

急流河川の粗度係数について

名古屋工業大学 細井正延

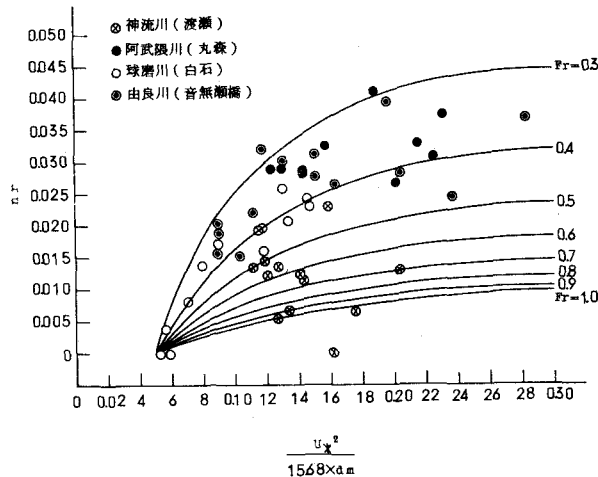
1. まえがき

著者は、先に、急流河川の粗度係数を推算する方法として、河床に存在する砂、砂利、礫による抵抗、州などのための凹凸に起因する形状抵抗、及び砂礫移動に伴う抵抗の3種類に分離し、それぞれの性質について、実験、及び、河川の流量観測の資料から検討した。1)その結果、河床砂礫の性質と河道横断形状などがわかれば、河床粗度を推定することができることを明らかにした。ここでは、砂礫移動に伴う抵抗を調べるための現地資料が新しく得られたので、これを用いて、参考文献の研究結果を若干補正した。また静岡県大井川の河口(0 km)から10 km間における洪水時の最高水位の痕跡資料から河床粗度を算定した結果、他の河川にくらべてかなり大きな値であつたが、その理由として、大井川のように河幅が非常に広い河川では形状抵抗が著しく大きいためであろうと推定した。このように、参考文献1)中で取り扱つた河川よりもさらに規模の大きな河川についての粗度の性質を、ある程度明らかにすることができた。

2. 移動床の粗度係数

著者は、前に、由良川の福知山、阿武隈川の丸森、球磨川の白石、および神流川の渡瀬の4流量観測所の洪水時移動床の状態における流量、水面勾配の資料から、砂礫の移動に伴つて生ずる粗度の増加分について検討した。この時の流量は計画高水流量の $\frac{1}{2}$ 以下という比較的小流量の資料であつたが福知山については昭和34年9月27日に $4500 m^3/sec$ の大洪水(計画高水流量は $3,100 m^3/sec$)が発生して、その時の流量、水面勾配、水位の資料が得られたので、再検討した。横軸に $U_*^2 / 15.68 \times d_m$ をとり、縦軸に n_r をとつてプロットすると、図-1のようである(ここで $U_* = \sqrt{gRI}$ 、 R : 径深、 I : 水面勾配、 g : 重力の加速度、 d_m : 平均粒径、 n_r : 河床砂礫の移動によつて生ずる Manning の粗度係数の増加分)。 $Fr=0.3$ 及び 1.0 の曲線は前と同じであるが、Froude 数がその中間の曲線については、福知山の流量が多い場合の観測値と $n_r \propto Fr^{-1.2}$ の関係が成立することから図中の曲線のように訂正した。

図-1 移動床の粗度係数



前のと比較すると、 $Fr=0.4 \sim 0.9$ の曲線の位置がわずかに下つている。緩流河川については、 $U_*^2 / 15.68 \times d_m$ がある値より大きくなると砂澁、砂堆が消滅して、粗度係数がかえつて減少することが報告されているが、2) ここでとりあげたような $d_m=2 \sim 3 \text{ cm}$ というかなり大きな河床材料の場合には、 $U_*^2 / 15.68 \times d_m < 0.30$ の範囲では、 n_r は流量の増加とともに大きくなると考えられる。

3. 大井川の粗度係数

大井川で昭和36年6月27日に洪水が起り、河口から約23 km 区間で最高水位の痕跡が調査された。このうちの0～10 km の区間が河幅が比較的一様であるので、この区間の粗度係数について検討した。また、神座流量観測所において流量観測が行なわれたが、その観測値を水面勾配、粗度係数、水位—流量曲線等から検討した結果、最大流量が約 $2,600 \text{ m}^3/\text{sec}$ であると推定した。神座と10 km 地点との間には相賀谷川、大代川、栃山川が流入しているが、これらの河川の流量は全く測定されていないので、時間雨量から中安氏の方法を用いて時間—流量曲線を求め、また、rational formula によつて最大流量を求めた結果、0～10 km 区間で $2,965 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、及び、 $3,155 \text{ m}^3/\text{sec}$ となつた。それぞれの流量に対して各測点における manning の粗度係数を求めると、表-1 のようである。

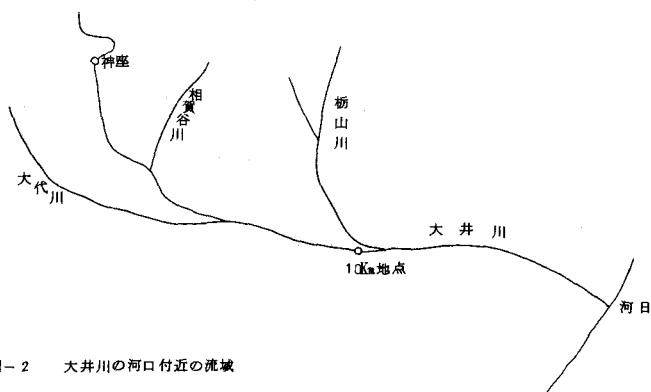


図-2 大井川の河口付近の流域

表には河巾、水位、水面勾配の値も記入されている。表-1からわかるように、粗度係数はおよそ $Q = 2965 \text{ m}^3/\text{sec}$ の場合には0.048、 $Q = 3155 \text{ m}^3/\text{sec}$ では0.046であつて、著者が先に釜無川、天龍川の鹿島で小洪水時に求めた0.034~0.035にくらべると、著しく大きい。また、0~10 km

表-1

測点	0.2km	0.6	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0
河巾	919m	947	961	958	1000	987	947	963
平均水深	1.64m	1.65	1.75	1.61	1.73	1.64	1.74	1.72
水面勾配	1/259	1/283	1/279	1/268	1/254	1/268	1/269	
粒度 係数	$Q=2965$	0.046	0.047	0.046	0.047	0.047	0.048	0.049
	$Q=3155$	0.043	0.044	0.043	0.044	0.044	0.045	0.046

3.4	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8	6.2
990	913	887	850	831	852	820	789
1.80	1.80	1.77	1.85	1.64	1.84	1.92	2.19
1/279	1/283	1/229	1/244	1/272	1/252	1/246	1/237
0.050	0.050	0.054	0.050	0.043	0.045	0.051	0.056
0.047	0.047	0.050	0.047	0.041	0.042	0.048	0.053

6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0
792	851	926	847	835	807	670
1.88	1.90	1.74	1.91	1.84	1.82	1.80
1/262	1/260	1/242	1/272	1/253	1/250	1/259
0.053	0.050	0.052	0.050	0.051	0.048	0.041
0.050	0.046	0.049	0.047	0.047	0.045	0.039

9.4	9.8	10.2
680	729	692
1.96	1.93	1.87
1/256	1/257	1/255
0.041	0.045	0.043
0.038	0.042	0.041

区間の河床砂礫の粒度分析を行つた結果、 $d_m=3.7cm$ 、 $d_{65}=4.0cm$ 、 $B=1.64$ であつた（ここに d_{65} ：累加百分率65%のところの粒径、 B ：境隆雄氏の混合率）。参考文献1）で、移動床の状態で測定された粗度係数を、砂礫移動に伴う粗度増加分 nr 、砂礫の凹凸による粗度 ng 、州の凹凸のための形状抵抗による粗度 nf の三つに分離する考え方を述べたが、ここでも、 $n=0.048$ 、 0.046 を三つの要素に分離して検討した。まず、 $n=0.048$ の場合について述べる。図-1の曲線から $nr=0.0173$ となり、 $n=0.048$ から 0.0173 をH.A.Einsteinの方法で分離すると、 $ns=0.0412$ となる。つぎに、図-3（参考文献1）参照）から砂礫による粗度を求めると、 $d_{65}=4.0cm$ 、 $B=1.64$ であるから、 $ng=0.0268$ となり、 ns から ng を分離すると $nf=0.0249$ となる。同様にして、 $n=0.046$ の場合について nf を求めると、 0.0235 となる。図-4は nf と急流河川の河床特性 e/B （ B ：河幅、 e ：河道横断面図の重心と河幅中心との距離）との関係を示すもので（参考文献1）参照）、大井川の0～10km区間では e/B の平均値は約0.016であるから、図-4から $nf=0.0152$ となり、上記の $nf=0.0235$ 、 0.0249 は著しく大きな値である。参考文献1）で扱つた河幅は80～500mであるが、大井川は700～1000mで非常に広く、河幅が広いほど

nf が大きくなるであろうことは、すでに予想したところである。この理由としては、河幅が広いほど河床に形成される州の高さが大きいこと、あるいは、水深と州の高さとの比が著しく小さく、すなわち、相対粗度が非常に大きくて、水面に擾乱が生じやすいことなどに起因するものと思われる。

図 - 3 相当粗度と混合係数との関係

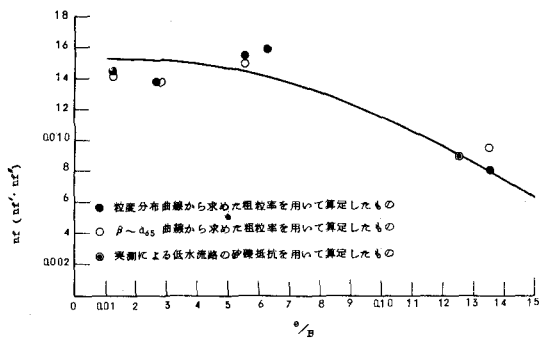
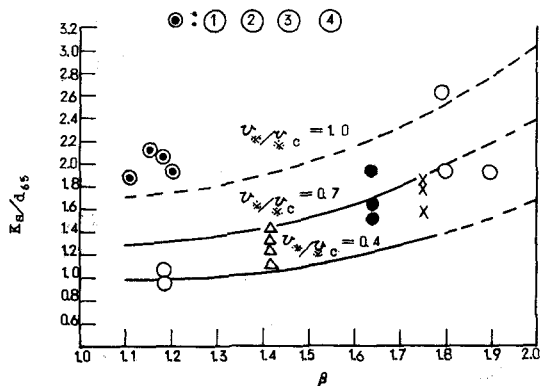


図 - 4 形状抵抗による粗度

この点に関しては、現在実験的検討を行なっている。いずれにしても、大井川のように河幅が非常に広い急流河川の粗度係数は、とくに大きな値であると考えねばならない。なお、大井川の既往最高水位は昭和36年6月洪水よりも約1mくらい高いが、このような流況における粗度係数を求めると、 $ns=0.038\sim0.038$ $nr=0.021\sim0.023$ となり、したがって、 $n=0.048\sim0.050$ になる。

最後に、資料の提供その他種々便宜を計つていただいた建設省前掛川工事事務所長の鈴木嶺夫氏、資料の整理、解析に協力いただいた本学39年度卒業生の山口宏之君、植村貞吉君に謝意を表わす次才である。

参 考 文 献

- 1) 細井正延：河川急流部の粗度係数と河道計画との関連について、建設省土木研究所報告才 115 号、昭和 38 年 8 月
- 2) 芦田和男：河道の設計法（4）河川の粗度について、土木技術資料 1-7、昭和 34 年