

# 河床의 粗度係數에 關하여

張 元 一

## A Study on the Roughness Coefficient of the Channel

*Jang Won Yil*

〈目 次〉

- |              |            |
|--------------|------------|
| 1. 序 論       | 3. 計算 및 檢討 |
| 2. 粗度係數 算出公式 | 4. 結 論     |

### Abstract

In natural rivers, the correct value of the roughness coefficient is required for the calculation of the mean velocity, sediment transportation and alluvial stream problems.

In this paper, the exact value of the roughness coefficient is calculated on the conditions to occur in nature channels. From the results of the calculations it was found that the roughness coefficient are table 3, 4, 5, 6, 7 and those calculation results are in good agreement with the roughness coefficient of the study areas.

### 記 號 說 明

- $U$ : velocity in flow direction at a distance  $y$  from the boundary  
 $I$ : water surface or bed slope  
 $R$ : hydraulic radius  
 $N$ : Manning's roughness coefficient  
 $U_*$ : shear velocity  
 $k$ : Karman constant  
 $K_s$ : equivalent sand grain roughness of the boundary  
 $W_0$ : fall velocity of a farticle
- $\rho$ : specific gravity of fluid  
 $\nu$ : kinematic viscosity of fluid  
 $\sigma$ : specific gravity of sediment

## 1. 序 論

河床의 凹凸度를 表示하는 粗度係數는 河川에서의 平均流速, 土砂의 流送 및 流水에 對한 摩擦損失等 河川에 關한 計算式에서 많이 使用되는 係數이며, 이 粗度係數는 여러가지 因子에 依하여 그 값이 變化되는 것으로 알려져 있다.

그러나 粗度係數가 많은 計算式에서 使用되고 그 값의 變化에 따라 結果值의 程度가 낮아짐에도 불구하고 粗度係數는 大部分 그 概略值로서, 河川의 水深이 깊고 斷面이 바르며 河床의 狀態가 모래이고 河幅의 變化가 없을 境遇 0.025~0.033, 斷面이 바르며 河床의 土砂粒徑이 클 境遇 0.03~0.04, 蛇行이고 水心이 얇은 境遇 0.04~0.06 等の 값을 使用함으로 河川에서의 計算에서 많은 誤差를 가져오는 原因이 되고 있다.

그러므로 河川의 各種 計算에서 誤差를 줄이기 위하여 程度가 높은 粗度係數 값을 使用할 必要가 있으며, 보다 正確한 粗度係數의 값을 算出하려면 粗度係數에 影響을 미치는 各因子의 相互關係를 決定하고 因子와 粗度係數와의 關係를 決定할 必要가 있으므로 本 論文에서는 粗度係數 計算에 必要한 公式를 檢討하여 適切한 式을 選擇하고, 그 公式에 必要한 因子의 條件을 一般的인 自然河川에서 發生될 수 있는 範圍로 擴大시켜 決定한 다음 粗度係數를 計算하여 그 結果를 比較 檢討하였다.

또한 計算에 依한 結果를 對象地域을 定하여 對象地域의 河床條件과 알려져 있는 概略值와 比較하여 그 妥當性을 檢討하였다.

## 2. 粗度係數 算出公式

河川에서 一般的으로 使用되는 平均流速에 對한 公式은 Manning의 式으로 다음과 같이 表示된다

$$\text{Manning equation } U = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots(1)$$

(1)式에서  $n$ 값은 平均流速 計算式 뿐 아니라 河床의 狀態를 決定하는데 重要な 要素가 되므로 河床의 變動에 對하여 考察하기 以前에 決定되어야 한다. (1)式을 河床面의 單位面積當 作用하는 剪斷力 및 摩擦速度에 關한 式으로 變形하면  $U = R^{1/6} \sqrt{RI} / n = R^{1/6} \sqrt{gRI} / \sqrt{g} \cdot n$ 가 되고 摩擦速度  $U_* = \sqrt{\rho g RI}$  이므로 上記 變形式은

$$n = \frac{1}{\sqrt{g}} \cdot \frac{R^{1/6}}{U_*} \dots\dots\dots(2)$$

가 되어  $U/U_*$  값에서  $n$ 값을 決定할 수 있다.

또한  $R^{1/6} / \sqrt{g} \cdot n$ 는 無次元의 係數가 되며 이것은  $n$ 값이 河床의 表面狀態에만 關係되기 때문이다.

(2)式에 必要한  $U/U_*$ 의 關係는 流水에서의 速度分布에 關한 式에서  $U/U_* = I_n(y/y')/k$ 로 表示되

며  $k$ 의 값은 Karman의 常數로 清水일 境遇 0.4로 取扱되는 값이며,  $U$ 는 河床의 boundary로부터 거리  $y$ 만큼 떨어진 地點의 速度,  $y'$ 는  $y = y'$ 일때  $U = 0$ 가 되는 거리이다.

上記  $U/U_*$  關係는 모넬 實驗을 通하여 많은 形態로 變形되었으며 그 關係式은 다음과 같다.

Prandtl-Karman equation.

$$U/U_* = 5.75 \log(U_*y/\nu) + 5.5 \quad (\text{smooth boundary})$$

$$U/U_* = 5.75 \log(y/K_s) + 8.5 \quad (\text{rough boundary})$$

Bazin-Keulegan equation

$$U/U_* = 5.75 \log(U_*R/\nu) + 3.25 \quad (\text{smooth boundary})$$

$$U/U_* = 5.75 \log(R/K_s) + 6.25 \quad (\text{rough boundary})$$

Strickle equation.

$$U/U_* = 5.75 \log(R/K_s) + 6.25 \quad (\text{smooth, rough boundary})$$

上記式 中 strickler는  $R^{1/6}/n$ 과  $2R/K_s$ 의 關係에서  $R^{1/6}/n = 96.13(R/K_s)^{1/6}$ ,  $n = K_s^{1/6}/96.3(K_s)$ 의 單位가 meter인 境遇의 값을 提案하여 實際 河川에서의 檢討結果  $n = 0.0119 \times (d_{50})^{1/6}$ 로 밝혀져 거의 一致함을 보여 주었다. 또한  $K_s$ 값에 對하여  $K_s = d_{90}$ ,  $K_s = d_{65}$  등으로 提案된 發表가 있으나  $U/U_*$  값의 計算을 위하여 上記式에 對한  $K_s$ 의 값을 檢討하면,  $d_{50}$  以上の 共通性은 있으나 一致된 값은 아니므로 使用에 불편한 점이 있으며, 上記式은 粒子의 抵抗에만 關係된 式이며 河床의 變化에 對해서는 考慮하지 않은 關係式이므로, 一般的인 條件의 河床狀態와 粗度와의 關係式을 誘導하기 위하여 必要한  $U/U_*$  값을 決定하기 위한 式으로는 不適當한 式이다.

上記式 外 河床의 變化 및 粒子의 抵抗을 함께 考慮한 式으로는 다음과 같이 表示할 수 있는 Liu-Hwang 公式 Carde-Ranga Raju 公式이 있으나

$$\phi\left(\frac{U}{U_*}, I, \frac{U_*d}{\nu}, \frac{d}{R}, \tau^*, \frac{W_0d}{\nu}\right) = 0$$

$$\frac{U}{\sqrt{(\sigma-\rho) \cdot d \cdot \rho \cdot g}} = \phi\left(R/d, \frac{I}{(\sigma-\rho)/\rho}, \frac{g^{1/2} \cdot d^{3/2}}{\nu}\right)$$

各 因子에 對하여 影響이 크다고 생각되는 一部分만 實驗을 通하여 決定되어 있으므로 實際 使用에는 곤란한 점이 많은 式이다.

以上과 같은 關係式에서  $U/U_*$  값의 計算을 위한 一般的인 形式을 考察하면

$$U/U_* = A \log(R/K_s) + B \dots\dots\dots(3)$$

로 볼 수 있으며 이와같은 形態는 Japanese equation, Bharat singh equation에서도 같은 形態를 가지고 있으므로 (3)式을  $U/U_*$  값을 決定하기 위한 式으로 選擇하고 係數 A, B는 A의 境遇 5.75가 가장 共通性이 있으므로 5.75로 定하고 B 값은 6.0과 6.25가 共通性이 많으므로  $U/U_*$  關係式은 다음의 形態로 決定하는 것이 適切할 것으로 思料된다.

$$U/U_* = 5.75 \log(R/K_s) + 6.0 \dots\dots\dots(4)$$

$$U/U_* = 5.75 \log(R/K_s) + 6.25 \dots\dots\dots(5)$$

(4), (5)式에서  $U/U_*$  값을 計算하기 위해서는  $K_s$  값을 알아야 한다.

$K_s$  (相當粗度, equivalent sand grain roughness of the boundary)는 河床의 粒子가 移動하지 않을 境遇는 河床粒子의 平均粒徑 程度로 表示될 수 있으나 實際로는 河床粒子의 配置狀態나 粒子의 粒徑에 依하여 變化되는 값이다.

一般的인  $K_s$ 의 값으로는 河床의 平均粒徑을  $d$ 라고 하면  $K_s = (0.5 \sim 4.0)d$ 로 알려져 있으나 河床粒子가 流水의 作用에 依하여 移動할 境遇  $K_s$ 는  $d$ 에 비해 상당히 큰 값이 되므로  $K_s$ 값에 對한 明確한 關係를 알 必要가 있다.

理論的인  $K_s$ 값으로 Tsubak, Huruya는 次元解析에 依하여  $\tau_* = \tau_0/(\sigma - \rho) \cdot g \cdot d$ ,  $\tau_0 = \rho g R I$ 로 表示될 境遇  $K_s/d$ 는  $\tau_*$ ,  $U_* \cdot d/\nu$ 와 함수관계가 있으며  $U_* \cdot d/\nu$  보다  $\tau_*$ 가 重要하다고 보고 다음의 關係式을 提案하였다.

$$K_s/d = 10^{3.48(1 - 0.22\tau_*^{1/2})} \dots\dots\dots(6)$$

(6)式 以外  $K_s/d$ 의 關係는  $K_s/d = 10\tau_*^{0.769}$ ,  $K_s/d_{65} = [f(\tau_*)/F^2]^\alpha$  등이 있으나 結果는 거의 一致하는 것으로 알려져 있다.

그러므로 本 論文에서 河川에서의 粗度係數 計算을 위한 式으로는 (4), (5), (6)式을 選擇하여 各 因子의 값을 決定, 計算하였다.

### 3. 計算 및 檢討

#### 1) 計算方法

(4), (5), (6) 式을 利用하여 粗度係數를 算出하기 위해서는 各 式에서 必要한 因子의 값을 決定하여야 한다. 먼저  $R$  및  $d$ 의 範圍를 決定하고 이 값을 基礎로 한 計算에 依하여 다른 因子의 範圍를 決定하여야 하므로  $R, d$ 의 값을 먼저 決定하였다.

$R$  및  $d$ 에 對한 條件은 粗度係數를 計算한 後 比較 對象으로 選定한 洛東江 河口域에 關한 條件을 基礎로 變化의 幅을 考慮하여 決定하였다.

粒子의 粒徑에 對한 條件은 對象地域에서의 河床土砂를 採取하여 粒度分析을 한 結果 0.0375~0.01875cm의 粒子粒徑을 가진 土砂의 構成比가 大部分을 차지하고 있음을 나타내고 있고, 對象地域은 河口域이므로 上部로 갈수록 粒徑이 큰 粒子의 構成比가 增加될 것이고, 試料를 採取한 地點이 水深이 가장 깊은 곳을 中心으로 土砂를 採取하였으므로 가장자리로 갈수록 粒子의 構成比가 水理的인 條件에 따라 變化될 것이므로, 粒子의 粒徑에 對한 條件은 0.5~0.1cm 사이의 값으로 定하였다.

$R$ 값은 上記 地域의 河床斷面인 그림 1을 基礎로 하여 河幅 및 水深의 變化量을 考慮하고, 大部分의 自然 河川의 境遇를 考慮하여 125~300의 範圍로 定하였다.

傾斜 條件은 1/1000, 1/1300, 1/1500, 1/2000, 1/10000의 범위로 하여 計算하였다.

이와 같이 決定된 粒徑, 傾深, 傾斜의 條件은 그 範圍를 充分히 擴大하였으므로 이 條件에 依한 結果値는 大部分의 河川의 狀態에 適用可能한 값이 될 것으로 思料된다.

上記 條件에 依한 計算은 다음과 같은 方法으로 計算하고 그 結果를 比較하였다.

- ① 各 動水傾斜에 對한  $R$  및  $d$ 의 條件에 依하여  $\tau_*$  값을 計算.
- ②  $R$ ,  $d$ , 및  $\tau_*$  값을 利用  $K_s/d$  값을 計算.
- ③  $d$  및  $K_s/d$  값에 依하여  $K$ , 값 決定.
- ④  $K$ , 및  $R$ 의 값으로  $U/U_*$  값 計算.
- ⑤  $U/U_*$  값 및  $R$ 의 값으로  $n$ 값 計算.
- ⑥ 上記 計算을  $R$  및  $d$ 의 값으로 反復 計算하고
- ⑦⑥의 計算을  $I$ 값 變化에 對하여 反復 計算하였다.

## 2) 計算結果 檢討

表 1의 條件에 依하여 計算된  $\tau_*$  및  $U/U_*$  값 가운데  $I=1/1000$ 인 境遇를 表 2에 나타내었다.

表 3~表 7은 各傾斜에 對한  $n$ 값을 나타낸 것으로 表에서 나타나는 바와같이  $R$ 의 값이 적으면  $n$ 값은 커지나 아주 적은 境遇는 (6)式에 依한 計算值 가운데  $U/U_*$  값이 (-)값을 가지게 되므로 計算結果  $d$ 의 값이 작아야 됨을 알 수 있다. 또한  $d$ 값의 變化에서  $d$ 가 0.7 이상이 되면  $R$ 의 범위가 200 이상이 되어야 計算結果가 適當한 값을 取하므로 表 3~表 7 혹은 以上の 範圍에 對한 값은 別途로 計算되어야 한다. 그림 2, 3, 4는 計算값 가운데 傾斜에 따른  $n$ 값의 變化를 나타낸 것으로  $I$ 값이 작고  $R=100$ 인 境遇는  $d$ 가 0.2 이상이 되면  $n$ 값은 상당히 크며,  $R=300$ 인 境遇는 거의 變化가 없음을 알 수 있으며,  $I$  및  $R$  값의 變化에 따라 程度의 差異는 있으나  $d$ 가 0.3 이상의 값을 가지는 境遇  $n$ 값의 變化가 거의 없음을 나타낸다.

그림 2, 3, 4의 比較에서  $I$ 값이 적을수록  $n$ 값의 變化는  $d$ 값의 變化에 對한 影響을 적게 받으나,  $I$ 값이 큰 境遇는  $d$ 값의 變化에 따라  $n$ 값의 變化幅이 상당히 크다는 것을 알 수 있다.

그림 5, 6, 7은  $I$ 의 값 및  $R$ 값의 變化에 對한  $n$ 값의 變化를 나타낸 것으로,  $I$ 의 값이 적을수록  $n$ 값의 變化幅은 적으나,  $I$ 값이 커지면  $n$ 값은  $R$ 의 變化에 따라 그 變化幅이 상당히 커짐을 나타낸다. 또한  $I$ 값의 變化에 따라  $R=250$  이상의 境遇  $d$  값에 따라 약간의 差는 있으나  $n$ 값의 變化는 거의 없음을 알 수 있다.

즉, 그림 2~7을 比較, 檢討하면  $R=250$  이상이고  $d=0.3$  이하이면 傾斜의 影響을 거의 받지 않고  $n$  값의 變化幅은 아주 적으며,  $R$ 의 값이 200 이하이면  $n$ 값의 變化量이 상당히 많아짐을 알 수 있다.  $d$  및  $R$ 의 變化에 對한  $n$ 값을 보면  $d$ 값의 變化에 對한  $n$ 의 變化幅 보다는  $R$ 값에 對한 變化幅이 훨씬 크다는 것을 나타내고 있다.

以上の 結果에서  $I, R, d$ 의 變化에 對한  $n$ 의 變化狀態를 알 수 있으며 表 3~7을 利用하여  $R, d, I$ 값이 決定되면 보다 正確한  $n$ 의 값을 算出할 수 있고, 이  $n$ 값을 利用한 河川의 各種 計算式의 結果는

表 1. 計算에 使用된 R, I, d 값.

d	0.50,	0.45,	0.40,	0.35,	0.30,	0.25,	0.20,	0.15,	0.10
R	125,	150,	175,	200,	225,	250,	275,	300,	325
I	1/1,000,	1/1,300,	1/1,500,	1/2,000,	1/10,000				

表 2. R. 및 d의 變化에 對한  $\tau_*$  및  $u/u_*$  ( $I=1/1000$ )

	R=125cm	R=150cm	R=175cm	R=200cm	R=225cm	R=250cm	R=275cm	R=300cm	R=350cm
$\tau_*$	0.1515	0.1818	0.2121	0.2424	0.2727	0.3030	0.3333	0.3636	0.3939
	0.1684	0.2020	0.2357	0.2694	0.3030	0.3367	0.3704	0.4040	0.4377
	0.1894	0.2273	0.2652	0.3030	0.3409	0.3788	0.4167	0.4545	0.4924
	0.2165	0.2597	0.3030	0.3463	0.3896	0.4329	0.4762	0.5195	0.5628
	0.2525	0.3030	0.3535	0.4040	0.4545	0.5051	0.5556	0.6061	0.6566
	0.3030	0.3636	0.4242	0.4848	0.5455	0.6061	0.6667	0.7273	0.7879
	0.3788	0.4545	0.5303	0.6061	0.6818	0.7576	0.8333	0.9091	0.9848
	0.5051	0.6061	0.7071	0.8081	0.9091	1.0101	1.1111	1.2121	1.3131
	0.7576	0.9091	1.0606	1.2121	1.3636	1.5152	1.6667	1.8182	1.9697
	$u/u_*$ (A)	47.9100	67.3961	84.2595	99.1777	112.5928	124.8089	136.0446	146.4637
59.1124		78.8818	96.0055	111.1660	124.8089	137.2403	148.6810	159.2954	169.2093
71.8259		91.9301	109.3615	124.8089	138.7206	151.4066	163.0896	173.9352	184.0710
86.4975		107.0057	124.8089	140.6021	154.8389	167.8320	179.8073	190.9320	201.3358
103.7992		124.8089	143.0732	159.2955	173.9352	187.3097	199.6473	211.1187	221.8548
124.8089		146.4637	165.3211	182.0955	197.2539	211.1187	223.9231	235.8405	247.0040
151.4066		173.9351	193.5962	211.1187	226.9798	241.5094	254.9458	267.4668	279.2095
187.3097		211.1187	231.9578	250.5766	267.4668	282.9697	297.3320	310.7383	323.3298
241.5094		267.4668	290.2810	310.7383	329.3557	346.4927	362.4084	377.2988	391.3140
$u/u_*$ (B)		55.7100	75.1962	92.0595	106.9777	120.3928	132.6089	143.8446	154.2637
	66.9124	86.6818	103.8055	118.9660	132.6089	145.0403	156.4810	167.0954	177.0093
	79.6259	99.7301	117.1615	132.6089	146.5206	159.2096	170.8896	181.7352	191.8710
	94.2975	114.8057	132.6089	148.4021	162.6389	175.6320	187.6073	198.7320	209.1358
	111.5992	132.6089	150.8732	167.0955	181.7352	195.1097	207.4473	218.9187	229.6548
	132.6089	154.2637	173.1211	189.8955	205.0539	218.9187	231.7231	243.6405	254.8040
	159.2066	181.7351	201.3962	218.9187	234.7798	249.3094	262.7456	275.2666	287.0095
	195.1097	218.9187	239.7578	258.3765	275.2666	290.7698	305.1321	318.5383	331.1299
	249.3094	275.2668	298.0811	318.5383	337.1558	354.2925	370.2085	385.0989	399.1140

보다 誤差를 줄일 수 있을 것으로 思料된다.

表 2~7의 計算結果를 對象地域의 概略値와 比較하면 對象地域 河床의 狀態가 모래이며 平均粒徑은 0.035~0.036 程度이고 傾斜는 아주 완만하므로 表 2~7의 값은 0.03~0.032의 값을 나타낸다. 이 값은 概略値 0.025~0.033의 값에 거의 一致함을 알 수 있다. 그러므로 上記 計算結果가 對象河川과 比較, 妥當性이 있으므로 表를 利用하여 보다 正確한  $n$  값을 決定할 수 있다.

表 3. R, d의 變化에 對한 n (I=1/1000)

	R=125cm	R=150cm	R=175cm	R=200cm	R=225cm	R=250cm	R=275cm	R=300cm	R=350cm
$n_A$	0.0467	0.0342	0.0281	0.0244	0.0219	0.0201	0.0187	0.0177	0.0168
	0.0378	0.0292	0.0246	0.0217	0.0198	0.0183	0.0171	0.0162	0.0155
	0.0311	0.0251	0.0216	0.0194	0.0178	0.0166	0.0156	0.0149	0.0142
	0.0258	0.0215	0.0189	0.0172	0.0159	0.0149	0.0142	0.0135	0.0130
	0.0215	0.0185	0.0165	0.0152	0.0142	0.0134	0.0128	0.0123	0.0118
	0.0179	0.0157	0.0143	0.0133	0.0125	0.0119	0.0114	0.0110	0.0106
	0.0148	0.0132	0.0122	0.0115	0.0109	0.0104	0.0100	0.0097	0.0094
	0.0119	0.0109	0.0102	0.0096	0.0092	0.0089	0.0086	0.0083	0.0081
	0.0093	0.0086	0.0081	0.0078	0.0075	0.0072	0.0070	0.0069	0.0067
$n_B$	0.0401	0.0306	0.0257	0.0226	0.0205	0.0189	0.0177	0.0168	0.0160
	0.0334	0.0266	0.0228	0.0203	0.0186	0.0173	0.0163	0.0155	0.0148
	0.0281	0.0231	0.0202	0.0182	0.0168	0.0158	0.0149	0.0142	0.0137
	0.0237	0.0201	0.0178	0.0163	0.0152	0.0143	0.0136	0.0130	0.0125
	0.0200	0.0174	0.0157	0.0145	0.0136	0.0129	0.0123	0.0118	0.0114
	0.0169	0.0149	0.0137	0.0127	0.0120	0.0115	0.0110	0.0106	0.0103
	0.0140	0.0127	0.0117	0.0110	0.0105	0.0101	0.0097	0.0094	0.0091
	0.0115	0.0105	0.0099	0.0094	0.0090	0.0086	0.0084	0.0081	0.0079
	0.0090	0.0084	0.0079	0.0076	0.0073	0.0071	0.0069	0.0067	0.0066

表 4. R, d의 變化에 對한 n (I= 1/1300)

	R=125cm	R=150cm	R=175cm	R=200cm	R=225cm	R=250cm	R=275cm	R=300cm	R=350cm
$n_A$	0.0594	0.0411	0.0328	0.0281	0.0250	0.0228	0.0211	0.0198	0.0188
	0.0463	0.0344	0.0284	0.0248	0.0224	0.0206	0.0192	0.0182	0.0173
	0.0371	0.0290	0.0247	0.0219	0.0200	0.0186	0.0175	0.0166	0.0158
	0.0301	0.0246	0.0214	0.0193	0.0178	0.0167	0.0158	0.0150	0.0144
	0.0247	0.0209	0.0186	0.0110	0.0158	0.0149	0.0142	0.0136	0.0131
	0.0203	0.0117	0.0160	0.0148	0.0139	0.0132	0.0126	0.0121	0.0117
	0.0165	0.0148	0.0136	0.0127	0.0120	0.0115	0.0110	0.0107	0.0104
	0.0133	0.0121	0.0113	0.0107	0.0102	0.0098	0.0095	0.0092	0.0089
	0.0102	0.0095	0.0090	0.0086	0.0083	0.0080	0.0078	0.0076	0.0074
$n_B$	0.0492	0.0360	0.0296	0.0257	0.0231	0.0213	0.0198	0.0187	0.0178
	0.0399	0.0308	0.0260	0.0230	0.0209	0.0193	0.0182	0.0172	0.0164
	0.0328	0.0264	0.0228	0.0205	0.0188	0.0176	0.0166	0.0158	0.0151
	0.0273	0.0227	0.0200	0.0182	0.0169	0.0159	0.0151	0.0144	0.0138
	0.0227	0.0195	0.0175	0.0161	0.0150	0.0142	0.0136	0.0130	0.0126
	0.0189	0.0167	0.0152	0.0141	0.0133	0.0126	0.0121	0.0117	0.0113
	0.0156	0.0141	0.0130	0.0122	0.0116	0.0111	0.0107	0.0103	0.0101
	0.0127	0.0116	0.0109	0.0103	0.0099	0.0095	0.0092	0.0089	0.0087
	0.0099	0.0092	0.0087	0.0084	0.0080	0.0078	0.0076	0.0074	0.0072

表 5. R, d의 變化에 對한 n (I=1/1500)

	R=125cm	R=150cm	R=175cm	R=200cm	R=225cm	R=250cm	R=275cm	R=300cm	R=350cm
$n_A$	0.0543	0.0384	0.0310	0.0267	0.0238	0.0218	0.0202	0.0190	0.0180
	0.0430	0.0324	0.0270	0.0237	0.0214	0.0197	0.0184	0.0174	0.0166
	0.0348	0.0215	0.0235	0.0210	0.0192	0.0178	0.0168	0.0159	0.0152
	0.0285	0.0235	0.0205	0.0185	0.0171	0.0160	0.0152	0.0145	0.0139
	0.0235	0.0200	0.0178	0.0163	0.0152	0.0143	0.0136	0.0131	0.0126
	0.0194	0.0169	0.0153	0.0142	0.0134	0.0127	0.0121	0.0117	0.0113
	0.0159	0.0142	0.0131	0.0122	0.0116	0.0111	0.0107	0.0103	0.0100
	0.0128	0.0117	0.0109	0.0103	0.0098	0.0094	0.0091	0.0089	0.0086
	0.0099	0.0092	0.0087	0.0083	0.0080	0.0077	0.0075	0.0073	0.0071
$n_B$	0.0456	0.0340	0.0281	0.0245	0.0221	0.0204	0.0190	0.0180	0.0171
	0.0374	0.0292	0.0248	0.0220	0.0200	0.0186	0.0175	0.0166	0.0158
	0.0310	0.0252	0.0218	0.0196	0.0181	0.0169	0.0160	0.0152	0.0146
	0.0259	0.0217	0.0192	0.0175	0.0162	0.0153	0.0145	0.0139	0.0134
	0.0217	0.0187	0.0168	0.0155	0.0145	0.0137	0.0131	0.0126	0.0122
	0.0182	0.0160	0.0146	0.0136	0.0128	0.0122	0.0117	0.0113	0.0109
	0.0150	0.0135	0.0125	0.0118	0.0112	0.0107	0.0103	0.0100	0.0097
	0.0122	0.0112	0.0105	0.0100	0.0095	0.0092	0.0089	0.0086	0.0084
	0.0095	0.0089	0.0084	0.0081	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0070

表 6. R, d의 變化에 對한 n (I=1/2000)

	R=125cm	R=150cm	R=175cm	R=200cm	R=225cm	R=250cm	R=275cm	R=300cm	R=350cm
$n_A$	0.0702	0.0463	0.0362	0.0307	0.0271	0.0246	0.0227	0.0213	0.0201
	0.0530	0.0382	0.0311	0.0269	0.0241	0.0221	0.0206	0.0194	0.0185
	0.0415	0.0319	0.0268	0.0237	0.0215	0.0199	0.0187	0.0177	0.0169
	0.0332	0.0268	0.0232	0.0208	0.0191	0.0178	0.0168	0.0160	0.0154
	0.0269	0.0226	0.0199	0.0182	0.0169	0.0159	0.0151	0.0144	0.0139
	0.0219	0.0190	0.0171	0.0158	0.0148	0.0140	0.0134	0.0129	0.0125
	0.0177	0.0158	0.0145	0.0135	0.0128	0.0122	0.0117	0.0113	0.0110
	0.0141	0.0129	0.0120	0.0113	0.0108	0.0104	0.0100	0.0097	0.0095
	0.0109	0.0101	0.0095	0.0091	0.0088	0.0085	0.0082	0.0080	0.0079
$n_B$	0.0564	0.0400	0.0324	0.0279	0.0249	0.0228	0.0212	0.0200	0.0190
	0.0447	0.0338	0.0282	0.0248	0.0224	0.0207	0.0194	0.0184	0.0175
	0.0363	0.0288	0.0247	0.0220	0.0201	0.0188	0.0177	0.0168	0.0161
	0.0298	0.0246	0.0215	0.0195	0.0180	0.0169	0.0160	0.0153	0.0147
	0.0246	0.0210	0.0187	0.0172	0.0160	0.0151	0.0144	0.0138	0.0134
	0.0203	0.0178	0.0162	0.0150	0.0141	0.0134	0.0129	0.0124	0.0120
	0.0167	0.0150	0.0138	0.0129	0.0123	0.0118	0.0113	0.0110	0.0107
	0.0135	0.0123	0.0115	0.0109	0.0105	0.0101	0.0097	0.0095	0.0092
	0.0105	0.0093	0.0093	0.0089	0.0085	0.0083	0.0080	0.0079	0.0077



表 7.  $R, d$ 의 變化에 對한  $n$  ( $I=1/1000$ )

	$R=125\text{cm}$	$R=150\text{cm}$	$R=175\text{cm}$	$R=200\text{cm}$	$R=225\text{cm}$	$R=250\text{cm}$	$R=275\text{cm}$	$R=300\text{cm}$	$R=350\text{cm}$
$n_A$	0.2149	0.0876	0.0593	0.0467	0.0396	0.0350	0.0317	0.0293	0.0274
	0.1142	0.0648	0.0480	0.0395	0.0344	0.0309	0.0283	0.0264	0.0249
	0.0748	0.0501	0.0396	0.0337	0.0299	0.0272	0.0253	0.0237	0.0225
	0.0536	0.0398	0.0329	0.0288	0.0260	0.0240	0.0225	0.0213	0.0203
	0.0404	0.0321	0.0276	0.0247	0.0226	0.0211	0.0199	0.0190	0.0182
	0.0311	0.0261	0.0231	0.0210	0.0196	0.0184	0.0176	0.0168	0.0162
	0.0243	0.0211	0.0192	0.0178	0.0167	0.0159	0.0153	0.0147	0.0143
	0.0188	0.0169	0.0157	0.0147	0.0140	0.0135	0.0130	0.0126	0.0123
	0.0142	0.0131	0.0124	0.0118	0.0114	0.0110	0.0107	0.0105	0.0102
$n_B$	0.1228	0.0676	0.0496	0.0406	0.0352	0.0315	0.0289	0.0269	0.0253
	0.0817	0.0531	0.0415	0.0310	0.0282	0.0282	0.0261	0.0244	0.0231
	0.0593	0.0428	0.0350	0.0304	0.0273	0.0251	0.0235	0.0221	0.0211
	0.0452	0.0351	0.0297	0.0264	0.0241	0.0224	0.0210	0.0200	0.0192
	0.0354	0.0290	0.0253	0.0228	0.0211	0.0198	0.0188	0.0180	0.0173
	0.0281	0.0240	0.0214	0.0197	0.0184	0.0174	0.0167	0.0160	0.0155
	0.0224	0.0197	0.0180	0.0168	0.0159	0.0152	0.0146	0.0141	0.0137
	0.0177	0.0160	0.0149	0.0141	0.0134	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119
	0.0135	0.0126	0.0119	0.0114	0.0110	0.0106	0.0104	0.0101	0.0099

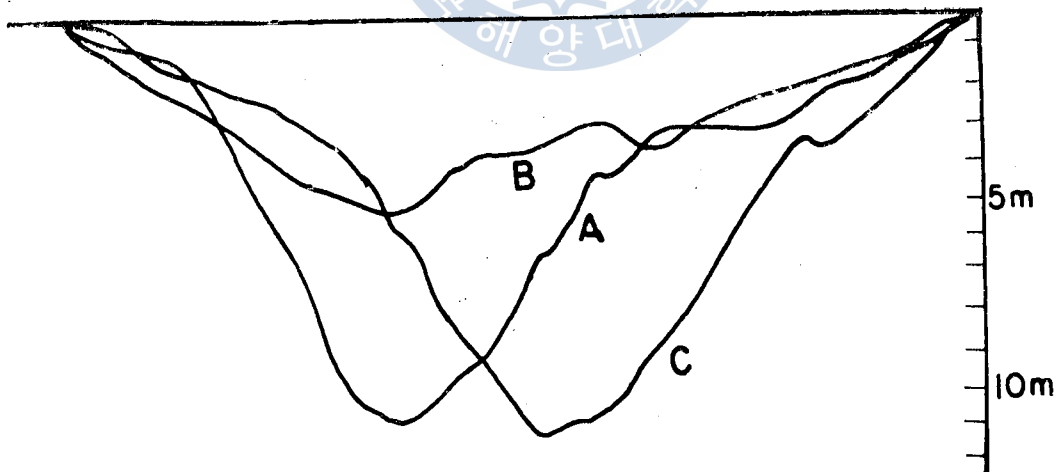


그림 1. 對象地域의 河床斷面

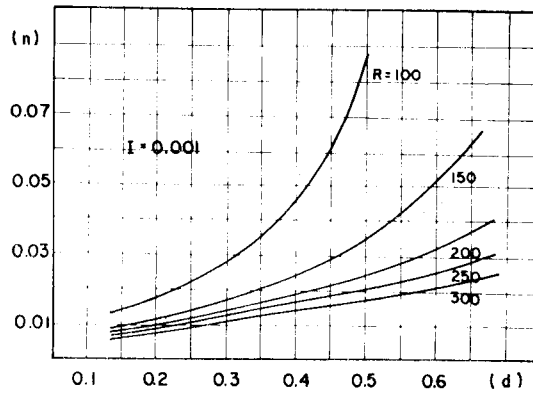


그림 2.

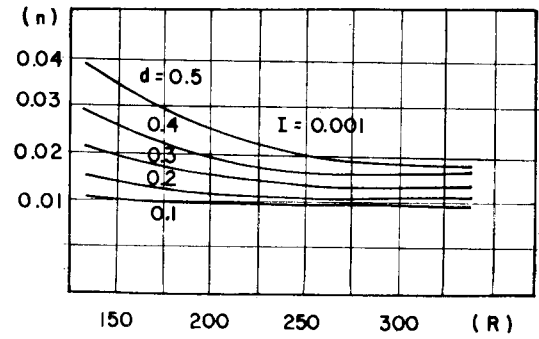


그림 5.

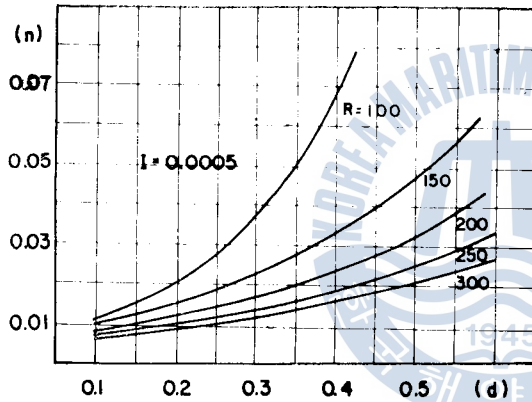


그림 3.

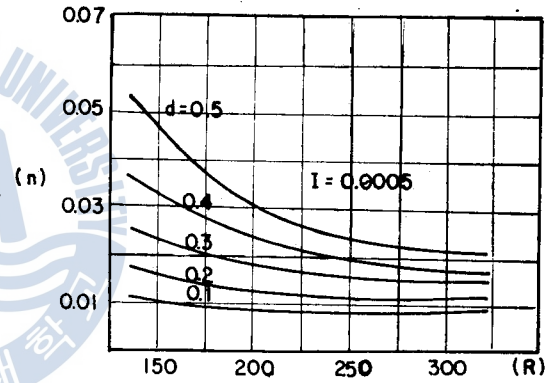


그림 6.

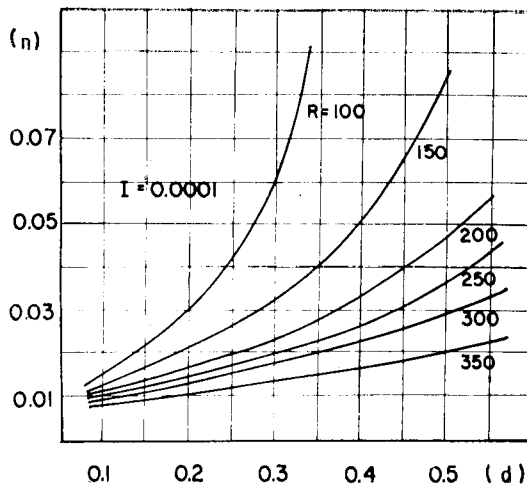


그림 4.

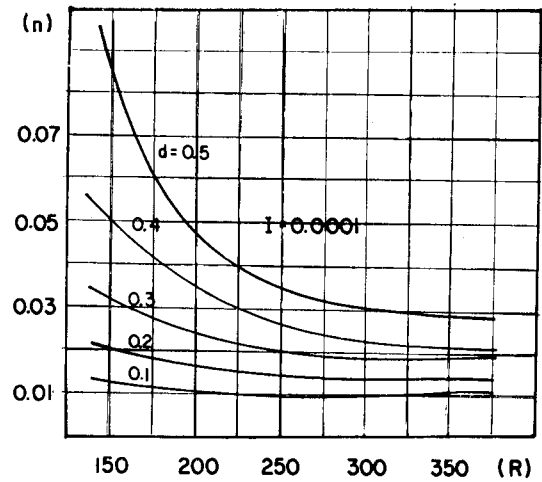


그림 7.

## 4. 結 論

河川의 各種 計算에서 많이 使用되는 粗度係數의 값을 程度가 높게 算出하여 概略值를 使用함으로써 發生되는 誤差를 줄이기 위하여, 一般의인 諸條件을 檢討된 式에 依하여 計算하고 그 結果를 比較 檢討한 結果 다음의 結論을 얻을 수 있었다.

- 1) 粗度係數를 算出하는데 가장 適合한 式은 (4), (5)式이며
- 2)  $R=250$  以上이고  $d=0.3$  以下면 傾斜의 影響을 거의 받지 않으며  $n$ 의 變化幅은 아주 작다.
- 3)  $R=200$  以下이면  $d, I$ 의 變化幅이 작아도  $n$ 의 變化幅이 아주 크다.
- 4) 表2~7을 利用하여 구한  $R, I, d$ 에 依한  $n$ 값은 對象地域의 概略值와 거의 一致하며
- 5) 一般의인 河川에서 發生될 수 있는 條件에 對한  $n$ 값은 表3~7과 같으며,  $n$ 값의 概略值를 使用함으로써 發生되는 誤差를 줄일 수 있을 것으로 思料된다.

## References

1. Bharat Singh, 1961, Bed transport in channels, Jip., Vol., 18, No.2.
2. Donald J. P. Swift, Daniel J. S., 1976, Marine sediment transport and enviromental management, John wiley & sons.
3. Einstein, H. A., R.B. Banks., Fluid resistance of composite roughness, Trans., Vol., 31, No. 4.
4. Henderson, 1966, Open channel flow, Civil engineering University of Canterbury.
5. Ishihara, F., On the sediment transportation with sand ripples, Proc., Jsc.
6. Rj. Garde, Rang Raju, Mechanics of sediment transportation and alluvial stream problems.
7. 김희중, 하천공학, 동명사.

