

현장 측정을 통한 관개용수로의 손실량 추정

Estimation of Water Loss in Irrigation Canals through Field Measurement

이용직* · 김필식**·† · 김선주*** · 지용근**** · 주옥중*****

Lee, Yong-Jig* · Kim, Phil-Shik** · Kim, Sun Joo*** · Jee Yong Keun**** · Joo, Uk Jong*****

Abstract

Water losses in irrigation canals are mainly estimated as the sum of conveyance and delivery water loss. The losses occur via the evaporation, infiltration, gate operation and water distribution processing. Recently, the study regarding these water losses are not satisfactory enough, also delivery water loss has not been mainly considered on field design.

The objective of this study is to investigate and analyze the volume of water loss in irrigation canals considering condition of actual farm land. A field measurement was performed at four research sites, which are managed by Korea Rural Community & Agriculture Corporation, to evaluate conveyance and delivery water loss for 2 years. The measurement was performed by canal type, size and designed flow using the inflow-outflow method at a major points such as start and end of each canal, derivation point of canal and inlet of paddy fields. Results of this study showed that water loss ratio in lateral canals was bigger than that of main canal unlike current design standard and the loss decrease as flow increase. The total of water loss ratio including conveyance and delivery water loss in several irrigation canals ranged between 33.25 and 45.0%.

Keywords : Conveyance water loss, Delivery water loss, Irrigation water, Field measurement

1. 서 론

현재 우리나라 농업용수 관리는 과학적인 물관리 체계에 의하기보다 경험에 의해 관리함으로써 용수의 과다한 손실과 균등분배에 어려움이 있어 이에 대한 대책이 필요한 실정이다. 농업용 저수지의 저수량은

10년 빈도 이하의 한발에 용수를 공급할 수 있도록 설계되어 있으나, 합리적인 물관리가 이루어지지 못함으로 기준년에 준하는 한발에도 빈번히 물 부족현상이 나타나며, 가뭄을 극복하기 위한 소요인력과 경비가 막대한 실정이다. 따라서 농업용수의 효율적인 이용을 위해서 체계적인 물관리 계획의 수립과 합리적인 용수량 산정이 필요하다(Lee, 2005).

농업용수 관리 시스템은 농업용수 조식을 구성하는 용수원시설, 관개수로조직 및 물관리방식을 포함하는 종합적이고 유기적인 구성으로 갖는 시스템이다. 최적의 물관리는 각종 수리시설을 이용하여 적절한 양의 물을 손실 없이 확보하고, 효율적으로 공급하는 것이다. 이와 같이 농업용수를 관리함에 있어 발생하는

* 한국농촌공사 정보관리실
** Auburn University Post Doc.
*** 건국대학교 생명환경과학대학
**** 건국대학교 생명환경과학대학 대학원
***** 한국농촌공사 농어촌연구원 생산자원연구소
† Corresponding author. Tel.: +1-334-524-1229
Fax: +1-334-844-3551
E-mail address: kimphil@auburn.edu

손실의 대부분은 수원공에서 포장까지 송수 및 분배하는 과정에서 발생하게 된다. 따라서 무효방류와 수로에서의 손실을 최소화하고, 효율적인 용수배분계획을 수립하기위한 현장 중심의 실험과 과학적인 물관리 방안이 필요하다.

농업용수는 일반적으로 관개용수로로 통하여 포장에 공급되게 되며 이 과정에서 용수의 일부는 수로내의 송수손실과 수문조작이나 물꼬관리 등에 의한 배분관리손실이 발생하게 된다. 현재 농업용수확보를 위한 수원공 설계 등에 있어서 시설관리손실은 대체로 농업생산기반정비사업계획설계기준(관개편)에서 제시하고 있는 토공수로의 경우, 간선용수로 15~25%, 지선용수로 10~20%, 용수지거 10%, 콘크리트 및 아스팔트수로의 경우 5~7%를 적용하고 배분관리손실은 실제 적용하지 않는 경우가 많다. 따라서 우리나라에서는 외국의 자료에 근거하여 제시된 시설관리손실률로 약 15~20%를 적용하고 있는 실정이다(MAF, 1998). 또한 논관개용수를 포함한 농촌용수의 지역별 연차별 수요량을 조사한 '농촌용수 수요량 조사 종합보고서(MAF, 1999)'에서는 송수손실을 12.7%, 배분관리손실률을 11.0%로 하여 총 23.7%의 손실이 발생하는 것으로 보고한 바 있다.

현재 농업용수로의 구조물화 비율은 39.1%로 아직 흙수로가 대부분을 차지하고 있으며, 이러한 시설관리손실량은 전체 용수공급량에서 차지하는 비율이 높게 나타날 것으로 추정되고 있으나 정량적 측정 자료가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 한국농촌공사 농어촌연구원에서 시험지구로 관리되고 있는 4개의 지구를 대상으로 수로의 종류, 규모, 유형별로 현장조사를 실시하였으며, 현장 조건을 최대한 고려하여 시설관리손실을 송수손실과 배분관리손실로 구분하여 분석을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

수로에서의 손실은 용수공급량 중 상당히 많은 양이 발생하므로 손실량의 적정한 추정은 물관리의 계획 및 설계 등에 있어서 중요한 요소이다. 그럼에도 불구하고 측정의 어려움 등으로 인해 광범위한 조사

가 이루어지지 않고 있다. 현재 사용되고 있는 기준 및 설계편람 등에서는 다음과 같이 제시하고 있다.

$$\text{조용수량} = \text{순용수량} + \text{시설관리용수량}$$

$$\begin{aligned} \text{시설관리용수량} &= \text{송수손실수량} + \\ &\quad \text{용수배분관리용수량} + \text{시설기능유지용수량} \end{aligned}$$

여기서, 송수손실수량은 수원으로부터 말단포장까지 용수를 송수하는 과정에서 증발 및 수로로부터의 침투에 의하여 손실되는 수량으로 수면으로부터의 증발량에 의한 손실은 일반적으로 용수로의 유하거리가 짧아 무시되며, 주로 침투손실로서 수로의 포장형식 및 상태, 수로주변의 지하수위, 유하거리 등에 의해 영향을 받게 된다. 용수배분관리용수량은 용수의 원활한 배분관리를 위하여 여분으로 공급하는 수량을 말하며 시설기능유지용수량은 비관개기에 시설유지 기능을 위하여 수로에 통수하지 않으면 안 되는 수량을 말한다.

1. 송수손실 연구 대상지구

송수손실 대상지구는 한국농촌공사에서 관리하는 경기도 평택시와 안성군에 위치한 이동, 고삼, 금광, 고덕 4개 지구를 선정하였다. 이동지구는 9조의 용수간·지선으로 도수하고 있으며 주 간선수로는 진위간선이다. 고삼지구는 5조의 용수로로 도수되고 있는데 주 간선수로는 안택간선으로서 총길이 30 km에 해당하는 대규모 용수간선이다. 금광지구는 10조의 용수로로 구성되어 있으며 주 간선수로는 금광간선으로 총길이 31 km에 해당한다. 고덕지구는 1조의 간선과 5조의 지선으로 구성되며 주 간선수로는 고덕간선이다.

송수손실은 토공수로와 콘크리트수로 구분하여 조사하였다. 이동지구의 주간선인 진위간선, 방아지선, 남사지선에서 콘크리트수로 손실량을 조사하였으며 토공수로의 손실량은 고삼지구의 안택간선, 안택3호지선, 금광지구의 금광간선, 금광7호지선, 이동지구의 진위간선, 진위5호지선, 방아지선, 고덕지구의 고덕간선, 고덕2호지선을 선정하여 실시하였다. Table

Table 1 Characteristics of the earth and concrete canals on field

Canal Type	District	Irrigation canals	Length (km)	Middle cross section(m) (Bottom W×H) (Bottom W×H×Upper W)	Design flow (m ³ /s)	Section
Concrete	Yidong	C ₁ (Jinwee)	3.2	4.0×2.3	5.772	-
		L ₁ (Bang-a)	0.8	1.5×1.0	0.277	-
		L ₂ (Namsa)	1.0	1.2×1.2	0.163	-
Earth	Gosam	C ₂ (Antaek)	7.25	1.2×1.0×3.2	1.175	CM
		L ₃ (3 rd Antaek)	0.9	0.5×0.7×1.2	-	CM
	Kum-Kwang	C ₃ (Kum-Kwang)	2.27	4.0×1.6×9.0	1.469	CM
		L ₄ (7 th Kum-Kwang)	1.43	0.6×0.9×1.5	-	C
	Yidong	C ₄ (Jinwee)	1.0	4.0×2.3×10.9	5.772	C
		L ₅ (5 th Jinwee)	1.6	0.8×0.8×3.2	0.734	CM
		L ₆ (Bang-a)	2.24	1.0×1.5×1.8	0.277	M
Kodok	C ₅ (Kodok)	2.45	1.8×2.0×5.0	1.142	CM	
	L ₇ (2 nd Kodok)	0.66	1.0×0.7×3.1	0.177	M	

C : Cutting section CM : Cutting and Mounding section M : Mounding section

1은 선정된 콘크리트 수로와 토공수로의 재원을 나타내며 각 수로명은 간선(Canal No), 지선(Lateral No)로 표기하였다.

2. 배분관리손실 연구 대상지구

배분관리손실 측정은 양수장, 저수지, 용수지선으로 구분하여 실시하였으며, 각 연구지구는 경기도 평택시의 건천양수장, 고잔저수지, 용수지선은 이동지구의 방야지선지구와 제5-2호지선지구를 선정하였다.

건천양수장의 건천용수간선은 전 구간이 토공수로 되어 있으며 총 21개의 용수지거로 분기되고 있으며 23개의 배수지거가 있다. 용·배수지거는 용수간선을 중심으로 이루어져 있으며, 상류부는 하천으로 흐르고 하류부는 대형 배수로로 흐르고 있다. 고잔저수지는 두 개의 용수간선을 통해 관개하고 있으며 총

18개의 용수지거와 14개의 배수지거가 있다.

용수지선 L₈은 이동저수지를 용수원으로 하며 이동저수지 취수탑을 통하여 직접 관개되고 각 7개의 용수지거와 배수지거가 교대로 위치하고 있다. 용수지선 L₉는 각각 12개의 배수로와 용수로로 구성되어 있다. Table 2는 대상수로의 특성을 나타낸 것이고 Fig. 1은 각 대상지구의 용·배수로 위치도이다.

3. 조사방법

농업생산기반정비사업설계기준(관개편)에서는 조용수량 산정을 위해 시설관리용수량 개념을 적용시키고 있다. 시설관리용수량을 결정함에 있어 송수손실수량은 지구의 입지조건, 수로의 길이 및 형식 등을 고려하고 배분관리용수량은 수로형식, 관리조직, 관리체계, 시설장치화의 정도, 논의 분산정도 등을 고려한다.

Table 2 Canal characteristics in the pumping station, reservoir and laterals district

District	Irrigation canals(Name)	Length(km)	Irrigation ditch length(km)	Drainage ditch length(km)	Irrigation area(ha)
Pumping station	C ₆ (Geoncheon)	2.43	9.95	10.04	200
Reservoir	C ₇ (Kojan Res.)	1.8	5.31	4.35	50
Lateral	L ₈ (Bang-a)	1.6	3.56	3.88	70
	L ₉ (5 th -2)	3.01	7.64	7.46	157

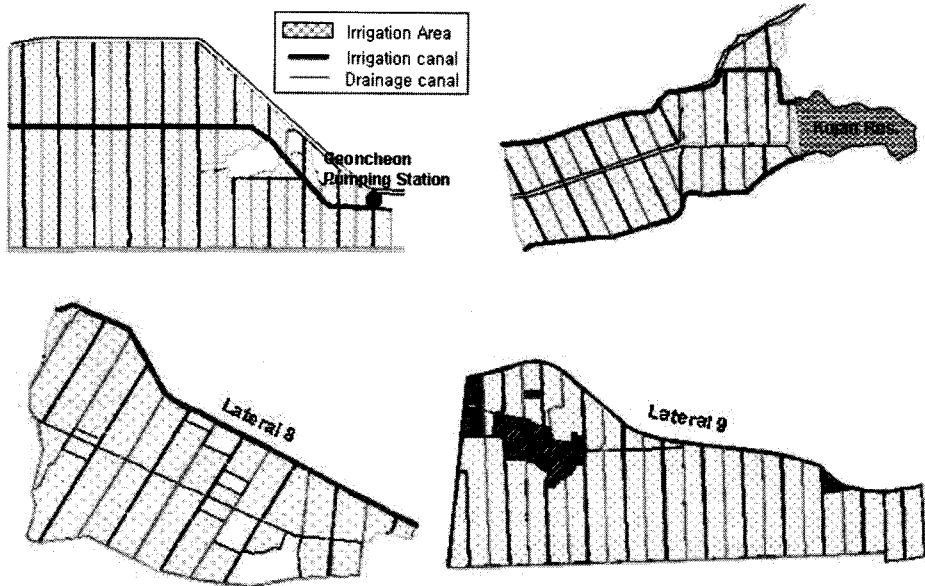


Fig. 1 Location of irrigation and drainage canal in the pumping station, reservoir and lateral districts

송수손실수량 중 수면으로부터 증발에 의한 손실은 침투손실의 1/20(Israelson, 1970)이하 이므로 이것을 무시할 수 있고, 주로 침투손실로서 수로의 포장 형식 및 상태, 수로 주변의 지하수위, 배수상태, 유속 및 수심 등에 의해 좌우된다(Kim, 1972).

배분관리용수량은 논 말단부에서 과부족 없이 배분하기 위해서는 정확한 물관리가 필요하지만 사실상 불가능하다. 송수 초기 수로에 물이 흘러 어느 정도 수위까지 상승하기 전에는 경지로 용수가 유입되지 않는다. 또한 송수 말기 용수 공급이 끝나고 난 후 수로에 남아있던 용수 등은 경지에 이용되지 못하고 손실되게 된다.

이러한 배분관리 손실량의 측정은 대상지구의 시점부와 말단부의 연속적인 유량측정 및 용수가 유입되는 지거에서 수위의 시간적 변화를 측정함으로써 그 손실량을 측정하였다. 시점부와 말단부에는 수위계를 설치함으로써 연속적인 수위를 측정하였으며 지거에서의 수위변화는 지거에 스테프를 설치하여 그 스테프를 목측함으로써 측정할 것이다.

수로손실은 수로에서의 손실량 전체를 측정하는 것으로 측정구간에 대하여 유입-유출법(Inflow-outflow method)(Chaudhry, 1993)을 사용하여 구하였다. 대

상수로의 시점부와 말단부에 수위계를 설치하여 연속적인 수위를 측정하였고, 유속을 측정한 후 유량을 산정하였다. 이때 발생하는 차이로부터 수로의 손실량을 산정하였으며 유량측정은 수로구간에서 유속계를 사용하여 측정하였다. 유속측정방법은 수로수심이 1 m, 0.6 m일 경우를 기준으로 1 m 이상이면 3점법, 0.6 m 이하이면 1점법, 그 외의는 2점법을 채택하였다(Kim, 1984; Kim, 1999).

유속계와 수위계를 이용하여 유속과 수위를 측정하여 유량을 산정한 후, 이를 이용하여 수로손실량을 추정하였다. Fig. 2는 수로손실측정 구간을 도식적으로 나타낸 것이다. Fig. 2에서 Q_{sm} 은 지선이나 지거로 분류되는 유량이고 l_m 은 m구간의 거리, Q_m 은 m구간에 흐르는 유량을 나타낸다. 그러나 대상수로에 따라 전체 수로 길이에 차이가 있어 정량적이 수로의 손실률을 파악하기 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 수로의 단위길이(km)에 대한 손실률은 산정하여 비교분석하였다.

$$\text{수로손실률 (\%)} = \frac{Q_L}{Q_1} \times 100$$

$$\text{여기서, } Q_L : \text{수로손실량 } Q_L = Q_1 - \left(Q_n + \sum_{i=1}^n Q_{si} \right)$$

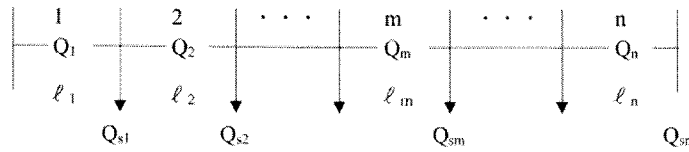


Fig. 2 Diagram of canal measurement

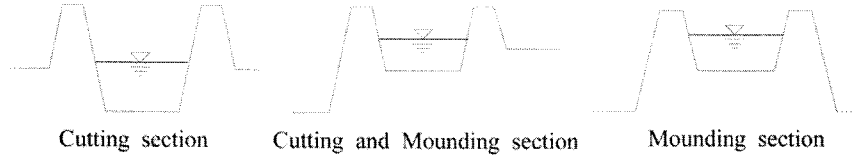


Fig. 3 Section type to investigation the delivery water loss

배분관리손실을 유형별로 분석하기 위하여 용수간선 및 지선의 분수공과 말단에서 유량을 측정하고 배수지거 및 용수지거에서 손실되는 양을 산정하였다. 또한, 토공수로에서의 손실은 수로의 표고와 주위 경지의 표고와의 차이에 의해 영향을 받을 것으로 판단되어 수로를 Fig. 3과 같이 3가지 유형으로 분류하여 분석을 실시하였다.

대상지구별 측정시기는 2001년 5월부터 2002년 9월 까지 각 지구별 1회에서 5회 까지 실시되었다. 2회, 3회, 5회 측정 시에는 토공수로와 콘크리트 수로 모두 유사가 퇴적되고 특히 토공수로는 수초가 많이 자라고 있었다. 현장 수로의 상황을 고려하기 위해 특별한 조치 없이 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 송수손실

Table 3은 콘크리트 간선과 지선에서의 총 손실률과 단위 길이(km)에 대한 손실률을 정리한 것이다. 콘크리트 간선수로에서 손실률 산정결과 3.37~7.60%로 나타내었으며 평균 6.13%의 손실이 발생하였고, 콘크리트 지선수로의 경우 평균 4.08%의 손실이 발생하여 총 평균 콘크리트 간·지선수로의 손실은 5.11%인 것으로 나타났다. 간선과 지선 수로의 총 길이의 차이로 총손실량은 간선 수로가 지선 수로 보다 다소 크게 나타났으나, 단위 길이에 대한 손실률은 지선 수로가 평균 2.88% 크게 나타났다.

Table 3 Summary of conveyance water loss in concrete canals

Item	Canals	Water loss	May	Aug.	Sep.	Average
Canal	C ₁	Total ratio(%)	3.37	7.60	7.41	6.13
		Unit ratio(%/km)	1.05	2.38	2.32	1.92
	L ₁	Total ratio(%)	-	3.90	2.80	3.35
		Unit ratio(%/km)	-	4.86	3.50	4.18
Lateral	L ₂	Total ratio(%)	4.14	5.95	4.42	4.80
		Unit ratio(%/km)	4.14	5.95	4.42	4.80
Mean		Total ratio(%)	3.76	5.82	4.88	4.08
		Unit ratio(%/km)	2.60	4.40	3.41	4.49

토공수로에서 조사된 송수손실률의 범위는 2.54~44.8%로 콘크리트 수로보다 변화폭이 컸으며, 수로마다 손실률도 큰 차이를 나타내었다. 간선수로에서는 평균 11.69%, 지선수로에서는 20.21%의 송수손실이 나타났고, 지선수로가 간선수로보다 평균 8.54% 손실률이 크게 나타났으며, 단위 길이에 대한 송수손실에서도 지선수로가 간선수로 보다 평균 13.75% 크게 나타났다(Table 4).

수로별 조건과 측정횟수의 차이로 손실률 범위에 차이가 나타날 수 있으나 일반적으로 통수량이 많은 진위간선(C₄)과 고덕간선(C₅)이 평균 3.38%와 6.84%로 다른 간선에 비하여 상대적으로 손실률이 적게 나타났고, 수로의 상태가 열악하고 규모도 적은 편인 방아지선(L₆)이 36.46%로 매우 높게 나타났다. 다른 6개 간·지선에서는 평균 15~19%로 유사한 값들을 보이고 있다. 전체적으로 콘크리트 수로에 비해 많은 양의 손실을 기록하고 있으며 평균 간선 11.69%, 지

Table 4 Summary of conveyance water loss in earth canals

Item	Canals	Water loss	May	Jul.	Aug.	Beginning of Sep.	Middle of Sep.	Ave.	
Canal	C2	Total ratio(%)	-	-	16.88	-	-	16.88	
		Unit ratio(%/km)	-	-	4.95	-	-	4.95	
	C3	Total ratio(%)	-	-	19.65	-	-	19.65	
		Unit ratio(%/km)	-	-	8.63	-	-	8.63	
	C4	Total ratio(%)	2.54	2.85	3.94	3.85	3.74	3.38	
		Unit ratio(%/km)	2.55	3.09	4.27	4.12	4.16	3.61	
	C5	Total ratio(%)	-	-	6.50	7.18	-	6.84	
		Unit ratio(%/km)	-	-	2.65	-	2.93	2.79	
	Lateral	L3	Total ratio(%)	-	-	15.19	-	-	15.19
			Unit ratio(%/km)	-	-	16.82	-	-	16.82
L4		Total ratio(%)	-	-	15.31	-	-	15.31	
		Unit ratio(%/km)	-	-	10.68	-	-	10.68	
L5		Total ratio(%)	13.83	16.70	18.78	19.27	-	17.15	
		Unit ratio(%/km)	6.52	6.25	8.38	-	6.25	6.85	
L6		Total ratio(%)	26.46	42.90	40.98	27.26	44.80	36.46	
		Unit ratio(%/km)	22.81	28.41	57.91	37.97	37.97	33.58	
L7		Total ratio(%)	-	-	19.26	14.65	-	16.96	
		Unit ratio(%/km)	-	-	29.18	-	22.43	25.81	

선 20.21%에 이르고 있다.

시험지구의 용수로에서 측정한 결과에 의하면 콘크리트 수로에서의 송수손실은 평균 5.7%를 나타내어 현행 설계기준에서 제시하고 있는 5%와 비슷한 값을 나타내었다. 토공수로에서의 송수손실률은 평균 16%로 나타났으며, 본 연구의 결과 설계기준과 다르게 지선수로의 손실량이 간선수로 보다 8.5% 크게 나타났다. 토공수로의 송수손실량이 지선에서 간선보다 크다는 것은 기존의 연구에서도 입증된바 있다 (Koo, 1982; Joo, 1985). 이는 수로의 통수량에 따른 손실량 분석 결과와 같이 유속의 영향과 현장 조건에 따른 수초 및 수로 관리 상태의 영향이라고 판단되며 현실적인 관개용수량 산정을 위해서는 이상과 같은 결과의 적용이 적합하다고 판단된다. 특히, 방아지선(L6)의 경우는 토공수로이기 때문에 발생하는 손실 이외에 수로의 파손 등으로 인해 발생하는 손실이 큰 비중을 차지하는 것으로 조사되어, 지속적인 수로의 유지보수를 통한 용수손실을 방지가 필요할 실정이다.

2. 배분관리손실

4개 지구에 대해 배분관리손실량 측정을 위한 조사 및 유량측정을 하였다. 1회 급수사상에 대하여 전체 공급된 유량의 거동을 알아보기 위해 주요 지점을 대상으로 수위를 측정하고 그 지점의 총유량을 산정하였다. Fig. 4는 건천양수장과 고잔저수지의 수로에서 실시한 실험 결과이다. 초기 공급량에 대하여 Canal flow2는 분기되어 관개된 후의 유량을 나타내며, Canal flow1은 분기되기 전 유량에 Canal flow2를 합한 양이다. 따라서 초기 공급량과 Canal flow1의 차이는 수로에서 발생하는 수로 내 송수손실이 되고, 마지막 지점의 유량은 사용되지 않고 말단에서 손실되는 수량이다. 또한 용수로의 규모에 따라 각 소규모 수로로 도수되고 관개가 이루어지는 시점별로 발생하는 손실을 조사하기 위해 간지선, 용수지거, 배수지거 말단에서 손실을 실험하였다(Table 5).

Fig. 3과 같이 건천 양수장 지구는 총 공급량 7,600 m³에 대하여 수로말단 손실량은 1,024 m³으로 수로 내 송수손실을 포함하여 총 29.9%의 손실이 발생하였다. 고잔저수지 지구는 총 73.2%, 방아지선(L6)은 74.6%, 5-2호지선(L9)은 40.7%의 손실이 발생하였다. 이상의 결과에서 고잔저수지의 경우 콘크리트 수

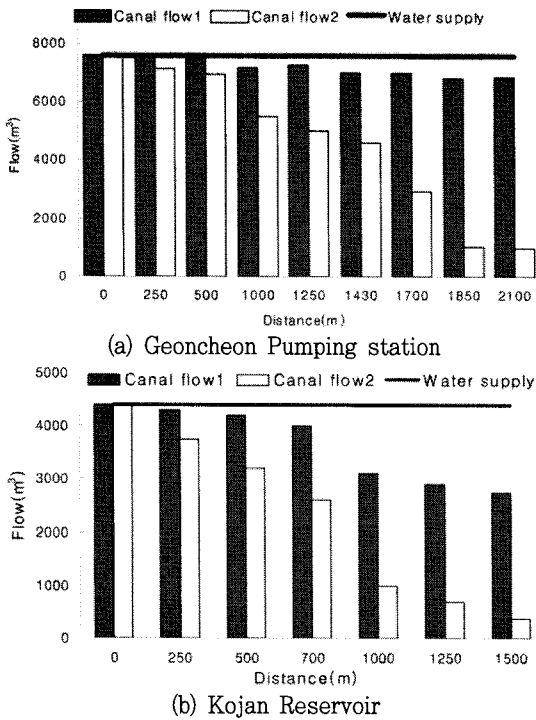


Fig. 4 Delivery Water loss in pumping station and reservoir district

Table 5 Summary of delivery water loss including conveyance water loss

District	Supply	Total	Delivery water loss							
			Conveyance water loss		End of irrigation ditch				End of drainage ditch	
			m³/s	%	m³/s	%	m³/s	%	m³/s	%
Pump	0.234	29.9	0.004	1.7	0.033	14.1	0.018	7.7	0.015	6.3
Reservoir	0.091	73.2	0.034	36.9	0.001	1.1	0.021	23.3	0.011	11.8
L8	0.192	74.6	0.086	44.8	0.005	2.6	0.005	2.4	0.048	24.8
L9	0.226	40.7	0.030	13.3	0.000	0.0	0.002	0.9	0.060	26.5
Ave.	0.186	54.6	0.039	28.8	0.010	4.5	0.012	8.6	0.034	17.3

로인 것을 감안할 때 많은 송수손실을 나타내었는데 이는 시점으로부터 800 m 지점의 잠관에서 많은 손실이 일어났으며 용수로에서도 파손된 곳에서의 손실이 많이 일어나기 때문인 것으로 판단되었다. 방아 지선의 경우도 수로내 설치된 수로관에서 대부분의 손실이 발생한 것으로 나타났다.

용수간 · 지선에서의 말단손실은 건천양수장 지구에

서 14.1% 발생하였으며 나머지 수로에서는 적은 양의 손실이 발생하였다. 반면에 용수지거 및 배수지거에서의 손실량은 많은 편으로 각각 평균 8.6%와 17.3%의 값을 보이고 있어 배수지거에서의 손실이 특히 많은 것으로 나타나고 있다. 연구지구별로 배분관리 손실은 29.8%에서 37.1%까지의 차이를 보이고 있으며, 양수장 지구는 37.1%, 저수지 지구는 36.2% 지선 지구는 평균 30.85%를 나타내어 총 평균값은 33.75%에 달하고 있다. 따라서 배분관리손실의 경우 용수간 지선의 말단부 손실은 크지 않은 것으로 나타나고 있으나 각 용수지거 및 배수지거 말단에서의 손실이 많이 발생하여 관개 시 많은 손실량을 차지하는 것으로 나타났다.

건천양수장 및 고잔저수지의 경우 수로와 시설물의 유지관리가 미흡한 특이지역으로 가정하고 본 논문의 송수손실 실험 결과 콘크리트수로 5.15% 토공수로 간선 11.67%, 지선 20.21%를 사용하여 배분관리손실을 산정하면 약 33.3%부터 50.0%까지 평균 43.0%의 배분관리손실이 발생한 것으로 산정된다.

3. 수로유형에 따른 손실

Fig. 5는 토공수로 간선의 유형에 따른 손실률을 나타낸 것이다. C(절토단면)에 비하여 CM(절성토복합단면)에서 더 높은 손실률을 보였다.

Fig. 6은 지선 토공수로의 유형에 따른 손실률을 나타낸 것이다. 전체적으로 손실률은 성토단면, 절성토복합단면, 절토단면의 순으로 나타났다.

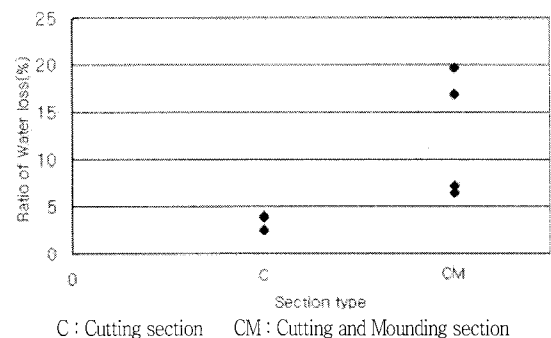


Fig. 5 Ratio of water loss for each section type in canals

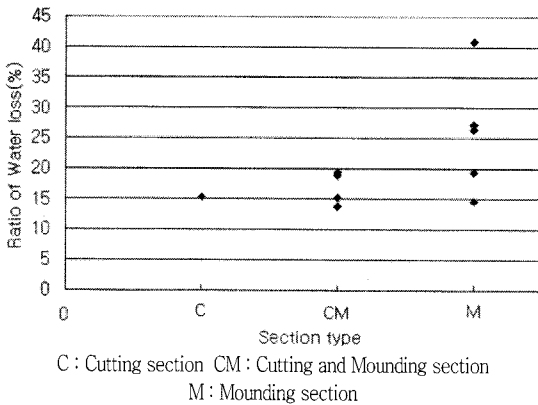


Fig. 6 Ratio of water loss for each section type in laterals

토공수로에서의 손실률은 유형에 따라 정도의 차이는 있지만 그 차이를 분명히 보여주고 있다. 이는 토공수로의 경우 침투에 의하여 수로 손실이 많이 이루어지는데 성토부분과 절토부분의 토양의 상태에 의해서 그런 이유도 있지만 주위의 경지에서의 수위에 영향으로 절토단면의 경우 오히려 경지로부터 유입되는 양도 있을 것으로 판단된다.

IV. 결론

본 연구는 현재 연구와 정립이 미흡한 관개용수로에서의 손실량을 합리적으로 산정하기 위해 4개의 지구를 대상으로 수로의 종류, 규모, 유형별로 실험을 실시하였다. 현장 조건을 최대한 고려하여 송수손실과 배분관리손실을 실험하였으며, 수로 설계에 주로 고려되지 않거나 송수손실과 분리되어 정립되지 않은 배분관리손실을 양수장, 저수지, 지선 지구로 구분하여 실험하였다.

1. 송수손실 실험 결과 콘크리트 수로에서의 송수손실은 평균 5.7%를 나타내어 설계기준에서 제시하고 있는 5%와 비슷한 값을 나타내었다. 토공수로의 간선은 11.7%, 지선은 20.1%를 나타내어 설계기준의 20%, 15%와 다소 차이가 나타났으며 지선수로의 손실량이 간선수로의 손실량보다 토공수로의 경우 8.4% 크게 나타났다.

2. 송수손실 실험의 단위 길이별 결과는 콘크리트 수로의 경우 4.3%, 토공수로의 간선은 4.99%, 지선은 18.74%로 나타났다. 콘크리트 수로와 토공수로의 지선은 총 손실량과 큰 차이가 없었으나 간선의 경우 약 두 배 가량의 차이가 있으므로 간선은 총 수로연장에 가장 민감하게 손실이 발생하는 것으로 판단된다.

3. 유형에 따라서는 성토단면에서 가장 높은 손실률을 보였으며 절토단면에서 손실률이 가장 적었으며 통수량이 증가함에 따라 단위길이 당 손실률은 적게 측정되었다.

4. 배분관리손실 실험 결과 용수간지선의 말단부 손실은 크지 않은 것으로 나타났으나 각 용수지거 및 배수지거 말단에서는 각 평균 8.6%와 17.3%로 크게 나타났고, 총 배분관리손실은 양수장지구 37.1%, 저수지구 36.2%, 지선지구는 평균 30.85%를 나타냈다.

5. 배분관리손실에 동일지구의 특이손실을 고려한 송수손실을 포함시키면 평균 54.6%의 손실이 발생하는 것으로 나타났고, 본 연구의 송수손실 실험 결과를 사용하여 배분관리손실을 산정하면 약 43%의 손실량이 발생하는 것으로 산정되었다.

본 연구의 결과는 수로의 규모 및 종류에 따른 세부적인 연구로 합리적인 관개용수로 손실량 산정에 도움이 되리라 판단된다. 또한 농업용수확보를 위한 수원공 설계에 있어서 송수손실률을 10~20% 적용하고 배분관리손실량을 별도로 반영하지 않는 경우나 논 관개용수를 포함한 농촌용수의 지역별 연차별 수요량을 조사한 '농촌용수 수요량조사 종합보고서'(MAF, 1999)에서 송수손실을 12.7%, 배분관리용수 손실률을 11.0%로 하여 총 23.7%의 손실이 있는 것으로 분석한 것과 비교할 때 약 2배의 차이를 보이고 있으므로 합리적인 농업용수량 산정을 위해 관개용수로의 체계적인 송수손실 연구와 배분관리용수손실의 고려가 필요하다고 판단된다.

References

1. Joo Seuk Hun, 1985. Field Investigation and Analysis of Water Loss and Flow Capacity in Earth Canal, Master thesis : Seoul Uni-

- versity (in Korean).
2. Koo, Ja Woong, Lee, Ki Choon, Kim Jai Young, 1982, A Study on Calculation of Water Loss Ratio in Irrigation canal, Journal of the KSAE, Vol.24(2): pp. 55-66 (in Korean).
 3. Kim, Chul Hoi, Chung, Ha Woo, Ryu, Ha Yeol, 1972, Research on the Loss of Irrigation Water Flowing in the Earth Channel, Journal of the KSAE, Vol.14(3): pp 2703-2715 (in Korean).
 4. Kim, Sun Joo, Chung, Ha Woo, Kim, Jin Su Kim, Ahn, Byung Ki, Lee, Kun Hu, Lee, Nam Ho and Chung, Sang Ok, 1999, Irrigation and Drainage Engineering, Dong Myoung Sa (in Korean).
 5. Kim, Shi won, Choul Ki Kim and Ki Chun Lee, 1984, agricultural Hydraulics, Hyang Mun Sa (in Korean).
 6. Lee, Yong-Jig, 2005. An Investigative Study for the Estimation of Irrigation Water Requirement in Paddy Land, Ph.D. Dissertation : Konkuk University (in Korean).
 7. Ministry of Agriculture & Forestry Republic of Korea, 1998. Design Standard of Farming Scale Improvement Project (in Korean).
 8. Ministry of Agriculture & Forestry Republic of Korea, 1999. Comprehensive Report of Agricultural Water Requirement (in Korean).
 9. M. Hanif Chaudhry, 1993, Open-Channel Flow, PRENTICE HALL, Englewood Cliffs, New Jersrey 07632 (in English).
 10. Orson W. Israelson, 1970, Irrigation Principles and Practices pp. 80, 115-150 (in English).