

界火島 干拓地の 農業開發을 爲한 綜合研究

Synthetic Studies on the Agricultural Development of Gyehwa-do Reclaimed Land

— 灌溉用水路 設計에 關하여 —
On the design of lateral irrigation channels

李 基 春* · 具 滋 雄*
Ki Choon Lee, Ja Woong Koo

I. 緒 論

農業近代化는 農地基盤造成이 先行되어야 하므로 우리나라에서도 일찍부터 未墾地를 農耕地로 造成해 왔고 특히 最近에는 農地造成事業의 一環으로 錦江·平澤地區¹⁾, 界火島地區²⁾ 및 榮山江地區³⁾ 等의 大規模의 農地開發事業이 完了된 것과 進行되고 있는 것이 있으며 앞으로는 西南海岸의 干潟地 約 40萬ha를 農耕地로 造成하기 爲한 長期開發事業計劃⁴⁾이 推進되고 있다.

지금까지 完工된 것中 큰 地區로서는 南陽, 牙山 및 界火島 干拓地 等이 있으며 이들 地區가 이제 全面 營農을 하게 되어 農耕地 擴張이라는 側面에서는 成功하였다고 볼 수 있으나 現在 그 設計, 施工技术面에서나 營農에 많은 問題點이 露出되고 있다. 干拓地內의 가장 큰 問題點中의 하나가 灌溉排水時 微砂質 土壤으로 된 水路의 洗掘에 의한 崩壞 및 埋沒現象이 심하여 灌溉用水를 圓滑하게 供給할 수 없고 또한 適切한 排水를 容易하게 할 수 없으므로 營農에 莫大한 支障을 招來함은 勿論 農耕地에 對한 被害가 至極히 크다는 點이다.

微砂質 土壤으로 되어 있는 干拓地 水路의 崩壞 및 埋沒을 防止하기 爲해서는 施工後 維持管理를 徹底히 해야 할 뿐만 아니라 設計當初에도 設計用水量, 水路의 構成材料, 水路의 形狀 및 通水斷面 等의 決定에 더욱 더 細密한 檢討가 必要하다고 본다.

水路設計에 있어서 現在 適用하고 있는 平均流速公式 中에는 Chezy公式, Bazin公式, Ganguillet-

Kutter公式, Forheimer公式 및 Manning公式⁵⁾²⁾²⁾²⁾⁴⁷⁾⁴⁸⁾ 等 여러 公式이 있는데 이 중에서도 比較的 式이 簡單하며 實測에 가까운 結果를 얻을 수 있는 Manning公式이 實際로 現場에서 가장 廣範圍하게 使用되고 있어 우리나라에서도 水路의 設計에 있어서 大部分 Manning公式을 使用하고 있다.

水路設計에 Manning公式을 使用하는 境遇 諸般 設計要素의 策定에 至大한 影響을 미치는 Manning의 粗度係數 n 값을 正確히 算定하는 方法이 없으므로 現在로서는 여러 水理學者²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾³³⁾³⁴⁾³⁵⁾³⁶⁾³⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾⁴¹⁾⁴²⁾⁴³⁾⁴⁴⁾들에 의해 發表된 여러가지 狀態의 水路에서의 代表的인 n 값의 表를 參照하여 水路 設計에 使用하고 있는 形便이며 現在 가장 널리 使用되고 있는 粗度係數表는 Horton⁴²⁾을 비롯하여 그 後에 Scobey³⁷⁾, King³⁹⁾, Ramser³⁴⁾等에 의하여 여러 方面의 資料가 蒐集되어 作成된 것이다.

우리나라에서는 아직까지 粗度係數에 關하여 研究된 바가 거의 없으므로 美國, 日本 等에서 使用되고 있는 粗度係數 n 값을 그대로 適用하고 있는 實情으로서 一般 平野部의 水路設計에는 큰 支障이 없으리라 생각되지만 干拓地內 水路設計의 境遇에는 地域의 特性 및 土壤의 特性的 影響을 많이 받아 干拓地에 適合한 水路設計에 正確性을 기하기가 어려울 것으로 思料된다. 따라서 干拓地內 水路設計에 있어서 는 여기에 適合한 粗度係數의 決定에 慎重을 기하여 야 될 것으로 생각한다.

그러므로 干拓地內의 灌溉 用水支渠에 適合한 粗度係數를 現場實測에 의하여 推定하고 諸般 設計要素를 算定하여 既存 灌溉 用水支渠의 設計 結果

* 全北大學校 農科大學 農工學科

와 比較 檢討함으로써 既存 灌溉用 用水支渠의 改善方法을 究明하고 아울러 今後 造成될 干拓地의 水路設計를 爲한 基本資料를 提供하고자 1978년부터 全面 營農을 하고 있는 界火島 干拓地에서 實驗水路를 選定하여 本 研究를 遂行하였다.

本 研究는 峨山 社會福祉事業財團의 研究開發 支援에 依하여 遂行되었음을 밝힌다.

II. 材料 및 方法

1. 實驗水路

(1) 位置: 全北 扶安郡 界火島 干拓地

(2) 對象: 總畝面積 2500ha의 干拓畝에 設置되어 있는 用水支渠中 約 半數인 80條의 水路를 實驗水路로 選定하였다.

(3) 區分: 80條의 實驗水路를 水路型式, 水路狀態 및 草生程度에 따라 Table-1.에서 보는 바와 같이 各種 水路를 便宜上 C, SC-A, SC-B, SC-C, SC-D, U-A, U-B 및 U-C 등의 記號를 써서 區分하였다.

Table-1. Experimental channels of various kinds

Channel type	Description	The number of channels
C	Concrete lining channels	30
SC-A	Soil-cement lining channels Clean section, no vegetation in channels	8
SC-B	Soil-cement lining channels Clean section, some weeds in channels	8
SC-C	Soil-cement lining channels Rough section, grass, some weeds in channels	8
SC-D	Soil-cement lining channels Erosion, rough section, dense weeds in channels	8
U-A	Unlined channels Clean bottom, weeds on sides	6
U-B	Unlined channels Grass, weeds in channels	6
U-C	Unlined channels Dense weeds in channels	6
Total		80

2. 調查方法

(1) 流速測定: 最近 日本에서 開發된 最新型 小型 流速計 SV101型을 使用하여 U.S. Geological Survey의 流量 觀測法³⁰⁾⁴⁰⁾에 따라서 水路의 橫斷面상의 水深에 따라 自由水面으로부터 水深의 0.6倍 되는 곳의 流速를 測定하여 平均流速으로 決定하였고 더욱 正確한 流速이 必要한 境遇에는 水深의 0.2倍 및 0.8倍되는 곳의 流速를 平均하여 決定하였다. SV101型 流速計가 나타내는 流速(V)과 秒當 回轉數(N)와의 關係는 $V=0.954N+2.9$ 로서 m/sec의 流速單位로 換算하였다.

(2) 水路傾斜 測定: 一般적으로 等流條件下²¹⁾⁴⁰⁾에서 水路設計를 하게 되므로 에너지線 및 水面 傾斜 代身 水路바닥 傾斜를 使用할 수 있다. 따라서 各種 實驗水路에서 自動레벨을 使用하여 100m마다 高低差를 測定한 다음 各各 水路바닥 傾斜를 算定하였다.

(3) 通水斷面測定: 流速 測定과 同時에 같은 位置에서 水深潤邊 및 水面幅을 測定하여 實際의 通水斷面積을 測定 計算하였다.

(4) 水路型式, 水路狀態 및 草生程度 調査

서로 비슷한 特性을 가지고 있는 것끼리 水路를 分類하여 分析·檢討하기 爲하여 라이닝된 水路와 라이닝되지 않은 水路로 分類하고, 라이닝된 水路는 다시 라이닝 材料別로 分類하였으며 라이닝材料의 浸蝕, 埋沒, 崩壞狀態 및 水路바닥이나 内部側壁에 雜草나 水草가 자라고 있는 程度를 調査하여 Table-1.에서 보는 바와 같이 表示하였다.

(5) 水文 및 土壤調査: 界火島地區 事業計劃¹⁴⁾ 水文調査¹⁵⁾, 土壤調査報告書¹¹⁾에 發表된 資料를 引用하였다.

3. 分析節次

(1) 流速 및 水路傾斜: 實驗水路에서 測定한 流速 및 水路傾斜의 分布狀態를 分析·檢討하였다.

(2) 粗度係數: 各種 實驗水路의 粗度係數를 算定하여 當初設計한 一般水路의 粗度係數와 比較·檢討하고 統計分析을 하였다.

1). 粗度係數 決定方法

가). 平均水深, 潤邊 및 水面幅을 測定하여 水路의 通水斷面積 $A(m^2)$ 를 求한다.

나). 通水斷面積 A 를 潤邊 $P(m)$ 로 나누어 徑深 $R(m)$ 을 計算한다.

다). 經深 R 의 $\frac{2}{3}$ 乘값 및 水路傾斜 I 의 $\frac{1}{2}$ 乘값을 求한다.

라). Manning公式을 粗度係數 n 에 關해서 逆算한 $n = \frac{1}{V} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$ 式을 使用하여 n 값을 計算한 다음 水路型式, 水路狀態 및 草生程度에 따라 分類한 各種 水路別로 粗度係數를 決定한다.

粗度係數 決定順序를 圖表로 表示하면 Fig. 1. 과 같다.

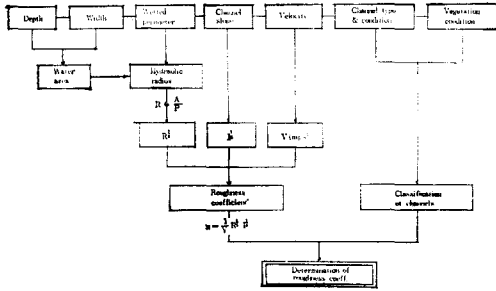


Fig. 1. Determination program of Manning's roughness coeff.

2). 粗度係數에 對한 統計分析⁴⁾²³⁾: 平均, 標準偏差, 變異係數 等과 같은 基本 統計量을 求하고 t 檢定에 依하여 粗度係數의 實測 平均값과 現在 適用되고 있는 標準값과의 差를 檢定하였다.

(3) Manning公式 諸般 變數 사이의 相關分析²⁾²³⁾: Manning公式에 있어서 諸般 變數 사이의 相關關係를 알아보기 爲하여 單純相關係數, 偏相關係數 및 重相關係數를 求하고 t 檢定에 依하여 이들 變數間的 相關의 有意性을 檢定하였다.

(4) 設計用水量: 通水斷面計算을 爲한 設計用水量은 整地植付用水와 管理用水를 同時에 供給하는 移秧末期의 最大用水量과 水稻生育期の 最大用水量을 算定 對比하여 큰 값을 擇하여 決定하고 當初의 設計用水量과 比較·檢討하였다.

(5) 等流水深: 設計用水量 $Q(m^3/sec)$, 粗度係數 n , 水路傾斜 I 및 底幅 $b(m)$ 의 값을 使用하여 $Q \cdot n / I^{\frac{1}{2}} b^{\frac{2}{3}}$ 의 값을 計算한 다음 梯形斷面水路의 等流水深 直接計算表⁴⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾를 利用해서 等流水深을 求하고 當初의 計劃水深과 比較·檢討하였다.

(6) 等流流速: 設計用水量 및 等流水深을 基準으로 하여 等流流速을 計算하고 當初의 設計流速 및 實測流速과 比較·檢討하였으며 라이닝된 水路의 境遇에는 最小許容流速에 對하여 檢討하였고 라이닝되지 않은 土工水路의 境遇에는 最大許容流速에 對하여 檢討하였다.

III. 結果 및 考察

1. 流速 및 水路傾斜分布

(1) 流速分布: 流速測定 結果 最小値는 소일시멘트 라이닝水路에서 0.150m/sec, 最大値는 콘크리트 라이닝水路에서 0.529m/sec로 나타났으며 流速分布는 Table-2. 및 Fig. 2. 에서 보는 바와 같이 0.300m/sec~0.350m/sec사이의 流速을 갖는 水路가 20條로서 가장 많았으며 其他의 水路는 0.200m/sec~0.400m/sec範圍의 여러가지 流速을 갖는 것으로 그數는 62條로서 全體水路의 77.5%에 該當하였다.

Table 2. Frequency distribution for velocities

Class	Frequency	Cumulative frequency	Relative frequency	Relative cumulative frequency
m/sec			%	%
0.150-0.200	9	9	11.25	11.25
0.200-0.250	14	23	17.50	28.75
0.250-0.300	17	40	21.25	50.00
0.300-0.350	20	60	25.00	75.00
0.350-0.400	11	71	13.75	88.75
0.400-0.450	3	74	3.75	92.50
0.450-0.500	4	78	5.00	97.50
0.500-0.550	2	80	2.50	100.00
Total	80		100.00	

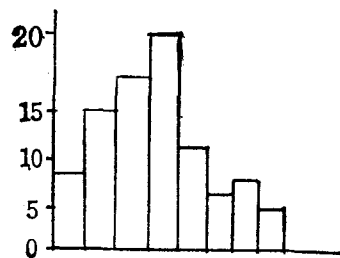


Fig. 2. Frequency distribution histogram for velocities

(2) 水路傾斜分布: 水路傾斜는 1:300으로부터 1:3800에 이르기까지 廣範하게 나타났으며 水路傾

斜分布는 Table-3. 및 Fig. 3.에서 보는 바와 같이 1:1,000~1:1,500의 傾斜度를 갖는 水路가 25條로서 가장 많았고 1:500~1:3,000사이의 傾斜度를 갖는 水路가 74條로서 全體水路의 92.5%에 該當하였다.

流速 및 水路傾斜의 百分率累積度數曲線을 Fig.4.에 表示하였다.

Table-3. Frequency distribution for channel slopes

Class	Frequency	Cumulative frequency	Relative frequency	Relative cumulative frequency
1/3,000	3	3	3.75	3.75
1/3,000-1/2,500	4	7	5.00	8.75
1/2,500-1/2,000	11	18	13.75	22.50
1/2,000-1/1,500	16	34	20.00	42.50
1/1,500-1/1,000	25	59	31.25	73.75
1/1,000-1/500	18	77	22.50	96.25
1/500	3	80	3.75	100.00
Total	80		100.00	

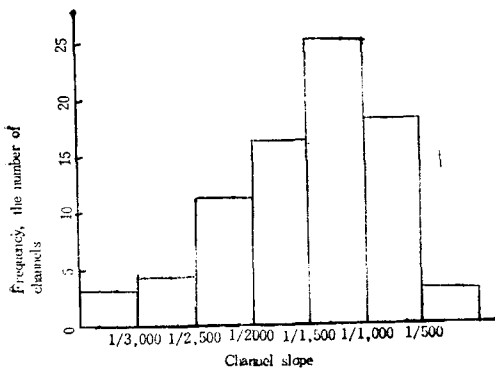


Fig. 3. Frequency distribution histogram for channel slope

2. 粗度係數

(1) 分布狀態 및 各種水路에 對한 最小值, 平均值, 最大值: 粗度係數 n 값의 最小值는 콘크리트라이닝水路에서 0.0157 最大值는 土工水路에서 0.0422 로 나타났고 Table-4. 및 Fig. 5.에서 보는 바와 같이 0.020~0.025사이의 粗度係數를 갖는 水路가 23條로서 가장 많았으며 90%以上の 水路가 0.015~

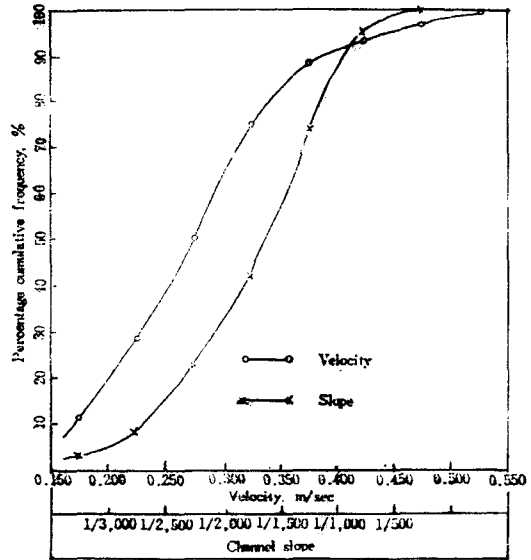


Fig. 4. Percentage cumulative frequency curve for velocities and slopes

0.035사이의 粗度係數를 갖고 있었다. 粗度係數에 對한 百分率 累積度數曲線은 Fig. 6.에 表示한 바와 같다.

各種 水路에 對한 粗度係數의 最小值, 平均值 및 最大值는 Table-5. 및 Fig. 7.에서 보는 바와 같다.

Table-4. Frequency distribution for roughness coefficient

Class	Frequency	Cumulative frequency	Relative frequency	Relative cumulative frequency
0.015-0.020	18	18	22.50	22.50
0.020-0.025	23	41	28.75	51.25
0.025-0.030	19	60	23.75	75.00
0.030-0.035	13	73	16.25	91.25
0.035-0.040	5	78	6.25	97.50
0.040-0.045	2	80	2.50	100.00
Total	80		100.00	

(2) 當初設計 粗度係數와의 比較: 本 實驗水路에서 實測에 依하여 算定된 粗度係數와 當初 設計에 適用된 粗度係數를 比較하여 보면 Table-6.에서 보는 바와 같이 本 實驗에서 얻은 粗度係數가 當初 設計의 粗度係數보다 相當히 큰 값으로 나타났다.

各種 水路에 對한 粗度係數의 平均(Mean), 標準

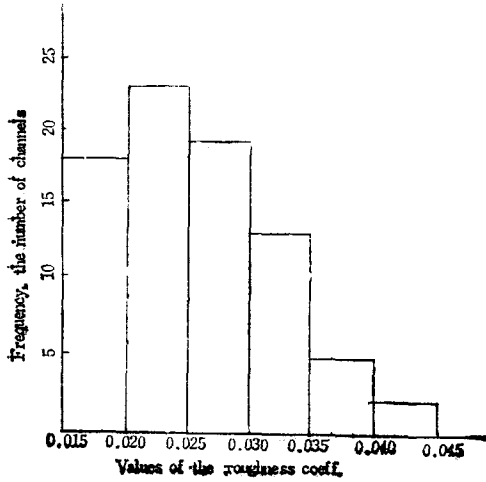


Fig. 5. Frequency distribution histogram for values of the roughness coeff.

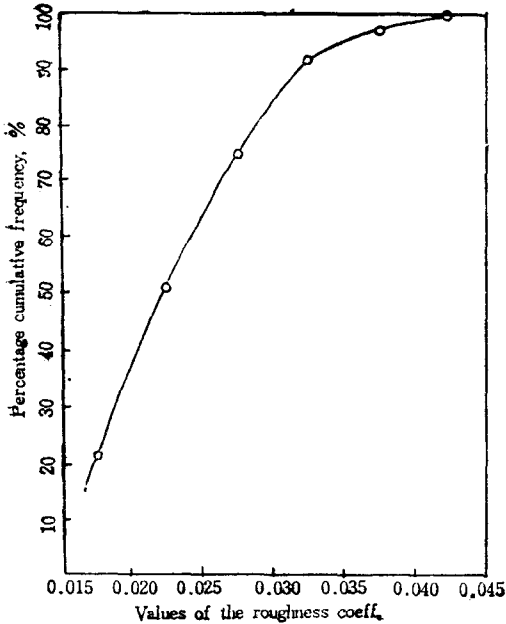


Fig. 6. Percentage cumulative frequency curve for values of the roughness coefficient n

Table-5. Minimum, mean and maximum values of the roughness coefficient n for channels of various kinds

Channel types	Minimum	mean	Maximum
Concrete lining channels			
C	0.0159	0.0206	0.0257
Soil-cement lining channels			

SC-A	0.0162	0.0206	0.0248
SC-B	0.0205	0.0256	0.0286
SC-C	0.0243	0.0289	0.0320
SC-D	0.0285	0.0332	0.0382

Unlined channels

U-A	0.0208	0.0245	0.0281
U-B	0.0262	0.0308	0.0358
U-C	0.0323	0.0367	0.0422

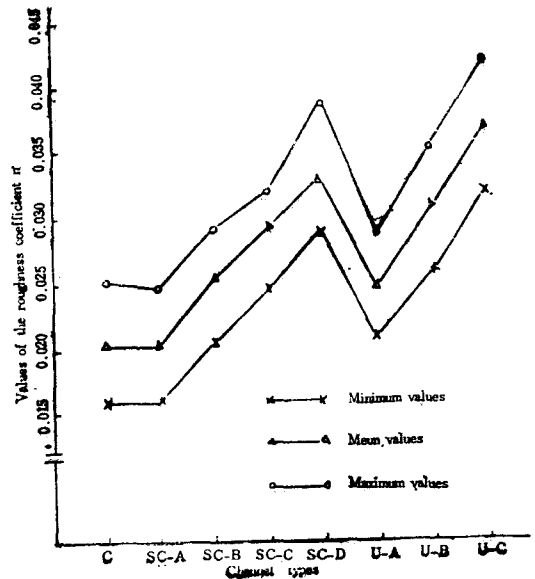


Fig. 7. Minimum, mean and maximum values of the roughness coefficient n for channels of various kinds

偏差(S.D.), 變異係數(C.V.) 및 t 檢定에 依하여 粗度係數의 實測値와 現在 適用되고 있는 粗度係數값과의 差에 對한 有意性을 檢定하기 爲한 t_0 의 값은 Table-7.에 表示된 바와 같다.

Table-6. Comparison of values of the roughness coeff. n

Channel types	Values of n for experimental channels	Values of n for general channels
Concrete lining channels		
C	0.0206	0.015
Soil-cement lining channels		
SC-A	0.0206	0.016
SC-B	0.0256	—
SC-C	0.0289	—
SC-D	0.0332	—

Unlined channels			
U-A	0.0245		0.022
U-B	0.0308		0.027
U-C	0.0367		0.035

Table-7. Statics for roughness coefficients

Channel types	Mean	S.D.	C.V.	t_0
C	0.0206	0.0029	13.85	10.570**
SC-A	0.0206	0.0030	14.48	4.082**
SC-B	0.0256	0.0026	10.22	—
SC-C	0.0289	0.0027	9.42	—
SC-D	0.0332	0.0036	10.86	—
U-A	0.0245	0.0030	12.19	1.920
U-B	0.0308	0.0036	11.66	2.367
U-C	0.0367	0.0035	9.58	1.081

S.D. : Standard deviation
C.V. : Coefficient of variation

Table-7. 에 나타난 바와 같이 콘크리트라이닝水路와 물이 견혀없는 매끈한 소일시멘트라이닝水路에서는 實驗水路에서 實測에 依하여 算定한 粗度係數와 當初設計에 適用된 粗度係數와의 差에 高度의 有意性이 認定되었다.

本 實驗에서 求한 粗度係數가 當初設計의 粗度係數에 比하여 大體의으로 크게 算出된 것은 干拓地의 土壤이 一般 農耕地의 土壤보다 微砂質粒子로 構成

되어 있기 때문에 水路內的 浮遊物質에 對한 影響을 받아 粗度係數의 값이 增加되고 또한 沈澱物의 影響으로 水路바닥이 不規則的으로 거칠게 되며 灌溉期에 水路內에 雜草나 水草가 成長하여 粗度係數의 값이 크게 算出되었을 것으로 생각된다.

日本 八郎瀉干拓地의 用水路 設計에 適用한 粗度係數를 實驗에 依해서 算定한 結果를 살펴보면 콘크리트라이닝水路에 對한 粗度係數가 0.0215로서²³⁾ 本 實驗에서 얻은 結果와 類似하였다.

本 實驗에서는 界火島 干拓地의 灌溉用 用水支渠(直線梯形水路)에 關해서만 考察하였다. 水路 옆비탈, 水路의 크기와 形狀, 季節의인 變化 및 其他 開水路의 粗度係數에 影響을 주는 諸般要素에 對해서는 앞으로 積極的인 研究가 繼續되어야 할 것으로 思料 된다.

3. Manning公式 諸變數間的 相關關係

水路設計에 있어서 Manning公式을 使用하는 境遇 平均流速, 粗度係數, 徑深 및 水路傾斜等 네가지 變數가 設計要素에 包含된다. 實驗水路에서 直接 實測하거나 實測值를 利用하여 算定한 이들 變數間的 單純相關係數, 偏相關係數 및 重相關係數를 求하고 t 檢定을 爲한 t_0 의 값을 求하여 Table-8.에 表示하였다.

單純相關係數의 값을 보면 어느 水路에서나 平均流速과 水路傾斜, 粗度係數와 徑深 사이에는 높은 相關關係가 있으나 다른 變數들 사이에는 相關關係

Table-8. Multiple correlation analysis for mean velocity, roughness coefficient, hydraulic radius and channel slope

Channel types	Simple correlation coefficients	t_0	Partial correlation coefficients	t_0	Multiple correlation coefficients	t_0
Concrete lining channels	$r_{12} = -0.3962$	2.283*	$r_{12,34} = -0.9298$	12.881**	$R_{1,234} = 0.9875$	31.946**
	$r_{13} = -0.3156$	1.760	$r_{13,24} = 0.8756$	9.243**	$R_{2,134} = 0.9715$	20.898**
	$r_{14} = 0.9030$	11.121**	$r_{14,23} = 0.9851$	29.207**	$R_{3,124} = 0.9549$	16.398**
	$r_{23} = 0.7564$	6.119**	$r_{23,14} = 0.9493$	15.397**	$R_{4,123} = 0.9871$	31.437**
	$r_{24} = -0.1326$	0.708	$r_{24,13} = 0.9273$	12.632**		
	$r_{34} = -0.3218$	1.798	$r_{34,12} = -0.8908$	10.002**		
Soil-cement lining channels	$r_{12} = -0.2063$	1.155	$r_{12,34} = -0.7537$	6.068**	$R_{1,234} = 0.8817$	9.889**
	$r_{13} = 0.3694$	2.177*	$r_{13,24} = 0.5678$	3.650**	$R_{2,134} = 0.8437$	8.282**
	$r_{14} = 0.6938$	5.277**	$r_{14,23} = 0.8726$	9.453**	$R_{3,124} = 0.7072$	5.293**
	$r_{23} = 0.4790$	2.989**	$r_{23,14} = 0.7047$	5.256**	$R_{4,123} = 0.8902$	10.340**
	$r_{24} = 0.3018$	1.734	$r_{24,13} = 0.7731$	6.450**		
	$r_{34} = -0.0283$	0.155	$r_{34,12} = -0.5786$	3.537**		

Unlined lining channels	$r_{12} = -0.1862$	0.758	$r_{12,24} = -0.8710$	6.634**	$R_{1,224} = 0.9735$	15.920**
	$r_{13} = -0.1360$	0.549	$r_{13,24} = 0.7553$	4.312**	$R_{2,124} = 0.9348$	9.848**
	$r_{14} = 0.8847$	7.591**	$r_{14,23} = 0.9725$	15.620**	$R_{3,124} = 0.8805$	6.950**
	$r_{23} = 0.6535$	3.453**	$r_{23,14} = 0.8780$	6.863**	$R_{4,123} = 0.9754$	16.556**
	$r_{24} = 0.1353$	0.546	$r_{24,13} = 0.8809$	6.964**		
	$r_{34} = -0.1329$	0.536	$r_{34,12} = -0.7796$	4.658**		

Subscripts 1,2,3 and 4 represent mean velocity, roughness coefficient, hydraulic radius and channel slope, respectively.

가 거의 없거나 낮은 相關關係가 있는 것으로 나타났다.

偏相關係數와 重相關係數를 살펴보면 모든 水路에서 變數들 사이에 高度의 有意性이 認定되어 各各의 變數는 다른 變數들과 높은 重相關關係가 있음을 나타내고 있다. 따라서 實驗水路에서 實測을 통하여 算定된 粗度係數는 Manning公式을 使用하여 干拓地內의 灌溉用水路를 設計하는 境遇 有效하게 適用될 수 있을 것으로 判斷된다.

4. 設計用水量

다음과 같은 基準아래 本 實驗水路의 設計用水量을 算定하였다.

(1) 整地植付用水는 農業用水開發 必要水量基準¹³⁾에 依據하여 140mm로 하였다.

(2) 水路損失率은 水路內 滲透損失量에 蒸發損失 및 無效水 등을 考慮하여 20%로 보았다. Moritz公式¹⁴⁾을 使用하여 算出한 土工水路의 最大滲透損失率은 約 16%이었다.

(3) 滲透量은 界火島地區 滲透量 實測值¹⁵⁾인 5.4 mm/day를 使用하였다.

(4) 移秧末期 蒸發散量 및 벼 生育期間中 最大蒸發量은 計劃基準年 1966年度¹⁶⁾의 6月中旬 蒸發散量 4.93mm/day 및 8月中旬 蒸發散量 8.95mm/day를 使用하였다.

(5) 1日 最大移秧面積은 5ha로 하였다.

(6) 設計用水量 算定方法¹⁴⁾

1) 灌溉面積 5ha 未滿時

$$Q_1 = q_1 \times A_p$$

$$Q_2 = q_2 \times A_p \text{ 中 큰 값을 擇하였다.}$$

여기에서

A_p : 灌溉面積(ha)

Q_1 : 移秧用水量(m^3/sec)

Q_2 : 水稻生育期中 最大管理用水量(m^3/sec)

q_1 : ha當 移秧用水量($m^3/sec/ha$)

q_2 : ha當 水稻生育期中 最大管理用水量(m^3/sec)

/ha)

2) 灌溉面積 5ha 以上

$$Q_1 + Q_2 = 5q_1 + (A_p - 5)q_2$$

$$Q_2 = q_2 \times A_p \text{ 中 큰 값을 擇하였다.}$$

여기에서

Q_2 : 移秧末期 管理用水量(m^3/sec)

q_2 : ha當 移秧末期 管理用水量($m^3/sec/ha$)

윗 式에서 使用된 q_1, q_2 및 q_3 는 다음과 같이 計算하였다.

$$q_1 = \frac{D_p}{8640(1-l)}, \quad q_2 = \frac{dep+dp}{8640(1-l)},$$

$$q_3 = \frac{dmt+dp}{8640(1-l)}$$

여기에서

D_p : 整地植付用水(mm)

dep : 移秧末期 蒸發散量(mm/day)

dmt : 水稻生育期中 最大蒸發散量(mm/day)

dp : 滲透量(mm/day)

l : 水路內 損失率

위에서 說明한 方法에 따라 灌溉面積別 設計用水量을 算定하였던 바 Table-9. 및 Fig. 8.에서와 같이 나타났다.

Table-9. Design water requirement for irrigation area

Irrigation area(ha)	Q_1 (m^3/sec)	Q_2 (m^3/sec)	Q_1+Q_2 (m^3/sec)	Q_3 (m^3/sec)	Design water requirement
1	0.0203	—	0.0203	0.0021	0.0203
2	0.0405	—	0.0405	0.0042	0.0405
3	0.0608	—	0.0608	0.0062	0.0608
4	0.0810	—	0.0810	0.0083	0.0810
5	0.1013	—	0.1013	0.0104	0.1013
6	0.1013	0.0015	0.1028	0.0125	0.1028
7	0.1013	0.0030	0.1043	0.0146	0.1043
8	0.1013	0.0045	0.1058	0.0166	0.1058
9	0.1013	0.0060	0.1073	0.0187	0.1073
10	0.1013	0.0075	0.1088	0.0208	0.1088

11	0.1013	0.0090	0.1103	0.0229	0.1103
12	0.1013	0.0105	0.1118	0.0250	0.1118
13	0.1013	0.0120	0.1133	0.0270	0.1133
14	0.1013	0.0135	0.1148	0.0291	0.1148
15	0.1013	0.0150	0.1163	0.0312	0.1163
16	0.1013	0.0165	0.1178	0.0333	0.1178
17	0.1013	0.0180	0.1193	0.0354	0.1193
18	0.1013	0.0195	0.1208	0.0374	0.1208
19	0.1013	0.0210	0.1223	0.0395	0.1223
20	0.1013	0.0225	0.1238	0.0416	0.1238

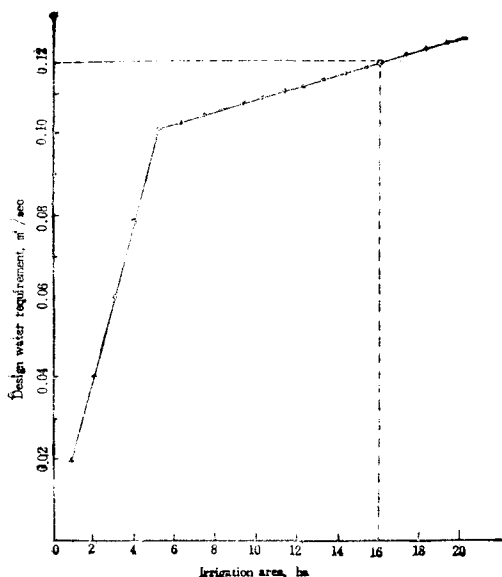


Fig. 8. Design water requirement for irrigation area

界火島 干拓地の 用水支渠 1條에 依해 支配되는 灌溉面積은 大略 16ha이며 設計當初의 設計用水量은 0.09m³/sec 前後로서¹²⁾ 筆者가 算出한 灌溉面積 16ha에 對한 設計用水量 0.1178m³/sec보다 30% 程度 작은 값이었다. 이것은 設計時에 整地植付用水를 100mm, 水路損失率을 15%로 하여 設計用水量을 算出하였기¹²⁾ 때문이라고 判斷된다.

一般的으로 干拓畝에서 年間 必要로 하는 灌溉用水量은 除鹽用水量이 더 包含되기 때문에 一般畝의 灌溉用水量보다 크게 算定되기 마련이다. 그러나 設計用水量이 많아지면 水路의 經濟性에 問題가 있으므로 가장 많은 用水量을 必要로 하는 時期를 피하여 除鹽用水量을 算定하였다.

除鹽用水量의 決定, 除鹽給水 時期 및 用水管理에 依한 除鹽方法 등은 앞으로 더욱 더 徹底히 研究되어야 할 課題라고 思料된다.

5. 等流水深 및 等流流速

設計用水量 및 粗度係數는 本 實驗에서 算定한 값을 使用하고 水路底幅 및 안비달은 實驗水路의 斷面形¹²⁾¹⁴⁾을 參考로 하여 梯形斷面水路의 等流水深 直接計算表를 利用해서 水路傾斜別로 等流水深을 求한 다음 Manning公式에 依하여 等流流速을 計算하면 Table-10.에서 보는 바와 같으며 水路傾斜別로 等流水深 및 等流流速을 圖示하면 Fig. 9. 및 Fig. 10.에 表示된 바와 같다.

Table-10. Normal depths and velocities for channel slopes

Channel slopes	Concrete lining channels		Soil-cement lining channels		Unlined channels	
	D	V	D	V	D	V
1/500	0.271	0.614	0.300	0.523	0.300	0.436
1/1000	0.319	0.473	0.353	0.402	0.350	0.336
1/1500	0.350	0.407	0.387	0.345	0.381	0.291
1/2000	0.374	0.365	0.412	0.311	0.405	0.262
1/2500	0.393	0.337	0.433	0.286	0.427	0.239
1/3000	0.410	0.314	0.451	0.267	0.444	0.323

D : Normal depth, (m)

V : Normal velocity, (m/sec)

Design water requirement: 0.1178m³/sec

Bottom width: 0.3m

Side slope: 1 : 1.5 (Concrete and Soil-cement lining)

1 : 2.0 (Unlined)

Roughness Coeff.:

n=0.0206 (Concrete lining channel)

n=0.0256 (Soil-cement lining channel)

n=0.0308 (Unlined channel)

等流水深을 살펴보면 設計當初 計劃水深이 大略 0.30m¹²⁾이었는데 本 實驗에서 算定된 값은 水路傾斜 1/500~1/3,000에 對하여 콘크리트라이닝水路의 境遇 0.271~0.410m, 소일시멘트라이닝水路의 境遇 0.300~0.451m, 土工水路의 境遇 0.300~0.444m로서 當初設計의 計劃水深보다 大體적으로 크게 算出되었다.

또한 等流流速을 살펴보면 實驗水路의 實測 平均流速이 콘크리트라이닝水路의 境遇 0.217~0.529m/sec, 소일시멘트라이닝水路의 境遇 0.150~0.427m/sec, 土工水路의 境遇 0.152~0.455m/sec인데 比하여 修正된 設計用水量에 대하여 筆者가 算出한 等流流速은 水路傾斜 1/500~1/3,000에 對하여 콘크

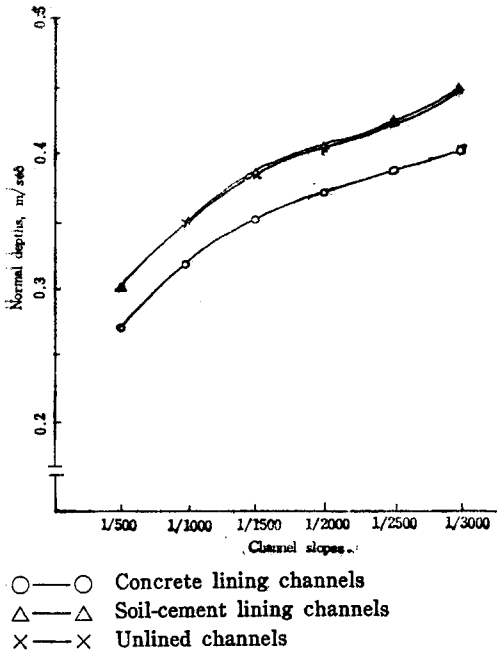


Fig. 9. Normal depths for channel slopes

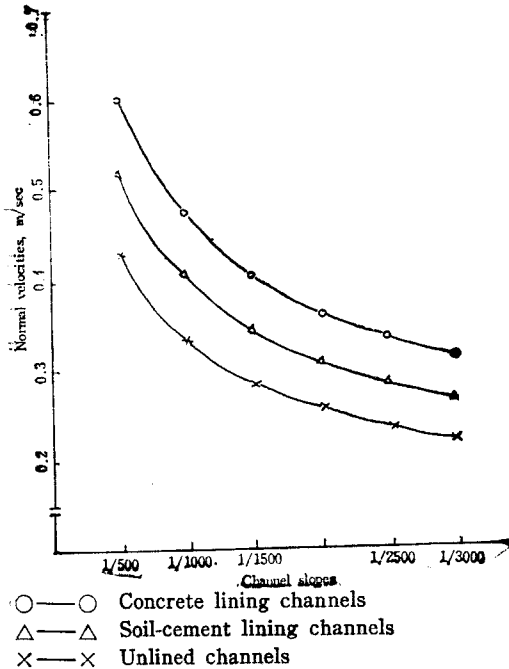


Fig. 10. Normal velocities for channel slopes

리트라이닝水路의 境遇 0.314~0.614m/sec, 소일시멘트라이닝水路의 境遇 0.267~0.523m/sec, 土工水路의 境遇 0.223~0.436m/sec로서 역시 實驗水路의 實測 平均流速보다 大體적으로 크게 算出되였다.

許容流速에 對하여 等流速을 檢討하기 爲해서

콘크리트라이닝水路 및 소일시멘트라이닝水路의 境遇에는 流下土砂의 沈澱이 생기지 않는 最小許容流速을 Kennedy公式⁽¹⁰⁾⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁶⁾에 依해 算出하여 Table-11. 및 Fig. 11~12에 表示하였으며 土工水路의 境遇에는 Fortier와 Scobey에 依해 發表된 水路의 最大許容流速⁽¹⁰⁾⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁶⁾과 比較檢討하였다.

Table-11. Minimum permissible velocities by Kennedy formula

Channel slopes	Concrete lining channels		Soil-cement lining channels	
	D	Vs	D	Vs
1/500	0.271	0.238	0.300	0.255
1/1000	0.319	0.265	0.353	0.282
1/1500	0.350	0.281	0.387	0.300
1/2000	0.374	0.293	0.412	0.312
1/2500	0.393	0.303	0.433	0.322
1/3000	0.410	0.311	0.451	0.330

Kennedy formula for sediment-laden water
 $V_s = CD^{0.64}$

Vs : Minimum permissible velocity, (m/sec)

D : Depth of water, (m)

C : Coefficient depending on soil

Value of C : 0.55(Fine, light, sandy soil)

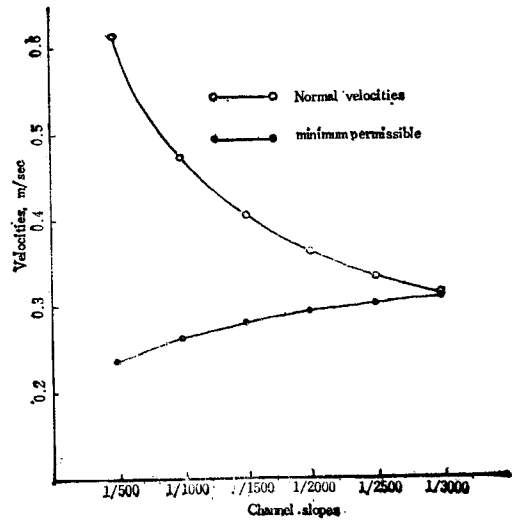


Fig. 11. Comparison of normal velocities with minimum permissible velocities in concrete lining channels

Table-11. 및 Fig. 11~12. 에 表示한 바와 같이 콘크리트라이닝水路에서는 어느 境遇나 等流速이 最小許容流速 以上인 것을 알 수 있으나 소일시멘트라이닝水路에서 水路傾斜가 1/2,000보다 緩慢한 境

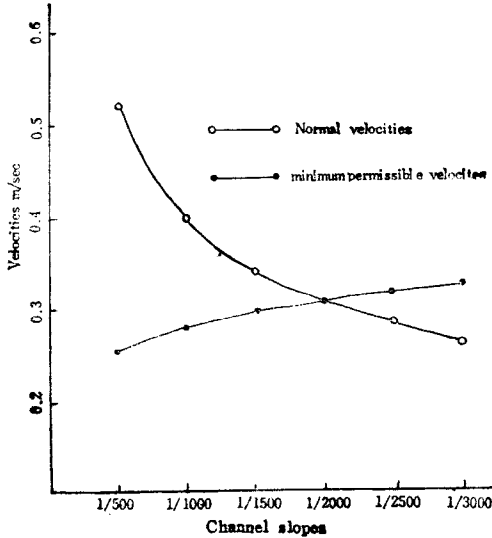


Fig. 12. Comparison of normal velocities with minimum permissible velocities in silt-cement lining channels

遇에는 等流流速이 最小許容流速 以下로 나타난 것을 볼 수 있다. 따라서 이境遇 水路斷面設計에 있어서는 이 點을 考慮하여 斷面치수를 決定해야 될 것으로 判斷된다.

Fortier와 Scobey에 依해 發表된 最大許容流速은, 實驗地區와 같은 微砂質土壤의 境遇 大略 0.45m/sec인데 實驗水路中 土工水路에서 算定된 等流流速은 0.223m/sec~0.436m/sec로서 最大許容流速 範圍內的 값이었다.

IV. 結 論

本 研究는 干拓地 用水支渠의 通水斷面 設計에 있어서 보다 合理的인 設計方法과 既存 灌溉水路의 改善方法을 究明하고 水路設計를 위한 基本資料를 提供하고자 界火島 干拓地內 用水支渠中에서 選定된 實驗水路를 通해서 遂行되었으며 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 콘크리트라이닝水路의 粗度係數는 그 平均値가 0.0206으로서 當初 設計에 適用된 粗度係數의 값보다 40%程度 큰 값으로 나타났.

2. 소일시멘트라이닝水路의 粗度係數는 水路의 狀態 및 草生程度에 따라 差異가 있었고 平均値는 0.0206~0.0332範圍였다. 또한 소일시멘트라이닝水路의 粗度係數의 平均値는 當初 設計時의 適用値보다 30%程度 큰 값으로 나타났.

3. 土工水路의 粗度係數도 水路의 狀態 및 草生程度에 따라 差異가 있었고 그 平均値는 0.0245~0.0367範圍의 값으로 나타났으며 當初 設計에 適用된 값보다 大略 10%程度 크게 算定되었다.

4. 界火島 干拓地 灌溉水路의 實際 粗度係數의 값은 當初 設計에 適用된 粗度係數의 값에 比하여 相當히 큰 값을 알 수가 있었고 統計分析 結果 大體의으로 高度의 有意性이 認定되었다.

따라서 今後에 造成될 干拓地 水路設計를 爲한 粗度係數는 現在 適用되고 있는 값보다 어느정도 上向 調整되어야 할 것이라고 判斷된다.

5. 通水斷面 計算을 爲한 設計用水量은 用水路의 支配面積에 따라 相異하게 算定되었으며 用水支渠 1條의 支配面積이 大略 16ha인 界火島 干拓地의 境遇本研究에서 算定된 設計用水量은 0.1178m³/sec로서 當初 設計用水量에 比하여 30%程度 크게 나타났. 干拓地의 設計用水量은 除鹽用水量, 除鹽給水時期 및 用水管理에 依한 除鹽方法에 따라 相異한 값으로 算定되리라 思料되는 바 앞으로 더욱 더 徹底하게 研究되어야 할 課題라고 判斷된다.

6. 等流水深은 콘크리트라이닝水路의 境遇 0.271~0.410m, 소일시멘트라이닝水路의 境遇 0.300~0.451m, 土工水路의 境遇 0.300~0.444m로서 水路傾斜에 따라 相異한 값으로 나타났으며 當初 設計의 計劃水深보다 大體의으로 20~30%程度 크게 算出되었다.

7. 等流流速을 許容流速에 對하여 檢討해 보면 土工水路에서는 最大許容流速 範圍內的 값으로 나타났으며 콘크리트라이닝水路에서는 最小許容流速보다 큰 값으로 나타났으나 소일시멘트라이닝水路에서는 水路傾斜가 1:2,000보다 緩慢한 境遇 最小許容流速보다 작은 값으로 算出되었다. 따라서 緩慢한 傾斜를 갖는 水路의 斷面設計時에는 이 點을 考慮하여 斷面치수를 決定해야 될 것으로 思料된다.

參 考 文 獻

1. 金周稔(1972) : 世界 各國의 用水路設計例(1), 農工學會誌, 14-4, pp. 78-82
2. _____ (1973) : 世界 各國의 用水路設計例(2), 農工學會誌, 15-2, pp. 91-96
3. _____ (1973) : 世界 各國의 用水路設計例(3), 農工學會誌, 15-3, pp. 73-81
4. 金榮敦, 金基台(1976) : 數理統計學, 法文社, pp. 122-129, 302-315, 337-376

5. 農林部, 農業振興公社(1972): 農業用水開發 必要水量基準, pp. 2-16, 51-52
6. 農水産部(1974): 農地改良事業計劃基準 水路工 1編, pp. 28-70
7. _____, 農業振興公社(1976): 西南海岸干拓 農地開發事業 豫備踏査報告書, pp. 11-12, 33-61
8. _____, _____(1977): 錦江・平澤地 區 竣工誌, pp. 24-30, 129-140
9. 農業振興公社(1970): 榮山江地區 農業綜合開發 事業計劃
10. _____(1976): 韓國農地改良事業 三十年 史, pp. 217-237, 296-299
11. _____(1976): 界火島地區 土壤調查報告 書, 農工試驗所, pp. 17-18, 33
12. _____(1977): 界火島地區 水路 및 施設 物 組織表, pp. 67-87
13. _____(1976): 界火島地區 營農 및 維持 管理調查事業報告書 pp. 10-28
14. 農業振興公社(1973): 界火島地區 農業綜合開發 事業計劃, pp. 27-30, 50-57, 307-316
15. _____(1973): 界火島地區 農業綜合開發 事業 水文 및 土壤調查報告書, pp. 145-156
16. _____(1973): 界火島地區 農業綜合開發 事業 水文調查書, pp. 192-195, 247
17. _____(1978): 設計計算要領 (用水路 및 揚排水場), pp. 61-66, 81-82, 85-90
18. 安守漢(1977): 水理學, 文運堂, pp. 113-121
19. 林迎春, 金斗植(1975): 水路構造物 水理設計, 農工學會, pp. 2-9, 24-59
20. 鄭俊錫, 李東煥, 尹泰勳, 申芳雄(1979): 新土 木設計 데이터북上卷, 韓國理工學社, pp. 203-204
21. 崔榮博, 李舜鐸(1977): 開水路의 水理學, 治庭 文化社, pp. 75-180
22. _____, 劉漢烈, 鄭俊錫(1979): 水理學, 光林 社, pp. 201-223, 354-362
23. 韓惠植, 洪富吉(1977): 統計學演習, 法文社, pp. 113-142, 257-287
24. 菊岡武男(1962): 엔크리트用水路의 粗度係數 に関する研究, 三重大, 農學部學術報告 27
25. 本間仁(1965): 水理學, 丸善株式會社, pp. 144-151
26. 寺澤貢, 渡光史, 西岡會(1975): 水路의 適正 管理計劃と水路設計について, 農業土木學會誌, 43-3, pp. 5-11
27. 緒形博之(1977): Manning公式と Hazen Williams公式의 適用區分, 農業土木學會誌, 45-2, pp. 11-14
28. 岸根卓郎(1977): 理論・應用統計學, 養賢堂, pp. 91-121, 384-396
29. 日本農業土木學會 (1969): 農業土木ハンドブック, 丸善株式會社, pp. 489-560
30. 前田修(1966): 水田用水量算定の 試驗, 農業土木學會誌, 34-2, pp. 42
31. 眞田光夫(1968): 水路工法, 地人會館, pp. 23-68
32. 日本農業土木學會(1977): 人郎瀉新農村建設事 業誌. pp. 828-830, 846-865
33. B.A. Bakhmeteff, N.V. Feodoroff(1943): Discussion on open channel flow, Trans., ASCE, Vol. 108, pp. 492-502
34. C.E. Ramser(1929): Flow of water in drainage channels, U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin No. 129
35. Don M. Corbett and others(1943): Stream-gaging procedure, U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 888
36. E.W. Lane(1955): Desion of stable channels, Trans., ASCE, Vol. 120, pp. 1234-1260
37. F.C. Scobey(1939): Flow of water in irrigation and similar canals, U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin No. 652
38. H.A. Einstein, H.L. Barbarossa(1952): River channel roughness, Trans., ASCE, Vol. 117 pp. 1121-1132
39. H.W. King(1954): Handbook of Hydraulics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc., pp. 7.1-7.80, 4.23-4.38, 5.1-5.51
40. J.J. Doland, V.T. Chow (1952): Discussion of river channel roughness, Trans., ASCE, Vol. 117, pp. 1134-1139
41. M.C. Boyre(1954): Estimating the Manning coefficient from an average bed roughness in open channels, Trans., American Geophysical Union, 35-6, pp. 957-961
42. R.E. Horton (1916): Some better Kutter's formula coefficients, Engineering News, 75-8, pp. 373-374
43. R.E. Horton (1933): Seperate roughness coe-

- fficients for channel bottom and sides, Engineering News-Record, 111-2, pp. 652-653
44. W.L. Cowan (1956): Estimating hydraulic roughness coefficients, Agricultura Engineering, Vol.37-7, pp. 473-475
45. Tahal Consulting Engineers Ltd. (1969): Design Criteria Recommendations for Canals and Related Structures, M-6261-1, pp. 6-20
46. U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service (1977): Design of Open Channels, Technical Release No. 25, pp. 4.1-4.7, 5.1-5.13, 6.1-6.69
47. V.T. Chow(1955): A note on the Manning formula, Trans., American Geophysical Union, 36-4, pp. 668
48. _____(1959): Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill Book Company, Inc., pp. 89-114, 128-149, 157-189