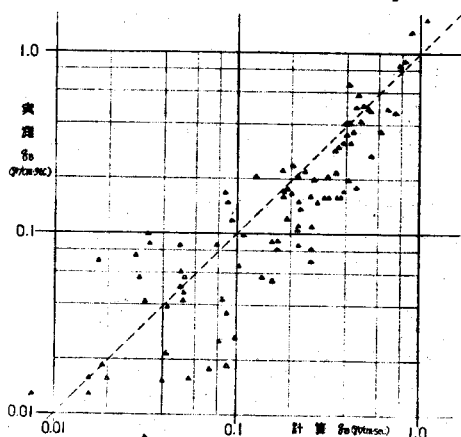
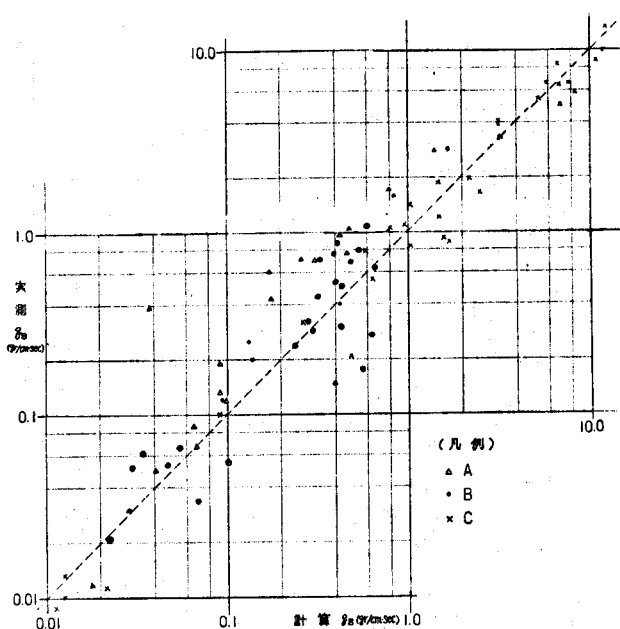


図-5 流砂量実測計算比較図



8. φ_* の全体的分布について

φ_* の値は実験資料により、 R/d 、 τ_* の値により変化するが、全般的な傾向を概観するために、極めて大まかな値を表示すると表-6の如くなる。

其の変化は最大と最小では100倍程度の差異があることに注目することが必要である。管理限界として3 σ をとったとき、C領域で3倍以上、或は1/2以下、A、D領域で5倍或は1/5より大きな実験値と計算値の違いが出たら原因を調べてみる必要がある。

9. おわりに

今後4節で述べた如く高度に有意でなかった資料については検算を行なうと共に、 $\hat{\sigma}$ の大きいものについても原因について検討したいと思っている。

今回の研究に当り利用させて戴いた資料を発表された多くの研究者に深く敬意と謝意を表わすものである。

参 考 文 献

- 1) 佐藤清一, 吉川秀夫, 芦田和男; 河床砂礫の掃流運搬に関する研究, 土木研究所報告 第98号
- 2) 土木研究所資料 第1059号, 相似率の観点から見た移動床流れの水理, 建設省土木研究所鹿島試験所 昭和50年10月
- 3) 土木学会水理委員会移動床流れの抵抗と河床形状研究小委員会, 移動床流れにおける河床形態と粗度, 土木学会論文報告集 No.210, 1973-2
- 4) 芦田和男, 道上正規; 移動床流れの抵抗と掃流砂に関する基礎的研究, 土木学会論文集 No.206, 1972-10
- 5) 吉川秀夫, 福岡捷二, 馬場 享, 河野二夫; 大粒径砂礫の掃流砂量に関する研究, 土木学会第19回水理講演会論文集 1975年2月
- 6) 宝田 明, 多田博登, 平田健正; 河床波上の砂粒運動と流砂量に関する実験的研究, 土木学会第19回水理講演会論文集 1975年2月
- 7) 科学技術庁資源局, 石狩川河道変遷調査(参考編) 科学技術庁資源局資料第36号 昭和37年12月

図-6 流砂量実測計算比較図

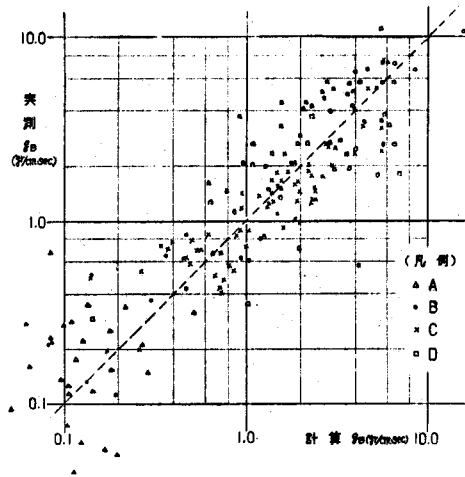


表-6 φ_* の分布

τ_* R/d	0.05	0.1	0.3	0.6	1	3
1000		A0.3 (V)	A 3 (V)	B 20 (V)	C 22 (V)	D 80 (V)
100	A1(I)	A1(I')	C9(IV)	D 12 (IV)	D 18 (IV)	
10		C2(IV) C1(II)	D 8 (II)			
A, B, C, Dは領域の区分, ()内は資料区分						