

灌溉用水路의 水路損失率 算定에 關한 研究

A Study on the Estimation of Water Loss Rates in Irrigation Canals

具 滋 雄* · 李 基 春* · 金 在 英* · 李 宰 泳*
Ja Woong Koo, Ki Chun Lee, Jae Young Kim, Jae Young Lee

Summary

This study was carried out in order to estimate water losses in irrigation canals, which may be used to evaluate the water requirement for irrigation projects. The conveyance losses were measured by the inflow-outflow method, the seepage losses were measured by the ponding method, and the operation losses in the course of irrigation were calculated by comparing the two kinds of losses.

The results obtained in this experiment were as follows:

1. Conveyance losses per unit area of wetted perimeter by the main irrigation canal, the secondary irrigation canal and the tributary irrigation canal, were 1.399×10^{-5} m³/sec/m², 5.154×10^{-5} m³/sec/m², and 2.670×10^{-5} m³/sec/m² respectively in the Goong-sa area. And they were 1.934×10^{-5} m³/sec/m², 2.149×10^{-5} m³/sec/m², and 4.558×10^{-5} m³/sec/m² respectively in the Seong-dug area.
2. Seepage losses per unit area of wetted perimeter by the secondary irrigation canal and the tributary irrigation canal, were 2.180×10^{-6} m³/sec/m² and 2.168×10^{-6} m³/sec/m² in the Goong-sa area, 1.150×10^{-6} m³/sec/m² and 1.084×10^{-6} m³/sec/m² in the Seong-dug area respectively.
3. Operation losses per unit area of wetted perimeter by the secondary irrigation canal and the tributary irrigation canal, were 4.936×10^{-5} m³/sec/m² and 2.453×10^{-5} m³/sec/m² in the Goong-sa area, 2.034×10^{-5} m³/sec/m² and 4.450×10^{-5} m³/sec/m² in the Seong-dug area respectively.
4. Conveyance, seepage and operation losses in the Goong-sa area were 6.7%, 94.6%, and 14.0% more than those in the Seong-dug area. Operation losses amount to about 17 times as much as seepage losses in the Goong-sa area and about 29 times in the Seong-dug area.
5. The seepage losses depend much on the soil texture, ranging from 7.437×10^{-7} m³/sec/m² to 2.430×10^{-6} m³/sec/m².

* 全北大學校 農科大學

6. Water loss rates in the main irrigation canal, the secondary irrigation canal and the tributary irrigation canal, were estimated as 8.49%, 37.27% and 9.81% respectively in the Goong-sa area. And they were estimated as 15.10%, 32.67% and 13.78% respectively in the Seong-dug area.

I. 緒 論

一般的으로 灌漑用水路에서는 滲透損失, 蒸發損失 및 管理損失 등으로 인하여 많은 물이 損失되고 있다. 特히 灌漑用水路로서 湧水路의 比重이 큰 우리나라의 경우에는 水路內의 損失水量이 灌漑用水量의 決定에 대단히 큰 影響을 미치고 있다.

現在 우리나라에서는 水路內의 損失水量에 對한 研究資料가 不足하기 때문에 大體적으로 通水量的 15~20%를 水路 損失率로 取하고 있으나 이는 다만 外國의 例를 들어 經驗의인 값으로 採擇되고 있어서 用水供給計劃에 科學的이고 合理的인 方法이라고 하기에는 아쉬운 감이 있다. 그래서 灌漑用水量의 決定에 必要한 여러 因子中 水路內의 損失水量을 正確히 算定하여 보다 合理的이고 効率的인 用水供給計劃을 세우기 위해서는 이에 對한 實際的이고 基礎的인 實驗研究가 切實히 要求되고 있는 實情이다.

研究內容과 關聯된 國內外 研究動向으로 水路損失率에 關하여 調查 報告된 바를 살펴보면 貯水池와 水路의 損失水量에 對한 研究報告에서 Hopson²⁾은 水路損失率이 40~50%가 된다고 發表하였으며 Hendricks¹⁾는 西南部 Louisiana地域의 調查에서 水路損失率이 35%라고 報告하였고, Robinson과 Rohwer¹¹⁾는 美國 西部 17個州의 調查에서 水路損失率이 40%가 된다고 發表하였으며, Teele¹⁴⁾은 水路損失率이 通水量的 30%에 該當하는 量이라고 發表하였다.

其他 Morton⁸⁾, Watters¹⁰⁾, Tatiana¹³⁾ 등은 蒸發 및 滲透損失에 對하여 研究發表한 바 있다.

水路損失에 對한 實測記錄의 例^{4),12)}를 들면 美國의 경우 新設水路에서의 損失率은 40~50%이었고, 數年間 使用한 水路에서의 損失率은 20~30%이었다. 印度의 경우는 用水幹線에서 15~20%, 用水支線에서 6~7%, 用水支渠에서 21~22%이었으며, 日本의 경우는 小用水路에서 12%로 調查되었고, 用水幹線에서 20%로 나타났다. 또한 湯川¹⁶⁾의 愛知 用水管

理 損失에 對한 研究報告에 依하면 損失率의 幅이 6~46%로 대단히 크게 나타났다.

우리나라에서는 農業用水開發 必要水量 基準⁹⁾에서 農業用水 計劃用水量 算定基準으로 水路內 損失을 15~20%로 보았다. 1972年 水原近郊에서 金⁵⁾ 등에 依해 遂行된 實測調查에 따르면 幹線水路에서 9.64%, 支線水路에서 15.55%, 支渠에서 12.34%의 通水損失率을 보였는데 管理損失量에 對해서는 전혀 言及이 없었다. 1973年 鄭⁶⁾ 등은 實驗的으로 湧水路에 對한 滲透損失量推定에 關하여 研究한 바 있으며, 1979年 農水產部와 農業振興公社¹⁰⁾에서 發表한 農組水利施設 調查事業 綜合報告書에 依하면 流入流出法에 依한 水路損失量은 全國 平均 $1.938 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, 貯溜法에 依한 滲透損失量은 全國 平均 $1.680 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, 管理損失量은 全國 平均 $1.770 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 로 算出되었다.

本研究의 目的은 耕地整理地區에 있어서 灌漑用水路의 損失水量에 影響을 미치는 여러 因子들 即, 氣象條件에 따른 蒸發量, 土性 및 流量 등에 따른 滲透量, 水路形狀 및 維持管理方法 등에 따른 管理損失量을 調查 測定하고 實驗資料를 比較 分析 檢討 함으로서 合理的이고 科學的인 水路損失量 算定の 基準을 提示하여 効率的인 灌漑用水供給計劃의 樹立에 基礎資料를 提供함에 있다.

끝으로 本 研究는 產學協同研究財團 學術研究費에 依하여 遂行된 것임을 밝히며 財團側에 感謝하는 바이다.

II. 材料 및 方法

1. 實驗地區

湖南平野를 對象으로하였고, 最近(1980年)에 耕地整理된 全北 井邑郡 泰仁面 弓四地區와 比較的 오래前(1968年)에 耕地整理된 全北 完州郡 助村面 聖德地區에서 水利利用이 圓滑하고 水路損失에 影響을 미치는 因子들을 比較 檢討할 수 있는 水路 26條를 選定하여 1981年 7月 1일부터 9月 30日 사이에.

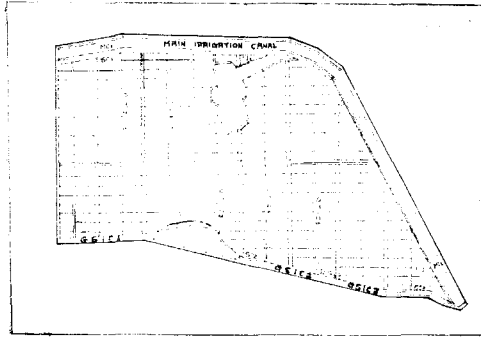


Fig. 1. Plan of Goong-sa experimental area

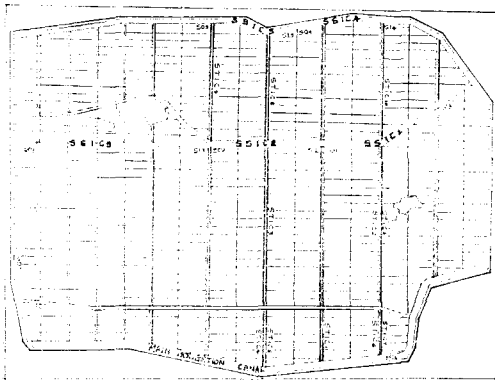


Fig. 2. Plan of Seong-dug experimental area

Table-1. Experimental canals in Goong-sa area

Canal classification	Canal type	Length of canal(m)	Remarks
Main irrigation canal	GMIC 1	2,000	Concrete lining canal
Secondary irrigation canal	GSIC 1	500	Unlined canal
"	GSIC 2	400	"
"	GSIC 3	300	"
Tributary irrigation canal	GTIC 1	400	Unlined canal
"	GTIC 2	460	"
"	GTIC 3	230	"
"	GTIC 4	420	"
"	GTIC 5	480	"

GMIC: Goong-sa main irrigation canal
 GSIC: Goong-sa secondary irrigation canal
 GTIC: Goong-sa tributary irrigation canal

Table-2. Experimental canals in Seong-dug area

Canal classification	Canal type	Length of canal(m)	Remarks
Main irrigation canal	SMIC 1	1,800	Unlined canal
Secondary irrigation canal	SSIC 1	450	Unlined canal
"	SSIC 2	440	"
"	SSIC 3	660	"
"	SSIC 4	340	Concrete lining canal
"	SSIC 5	340	Unlined canal
Tributary irrigation canal	STIC 1	400	Unlined canal
"	STIC 2	400	"
"	STIC 3	250	"
"	STIC 4	250	"
"	STIC 5	230	"
"	STIC 6	180	"
"	STIC 7	180	"
"	STIC 8	220	"
"	STIC 9	300	"
"	STIC 10	250	"
"	STIC 11	160	"

SMIC: Seong-dug main irrigation canal
 SSIC: Seong-dug secondary irrigation canal
 STIC: Seong-dug tributary irrigation canal

用水幹線, 支線, 支渠別로 3回 反復하여 實驗을 實施하였다.

Fig.1~2는 弓四實驗地區 및 聖德實驗地區의 平面圖이며 Table-1~2는 各 實驗地區의 類型別 實驗水路를 表示한 것이다.

2. 實驗方法

가. 氣象狀況 調査

實驗地區에 隣接해 있는 全州, 井邑 氣象觀測所의 協助를 얻어 實驗期間中 氣溫, 濕度, 降雨量, 蒸發量 等の 氣象狀況을 調査하였다.

나. 土質 調査

實驗水路에서 土質試料를 採取하여 液性限界와 塑性限界 및 粒度分析 試驗을 實施하여 土質을 調査하였다. 液性限界와 塑性限界 試驗은 KSF 2303 및 KSF 2304에 依據하고 粒度分析 試驗은 比重計測定 또는 篩分析 方法으로 KSF 2302에 依據하여 全北大學校 農工學科 土質實驗室에서 實施하였다.

다. 滲透量 測定

貯溜法에 依하여 滲透量을 測定하였는 바, 比較的 水路斷面이 一定한 實驗水路區間을 擇하여 上流와 下流를 漏水가 없도록 同時에 막고 24時間 동안 水面幅의 變化와 水位 降下量을 測定하여 다음과 같은 式으로 透滲量을 算出하였다.

$$S = \frac{W \times (d_1 - d_2) \times L}{86,400 \times (P \times L)}$$

여기서 S : 單位潤邊面積當 平均 滲透量(m³/sec/m²)

W : 貯溜區間의 平均 水面幅(m)

d₁ : 測定 始作時의 水深(m)

d₂ : 24時間 後의 水深(m)

P : 平均 潤邊(m)

L : 貯溜區間의 水路 延長(m)

라. 水路損失量 算定

流入—流出에 依하여 水路損失量을 算定하였다.

1) 流入—流出法

實驗水路의 始點에서 流入되는 量과 終點에서 流出되는 量의 差異를 그 區間의 水路損失量으로 보았으며 測定中 實驗水路內의 모든 放流水와 流入水도 考慮하여 計算하였다.

2) 流速 測定

流速計 카운터(SPC-5型)가 附着된 最新型 流速計(SV-101型)를 使用해서 U.S. Geological Survey의 流量 測定法에 準하여 水深의 程度에 따라 1點法, 2點法, 및 3點法으로 回轉數를 算定한 후 아래 式에 依하여 流速을 計算하고 平均流速을 算出하였다

$$V = 0.00954N + 0.029$$

여기서 V : 流速(m/sec)

N : 秒當回轉數.

Fig. 3a~3b는 用水幹線과 用水支線 또는 支渠에서 流速을 測定하는 光景이다.

3) 流量 算定

流量 測定에 있어서 特히 通水斷面이 큰 水路에서는 몇개의 小區間으로 나누어 各小區間의 流量을 計算하여 그 合으로 全體流量을 定하였다.

4) 水路損失量 計算

實驗水路 上下流의 流量差異로 損失量을 求하고 이를 區間의 總潤邊面積으로 나누어 單位 潤邊面積當 水路損失量을 計算하였다.

마. 管理損失量 算定

流入—流出法에 依하여 算定된 水路損失量에는 貯溜法으로 測定한 滲透損失外에 分水施設에서 門扉漏水損失, 崩壞土工의 復舊 區間의 漏水損失, 構造物과 土工의 接合部의 漏水損失 및 動物에 의하여 생긴 구멍에 의한 漏水損失 등의 水路構造에 따른 管理損失量이 包含되어 있다. 또한 管理損失量에는 물管理 方法에 따른 損失量이 包含되지만 本實驗에서는 短期間에 물 管理에 따른 管理損失量을 推定한다는 것이 不可能하여 부득이 水路構造에 따른 漏水損失만을 管理損失量으로 看做하였다. 即 本實驗에서는 流入—流出法에 依하여 算出된 水路損失量에서 貯溜法에 依해서 算定된 滲透損失量을 뺀 값을 管理損失量으로 보았다.

바. 水路損失率 推定

水路損失率은 水路에서 潤邊을 通하여 損失되는 漏水量과 水路構造에 따른 漏水損失量이 그 水路에 流入되는 水量의 몇 %인가를 百分率로 表示한 것으로 本實驗에서 算定된 幹線, 支線, 支渠別 單



Fig. 3-a. Measuring velocity with a current meter in a main irrigation canal



Fig. 3-b. Measuring velocity with a current meter in a secondary or tributary irrigation canal

位 潤邊面積當 水路損失量을 實驗地區 全水路의 計劃流量에 對한 總潤邊面積에 乘하여 總損失量을 求하였으며 이 값을 計劃流量으로 나누어 水路損失率을 求하였다.

3. 分析方法

各種 實驗水路의 調查實驗에서 얻은 資料를 利用하여 다음 事項을 比較 檢討 分析하였다.

- 가. 實驗地區의 氣象狀況
- 나. 實驗水路의 土性
- 다. 用水路別 水路損失量
- 라. 用水路別 滲透損失量
- 마. 用水路別 管理損失量
- 바. 用水路別 水路損失量 및 滲透損失量의 比較
- 사. 用水路別 滲透損失量 및 管理損失量의 比較
- 아. 土性別 水路損失量 및 滲透損失量의 比較
- 자. 用水路別 水路損失率

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 氣象概要

實驗期間中 各 實驗地區의 氣象狀況을 要約하면 Table-3a~3b에 表示한 바와 같으며, 實驗期間中 1日 平均 蒸發量은 弓四地區와 聖德地區에서 各各 3.7mm, 3.8mm로서 滲透損失量이나 管理損失量에 比하여 極 작은 값이 觀測되었다.

Table-3a. Meteorological data at Jeongeub station

Month	Item	Temperature (°C)	Precipitation (mm)	Relative humidity (%)	Evaporation (mm)
Jul.	E	24.6	150.5	81.8	22.3
	M	26.0	106.9	78.7	37.3
	L	28.1	8.0	71.5	54.2
	Average	26.2		77.3	
Aug.	E	25.4	118.9	77.3	37.5
	M	25.5	45.8	73.9	43.0
	L	23.8	167.0	75.8	33.8
	Average	24.9		75.7	
Sept.	E	21.8	74.4	73.8	31.4
	M	18.1	—	72.6	38.8
	L				

Table-3b. Meteorological data at Jeonju station

Month	Item	Temperature (°C)	Precipitation (mm)	Relative humidity (%)	Evaporation (mm)
Jul.	E	25.0	177.1	80.6	28.6
	M	26.2	141.0	80.0	40.9
	L	28.3	20.8	73.0	59.3
	Average	26.5		77.9	
Aug.	E	25.5	136.3	79.8	26.8
	M	25.6	87.3	74.7	47.4
	L	23.7	253.4	78.3	34.3
	Average	24.9		77.6	
Sept.	E	22.2	60.2	72.8	31.0
	M	18.3	—	70.9	36.8
	L				

2. 土性

實驗水路의 土性を 살펴보면 Table-4에서 보는바와 같이 最近에 耕地整理된 弓四地區의 土性は 砂質壤土(Sandy loam)이었으며 比較的 오래前에 耕地整理된 聖德地區의 土性は 粘質壤土(Clay loam)와 微砂質壤土(Silty loam)가 많았다.

3. 流速 및 流量

流入—流出法에 依한 水路損失量을 算定하기 위하여 實驗水路 上下流에서 測定한 平均流速 및 流量은 Table-5a~5b에서 보는 바와 같다.

4. 水路損失量

流入—流出法에 依하여 算出된 單位 潤邊面積當 水路損失量은 Table 6a~6b에 表示한 바와 같이 弓四地區에서는 幹線, 支線, 支渠別로 各各 $1.399 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $5.154 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $2.670 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 이었으며, 聖德地區에서는 幹線, 支線, 支渠別로 各各 $1.934 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $2.149 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $4.558 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 이었다.

이 값들을 1979년에 農水産部와 農業振興公社¹⁰⁾에서 實測한 全國 平均값인 $1.938 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 와 比較하여 보면 幹線의 경우에는 거의 비슷하거나 약간 작은 값으로 나타났으나 支線 및 支渠의 경우에는 상당히 큰 값으로 밝혀졌다.

結果的으로 幹線보다 支線 및 支渠에서 單位 潤邊面積當 水路損失量이 더 많다는 것을 알 수 있다

Table-4. Soil texture of experimental canals

Sample	Atterberg Limit (%)			Gradation analysis(%)			Specific gravity	Soil classification	
	LL	PL	PI	Sand	Silt	Clay		Textural	Unified
GSIC 1		NP		52	42	6	2.70	Sandy loam	SM
GSIC 2		NP		64	28	8	2.65	"	"
GSIC 3		NP		52	36	12	2.63	"	"
GTIC 1		NP		53	38	9	2.60	Sandy loam	SM
GTIC 2		NP		62	30	8	2.62	"	"
GTIC 3		NP		52	31	17	2.71	"	"
GTIC 4		NP		62	30	8	2.63	"	"
GTIC 5		NP		52	38	10	2.72	"	"
SSIC 1	37	18	19	51	40	9	2.71	Sandy loam	SC
SSIC 2	45	21	24	28	50	22	2.69	Clay loam	CL
SSIC 3	25	22	30	31	44	25	2.68	"	CH
SSIC 5	52	23	29	25	67	8	2.65	Silty loam	"
STIC 1	35	18	17	38	50	12	2.67	Silty loam	CL
STIC 2	47	23	24	28	53	19	2.68	"	"
STIC 3	38	17	21	43	38	19	2.69	Clay Loam	"
STIC 4	37	18	19	42	46	12	2.68	Loam	"
STIC 5	49	22	27	30	46	24	2.70	Clay loam	"
STIC 6	54	23	31	32	54	14	2.68	Silty loam	CH
STIC 7	58	21	37	36	45	19	2.68	Loam	CL
STIC 8	54	20	34	25	57	18	2.63	Silty loam	CH
STIC 9	38	18	20	43	49	8	2.60	Loam	CL
STIC 10	45	19	26	33	55	12	2.68	Silty loam	"
STIC 11	38	21	17	53	33	14	2.72	Sandy loam	SC

Table-5a. Velocity and discharge in the experimental canals lat Goong-sa area

Canal type	Velocity (m/sec)		Cross-sectional area of flow (m ²)		Discharge (m ³ /sec)	
	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow
GMIC 1	0.475	0.433	30.518	31.800	14.415	13.761
GSIC 1	0.276	0.321	0.468	0.215	0.129	0.069
GSIC 2	0.178	0.278	0.746	0.223	0.133	0.062
GSIC 3	0.278	0.243	0.223	0.140	0.062	0.034
GTIC 1	0.088	0.131	0.284	0.099	0.025	0.013
GTIC 2	0.086	0.194	0.220	0.031	0.019	0.006
GTIC 3	0.074	0.150	0.046	0.014	0.003	0.002
GTIC 4	0.095	0.191	0.346	0.068	0.033	0.013
GTIC 5	0.171	0.280	0.105	0.025	0.018	0.007

Table-5b. Velocity and discharge in the experimental canals at Seong-dug area

Canal type		Velocity (m/sec)		Cross-sectional area of flow (m ²)		Discharge (m ³ /sec)	
		Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow
SMIC	1	0.248	0.342	4.119	2.279	1.020	0.798
SSIC	1	0.290	0.149	0.246	0.381	0.071	0.057
SSIC	2	0.149	0.070	0.381	0.326	0.057	0.023
SSIC	3	0.070	0.075	0.326	0.211	0.023	0.016
SSIC	4	0.156	0.132	0.515	0.560	0.080	0.069
SSIC	5	0.132	0.100	0.560	0.474	0.069	0.048
STIC	1	0.193	0.137	0.139	0.104	0.026	0.014
STIC	2	0.249	0.085	0.084	0.037	0.021	0.003
STIC	3	0.189	0.117	0.122	0.109	0.023	0.013
STIC	4	0.184	0.199	0.058	0.024	0.011	0.005
STIC	5	0.494	0.585	0.172	0.106	0.085	0.062
STIC	6	0.158	0.105	0.038	0.019	0.006	0.002
STIC	7	0.824	0.236	0.022	0.050	0.018	0.012
STIC	8	0.093	0.167	0.251	0.072	0.023	0.012
STIC	9	0.081	0.181	0.163	0.048	0.013	0.009
STIC	10	0.082	0.064	0.046	0.030	0.004	0.002
STIC	11	0.401	0.063	0.017	0.044	0.007	0.003

Table-6a. Conveyance losses estimated by inflow-outflow method at Goong-sa area

Canal type	Length of canal (m)	Total area of wetted perimeter (m ²)	Discharge (m ³ /sec)			Total losses (m ³ /sec)	Losses per unit area of wetted perimeter (m ³ /sec/m ²)	
			Inflow	Outflow	Diversion			
GMIC	1	2,000	48,733	14,502	13,761	0.059	0.682	1.399 × 10 ⁻⁵
GSIC	1	500	878	0.129	0.069	0.034	0.026	2.961 × 10 ⁻⁵
GSIC	2	400	744	0.133	0.062	0.011	0.059	7.930 × 10 ⁻⁵
GSIC	3	300	372	0.062	0.034	0.011	0.017	4.570 × 10 ⁻⁵
Average								5.154 × 10 ⁻⁵

Table-6b. Conveyance losses estimated by inflow-outflow method at Seong-dug area

Canal type	Length of canal (m)	Total area of wetted perimeter (m ²)	Discharge (m ³ /sec)			Total Losses (m ³ /sec)	Losses per unit area of wetted perimeter (m ³ /sec/m ²)	
			Inflow	Outflow	Diversion			
SMIC	1	1,800	11,585	1.020	0.798	-0.002	0.224	1.934 × 10 ⁻⁵
SSIC	1	450	830	0.071	0.057	—	0.014	1.687 × 10 ⁻⁵
SSIC	2	440	750	0.057	0.023	—	0.034	4.533 × 10 ⁻⁵
SSIC	3	660	1,033	0.023	0.016	—	0.007	6.776 × 10 ⁻⁵
SSIC	4	340	740	0.080	0.069	0.005	0.006	8.108 × 10 ⁻⁵
SSIC	5	340	692	0.069	0.048	—	0.021	3.035 × 10 ⁻⁵
Average								2.149 × 10 ⁻⁵

灌溉用水路의 水路損失率 算定에 關한 研究

STIC 1	400	406	0.026	0.014	--	0.012	2.956×10^{-5}
STIC 2	400	268	0.021	0.003	—	0.018	6.716×10^{-5}
STIC 3	250	213	0.023	0.013	—	0.010	4.695×10^{-5}
STIC 4	250	131	0.011	0.005	—	0.006	4.580×10^{-5}
STIC 5	230	245	0.085	0.062	--	0.023	9.388×10^{-5}
STIC 6	180	81	0.006	0.002	--	0.004	4.938×10^{-5}
STIC 7	180	116	0.018	0.012	—	0.006	5.172×10^{-5}
STIC 8	220	227	0.023	0.012	—	0.011	4.846×10^{-5}
STIC 9	300	281	0.013	0.009	—	0.004	1.423×10^{-5}
STIC 10	250	145	0.004	0.002	—	0.002	1.379×10^{-5}
STIC 11	160	99	0.007	0.003	—	0.004	4.040×10^{-5}
Average							4.558×10^{-5}

5. 滲透損失量

貯溜法에 依하여 算出된 單位 潤邊面積當 滲透損失量은 Table-7a~7b에서 보는 바와 같이 弓四地區에서는 支線, 支渠別로 各各 $2.180 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $2.168 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 이었고 聖德地區에서는 支線, 支渠別로 各各 $1.150 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $1.084 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 이었다.

이 값들을 1979년에 農水産部和 農業振興公社¹⁰⁾에서 實測한 全國 平均값인 $1.680 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 와 比較하여 보면 弓四地區에서는 약간 큰 값이었고 聖德地區에서는 약간 작은 값이었다.

이처럼 弓四地區의 滲透損失량이 聖德地區의 滲透損失量보다 많은 것은 弓四地區는 最近에 耕地整理된 地區일 뿐만 아니라 聖德地區의 土性이 대체적으로 微砂質 壤土이나 粘質 壤土인 反面에 弓四地區의 土性은 대부분이 砂質壤土이기 때문에 透水性이 큰 것으로 判斷된다.

6. 管理損失量

流入—流出法과 貯溜法에 依해서 算定된 損失水量의 差異로 나타낸 單位 潤邊面積當 管理損失量은 Table-8에 表示한 바와 같이 弓四地區의 支線에서 $4.936 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, 支渠에서 $2.453 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 이었고, 聖德地區의 支線에서 $2.034 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, 支渠에서 $4.450 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 이었으며, 1979년에 農水産部和 農業振興公社¹⁰⁾에 依해 實測된 全國 平均값인 $1.770 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 와 比較하면 상당히 큰 값이었다.

7. 滲透損失量과 管理損失量の 比較

Table-8 및 Fig. 4에서 알수 있는 바와 같이 弓四地區의 경우 水路損失量中 滲透損失량이 5.6%, 管理損失량이 94.4%로서 管理損失량이 滲透損失량의 約 17倍이었고, 聖德地區의 경우 水路損失量中 滲透損失량이 3.3%, 管理損失량이 96.7%로서 管理損失량이 滲透損失량의 約 29倍에 달하였다.

Table-7a. Seepage losses estimated by ponding method at Goong-Sa area

Canal type	Length of canal (m)	Total fall in water level during 24hrs (m)	Average width of water surface (m)	Total area of wetted perimeter (m ²)	Total seepage losses (m ³ /sec)	Seepage losses per unit area of wetted perimeter (m ³ /sec/m ²)	Soil texture
GSIC 1	250	0.145	1.74	246.1	6.710×10^{-4}	2.726×10^{-6}	Sandy loam
GSIC 2	"	0.211	1.80	331.2	1.014×10^{-4}	3.061×10^{-6}	"
GSIC 3	"	0.080	1.30	368.0	2.768×10^{-4}	7.523×10^{-7}	Lining
Average						2.180×10^{-6}	
GTIC 1	30	0.140	1.26	27.45	6.124×10^{-5}	2.231×10^{-6}	Sandy loam
GTIC 2	"	0.149	1.65	31.80	5.415×10^{-5}	1.703×10^{-6}	"
GTIC 3	"	0.130	1.15	34.50	8.124×10^{-5}	2.355×10^{-6}	"
GTIC 4	"	0.167	1.25	33.00	7.250×10^{-5}	2.197×10^{-6}	"
GTIC 5	"	0.175	1.28	33.00	7.765×10^{-5}	2.353×10^{-6}	"
Average						2.168×10^{-6}	

Table-7b. Seepage losses estimated by ponding method at Seong-dug area

Canal type	Length of canal (m)	Total fall in water level during 24 hrs (m)	Average width of water surface (m)	Total area of wetted perimeter (m ²)	Total seepage losses (m ³ /sec)	Seepage losses per unit area of wetted perimeter (m ³ /sec/m ²)	Soil texture
SSIC 1	30	0.185	1.68	55.27	1.079×10^{-4}	1.952×10^{-6}	Sandy loam
SSIC 2	30	0.107	1.73	56.70	6.430×10^{-5}	1.134×10^{-6}	Clay loam
SSIC 3	30	0.071	1.63	53.74	3.993×10^{-5}	7.437×10^{-7}	"
SSIC 4	30	0.052	1.85	60.35	3.361×10^{-5}	5.578×10^{-7}	Lining
SSIC 5	30	0.128	1.78	58.24	7.921×10^{-5}	1.360×10^{-6}	Silty loam
Average						1.150×10^{-6}	
STIC 1	20	0.086	1.25	27.65	2.486×10^{-5}	8.998×10^{-7}	Silty loam
STIC 2	20	0.107	1.17	25.81	2.909×10^{-5}	1.127×10^{-6}	"
STIC 3	20	0.062	1.20	26.44	1.727×10^{-5}	6.537×10^{-7}	Clay loam
STIC 4	20	0.094	1.15	25.30	2.512×10^{-5}	9.935×10^{-7}	Loam
STIC 5	20	0.068	1.23	27.00	1.947×10^{-5}	7.251×10^{-7}	Clay loam
STIC 6	20	0.073	1.18	26.17	1.984×10^{-5}	7.581×10^{-7}	Silty loam
STIC 7	20	0.161	1.16	25.65	4.327×10^{-5}	1.687×10^{-6}	Loam
STIC 8	20	0.095	1.21	26.63	2.674×10^{-5}	1.004×10^{-6}	Silty loam
STIC 9	20	0.139	1.14	23.82	3.668×10^{-5}	1.540×10^{-6}	Loam
STIC10	20	0.119	1.06	23.56	2.910×10^{-5}	1.231×10^{-6}	Silty loam
STIC11	20	0.124	1.26	27.68	3.615×10^{-5}	1.306×10^{-6}	Sandy loam
Average						1.084×10^{-6}	

Table-8. Seepage and Operation losses in experimental canals

Area	Canal type	Conveyance losses (m ³ /sec/m ²)	Seepage losses (m ³ /sec/m ²)	Operation losses (m ³ /sec/m ²)
Goong-sa	GSIC	5.154×10^{-5}	2.180×10^{-6}	4.936×10^{-5}
	GTIC	2.670×10^{-5}	2.168×10^{-6}	2.453×10^{-5}
	Average	3.912×10^{-5}	2.714×10^{-6}	3.695×10^{-5}
Seong-dug	SSIC	2.149×10^{-5}	1.150×10^{-6}	2.034×10^{-5}
	STIC	4.558×10^{-5}	1.084×10^{-6}	4.450×10^{-5}
	Average	3.354×10^{-5}	1.117×10^{-6}	3.242×10^{-5}

Table-9. Conveyance and seepage losses for soil texture

Soil classification		Canal type	Conveyance losses (m ³ /sec/m ²)	Seepage losses (m ³ /sec/m ²)
Texture	Unified			
Sandy loam	SM	GSIC 1, GSIC 2, GTIC 1-5	3.483×10^{-5}	2.430×10^{-6}
"	SC	SSIC 1, STIC 11.	2.864×10^{-5}	1.629×10^{-6}
Loam	CL	STIC 4, STIC 7, STIC 9	3.725×10^{-5}	1.407×10^{-6}
Silty loam	CL	STIC 1, STIC 2, STIC 10	3.684×10^{-5}	1.086×10^{-6}
"	CH	SSIC 5, STIC 6, STIC 8	4.273×10^{-5}	1.041×10^{-6}
Clay loam	CL	SSIC 2, STIC 3, STIC 5	6.205×10^{-5}	8.364×10^{-7}
"	CH	SSIC 3	6.776×10^{-5}	7.437×10^{-7}

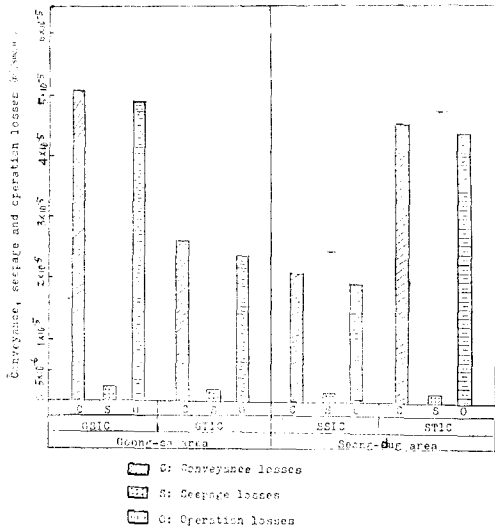


Fig. 4. Comparison of conveyance, seepage and operation losses in experimental canals

8. 土性別 水路損失量 및 滲透損失量

Table-9 및 Fig.5에 나타난 바와 같이 水路損失量은 그다지 크게 土性的 影響을 받는다고 볼 수 없으나 滲透損失量은 土性和 깊은 關係가 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 水路損失量中에는 水路構造에 따른 管理損失量이 包含되어 있기 때문에 土性的 影響이 미치지 못하지만 滲透損失量은 주로 土性에 變化된다고 생각된다.

9. 水路損失率

Table-10에서 보는 바와 같이 蒙利面積이 251ha

인 弓四地區의 全水路組織에 對한 水路損失率은 幹線에서 8.49%, 支線에서 37.27%, 支渠에서 9.81%로서 合計 55.57%로 算定되었으며, 蒙利面積이 321ha인 聖德地區에서는 幹線, 支線, 支渠別로 各各 15.10%, 32.67%, 13.78%로서 合計 61.55%로 算出되었다. 이것은 現在 우리나라에서 適用되고 있는 水路損失率의 基準值인 15~20%에 比하여 相當

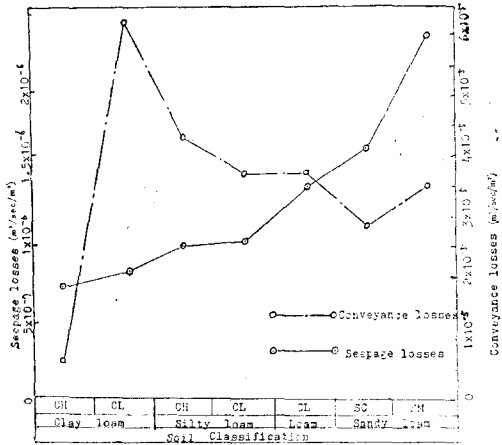


Fig. 5. Conveyance and seepage losses for soil classification

히 큰 값이다.

따라서 水路損失의 原因이 되는 水路의 構造의 缺陷을 改良 補完함은 물론 維持管理를 철저히 하고 砂質土 地域에서는 水路의 라이닝을 하는등 用水保全의 對策을 講究해야 할 것이며 더욱 더 廣範圍한 研究를 거듭하여 今後 灌溉用水 供給計劃의 樹立에 適用되는 水路損失率은 蒙利面積이나 土性등을 參酌하여 上向 調整되어야 할 것으로 思料된다.

Table-10. Rate of water losses in experimental canals

Area (benefited area)	Canal type	Total length of canals(m)	Average wetted perimeter (m)	Total area of wetted perimeter (m ²)	Conveyance losses per unit area of wetted perimeter (m ³ /sec/m ²)	Total conveyance losses (m ³ /sec)	Irrigation water requirement (m ³ /sec)	Rate of water losses (%)
Goog-sa (251ha)	GMIC	3,610	24.374	87,991	1.399 × 10 ⁻⁵	1.231	14.502	8.49
	GSIC	9,729	1.800	17,515	5.154 × 10 ⁻⁵	0.903	2.423	37.27
	GTIC	11,885	1.206	14,333	2.670 × 10 ⁻⁵	0.383	3.930	9.81
	Total							55.57
Seong-dug (321ha)	SMIC	3,548	6.280	22,280	1.934 × 10 ⁻⁵	0.431	2.854	15.10
	SSIC	4,294	3.920	16,831	2.149 × 10 ⁻⁵	0.362	1.107	32.67
	STIC	16,789	2.286	38,385	4.558 × 10 ⁻⁵	1.750	12.694	13.78
	Total							61.55

IV. 結 論

灌溉용수량의 決定에 큰 影響을 미치는 灌溉用水路內의 損失水量을 正確히 算定하여 合理的이고 科學的인 水路損失率 算定の 基準을 提示하고 보다 効率的인 灌溉用水 供給計劃의 樹立에 基礎資料를 提供하고자 本 研究를 遂行한 바 그 實驗資料를 分析하여 얻은 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 流入—流出法에 依하여 算定된 用水幹線, 支線, 支渠別 單位 潤邊面積當 水路損失量은 最近에 耕地整理된 弓四地區에서는 各各 $1.339 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $5.154 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $2.670 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 이었으며, 比較的 오래前에 耕地整理된 聖德地區에서는 各各 $1.934 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $2.149 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $4.558 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 이었다.

2. 貯溜法에 依하여 算出된 用水支線 支渠別 單位 潤邊面積當 滲透損失量은 弓四地區에서는 各各 $2.180 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $2.168 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 이었고, 聖德地區에서는 各各 $1.150 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $1.084 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 이었다.

3. 流入—流出法과 貯溜法에 依하여 算定된 用水支線, 支渠別 單位 潤邊面積當 管理損失量은 弓四地區에서는 各各 $4.936 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $2.453 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 이었으며, 聖德地區에서는 各各 $2.034 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$, $4.450 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 이었다.

4. 滲透損失量과 管理損失量을 比較하여 보면 弓四地區에서는 水路損失量中 管理損失量이 滲透損失量の 約 17배에 達하였고, 聖德地區에서는 約 29배나 되었다.

5. 管理損失量을 包含한 水路損失量은 土性과 關係가 없었지만 滲透損失量은 土性別로 $7.437 \times 10^{-7} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2 \sim 2.430 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{sec}/\text{m}^2$ 의 範圍內에서 깊은 關係가 있었다.

6. 全 水路組織에 對한 水路損失率은 弓四地區에서 幹線, 支線, 支渠別로 各各 8.49%, 37.27%, 9.81%로서 合計55.57%로 算定되었으며, 聖德地區에서는 幹線, 支線, 支渠別로 各各 15.10%, 32.67%, 13.78%로서 合計 61.55%로 算出되었다. 이것은 現在 우리나라에서 適用되고 있는 水路損失率의 基準值인 15~20%에 比하면 相當히 큰 값으로 今後 灌溉用水 供給計劃에 適用되는 水路損失率은 上向調整되어야 할것으로 思料된다.

參 考 文 獻

- Hendricks, E.L.(1954) : Surface Water Supply for Irrigation in the Vermilion River Basin, Louisiana, A.S. A.E., Supper No.489, pp.1~20.
- Hopson, E.G.(1931) : The Economic Aspect of Seepage and other Losses in Irrigation System, Trans. of A.S.C.E., 76(1), pp.336~340.
- 鄭夏禹, 劉漢烈(1973) : 흙 水路에 對한 滲透損失量 推定에 關한 研究, 韓國農工學會誌, 15(1), pp.1~15.
- 狩野德太郎(1964) : 灌溉排水, 養賢堂, pp. 107~109.
- 金哲會, 鄭夏禹, 劉漢烈(1972) : 흙 水路에서의 用水損失에 關한 研究, 韓國農工學會誌 14(3) pp. 27~39.
- Morton, F.I.(1965) : Potential Evaporation and River Basin Evaporation, Trans. of A.S. C.E., 91(HY6), pp.67~69.
- 中川昭一郎(1966) : 水田用水量 調査計劃法, 日本農業土木研究, 34號.
- 農林部, 農業振興公社(1972) : 農業用水開發 必要水量基準, pp. 2~19, 51~52.
- 農水産部(1974) : 農地改良事業計劃 設計基準 水路工 1, 2編.
- _____, 農業振興公社(1979) : 農組水利施設 調査事業 綜合報告書(Ⅱ-Ⅱ), pp.229~362.
- Robinson, A.R. and C. Rohwer(1957) : Measurement of Canal Seepage, Trans. of A.S. C.E., 122(Paper 2865), pp. 347~373.
- 田中禮次郎(1978) : かんがい排水, 養賢堂, pp. 102~106.
- Tatiana Streltsova(1974) : Method of Additional Seepage Resistances Theory and Application, Trans. of A.S.C.E., 100(HY8), pp.1119~1120.
- Teele, R.P.(1957) : The Work of the Office of Experiment Stations of the U.S.Dept. of Agriculture in Agricultural Engineering Lines, Trans. of A.S.A.E., 1(1), pp. 63~64.
- 湯川清光(1972) : 愛知用水管理損失の 研究 I - IV, 日本農業土木學會論文集 41號.
- Watters, C.Z.(1971) : Hydrodynamic Effects of Seepage on Bed Particles, Trans. of A.S. C.E., 97(HY3), pp.421~439.