

농업용수로 손실량 측정 및 원인분석

Measurement and Analysis of Water Losses in Irrigation canals

*주 옥 중 · 김 진 택(농업기반공사)

*Joo, Uk-Jong, Kim, Jin-Taek

Abstract

Measuring of Water Losses in irrigation canals have been done in 4 irrigation area. Four concrete canals and nine earth canals have been measured by the inflow-outflow method. The results obtained in this experiment were that the loss rates in the main irrigation canal and the secondary irrigation canal were 11.54%, 19.29% respectively. And the loss rates in concrete irrigation canals were 4.77%.

I 서론

우리나라의 농업용수의 사용은 경지면적의 감소에도 불구하고 증가하고 있다. 99년도 농림부에서 확정한 농업·농촌용수 종합이용계획에 의하면 농촌지역의 용수 수요량은 97년 172억^m에서 2011년 179억^m으로 7억^m이 늘어나는 것으로 나타났다. 이렇게 물 수요가 늘어나는 이유로는 첫째, 수리시설의 노후로 관리손실량이 과다하게 발생하고 아직도 용수로의 60%가 토공수로로서 수로손실량이 많기 때문이며 둘째, 영농작업의 기계화와 영농방식의 변화, 발작물에서의 용수공급 요구 등 영농환경의 변화때문이며 셋째, 생활수준 향상 때문이다. 그러나 2011년에는 우리나라가 물부족국가가 되는 상황에서 물 절약을 통하여 안전급수를 하여야 하는데 가장 중요한 문제점의 하나인 수로에서의 손실량은 많을 것이라고 추정할 뿐 정량적으로 추정하기에는 자료가 미비한 상황이다. 현재 설계기준으로는 수로손실을 15%, 관리손실을 11% 적용하여 용수손실율을 26%정도로 추정하고 있으나 관련자료가 미흡하다. 그러므로 용수의 효율적인 관리 및 절약을 위해서는 수로손실에 대해 유형별 손실량을 분석하고 손실 유형별 저감대책 수립 및 제시가 필요하게 되었다. 이러한 시점에서 본 연구의 목적은 농업용수 수리관리 손실량에 대해 조사하고 그 원인을 분석하는 데 있다.

II 수로손실 기준 및 연구현황

농지개량사업설계기준(관개편), 농촌용수계획설계 편람, 신고 농업수리학에 수로손실의 기준을 나타내고 있으며 그 기준들을 정리하면 <표 1>와 같다.

김 등(1972)은 '토공수로내에서의 용수손실에 관한 연구'에서 간선수로, 지선수로 및 지거에서 수로손실율을 측정하였다. 1978~1979년 농어촌진흥공사에서 실시한 농조수

<표 1> 기존 문헌상의 수로손실 기준

구분	용수간선	용수지선	용수지거
토공수로	15~25%	10~20%	10%
구조물수로	5~7%		

리구조물 조사사업에서 전국 17개농조 26개지구의 43개 수로에 대하여 유입·유출량법과 저류법에 의하여 수로내의 손실과 침투에 의한 수로손실을 측정하였다. '박'(1980)은 '토공

수로에서의 삼투량 손실에 관한 연구'에서는 1979년 9월부터 1980년 9월 사이 전국 77개 소의 농지개량조합 구역의 흙 수로에서 토질별 침투량 변화를 저류법에 의한 침투량 측정 방법으로 조사 분석하였다. 具등(1982)은 관개용수로의 수로손실을 산정에 대한 연구에서 호남평야일원의 공사지구와 성덕지구를 대상으로 실시하였다. 유입·유출량법과 저류법에 의하여 수로내에서의 손실과 침투에 의한 수로손실량을 측정하였다. 周(1985)는 '토공수로의 도수손실 및 통수능에 관한 현장조사분석'에서 경기도의 5개 지구를 선정하여 수로손실을 측정하였다. 수로손실은 유입·유출법으로 측정하였으며 침투손실량은 infiltrometer를 사용하여 측정하였다. 기존의 연구에서 측정된 용수로에서의 손실을 침투손실과 관리손실로 나누어 정리하면 <표 2>과 같다. 또한 용수로에서의 수로손실량과 수로손실율을 정리하면 <표 3>와 같다.

<표 2> 용수로 침투손실과 관리손실 (단위: $10^6 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$)

구 분	침투손실량	관리손실량	수로손실	침투손실 백분율(%)
측정2*	1.68	17.7	19.38	8.7
측정4**	1.65	34.68	36.33	4.5
측정5***	3.47	134	137	2.5
평균	2.27	62.13	64.24	5.2

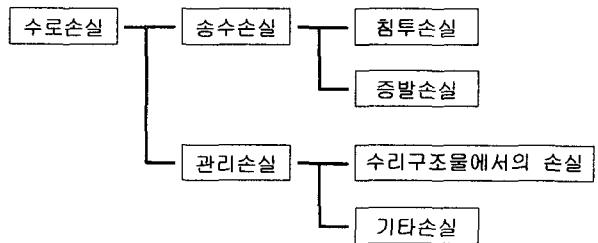
* : 농조수리구조물 조사사업
 ** : 관개용수로의 수로손실을 산정에 관한 연구
 *** : 토공수로의 도수손실 및 통수능에 관한 현장조사분석

<표 3> 용수로에서의 수로손실량과 수로손실율

구 분	수로손실율
간선	14.23%
지선	27.22%
지거	10.38%

III 실험방법

포장에서의 손실은 수로 자체에서의 송수손실과 관리손실로 구분할 수 있다. 송수손실은 용수가 수로를 통해 포장까지 도수하면서 나타나는 손실을 말하며 관리손실은 수로에서의 손실 중 송수손실을 뺀 것으로 구분하였다. 송수손실은 수로유변으로 침투되는 침투손실과 증발손실로 나눌 수 있으며 관리손실은 그 종류 및 형태가 다양하다. 그 중 손실량이 많을 것으로 생각 되어지는 수리구조물에서의 손실을 따로 구분하여 수리구조물에서의 손실과 기타손실로 나누었다. 수리구조물에서의 손실은 수로내에 설치되어 있는 문비, 낙차공, 수로터널, 잠관등이 있으며 이 구조물들이 시간의 경과 및 관리 등의 이유로 손실이 일어난다. 그 이외의 손실은 기타손실로 구분하였는데 농민들이 간이로 설치해 놓은 펌프, 호스관에 의한 손실, 동물에 의한 구멍에 의한 누수 등이 다양한 형태로 존재한다.



<그림 1> 수로손실의 분류

수로손실은 수로에서의 손실량 전체를 측정하는 것으로 측정수로구간에 대해서 유입·유출법(Inflow-outflow method)를 사용하여 구하였다. 유량측정은 수로구간에서 유속계를 사용하여 측정하였다. 침투손실량은 E.A Moritz의 공식을 사용하여 산정하였다. 증발손실량은 수로의 수표면적에 인근 기상대의 증발량 자료를 곱하여 산정하였다.

IV 실험대상

본 연구의 실험대상지구는 농업기반공사 평택지구 및 안성지구 관할 구역내에서 규모와 절성토여부 등을 고려하여 이동지구, 고삼지구, 금광지구, 고덕지구의 4개 지구를 선정하였다.

수로의 선정에 있어서 토공수로에서의 손실은 수로의 고도와 주위 포장고도와와의 차이에 의해 영향을 받을 것으로 판단되어 수로를 <그림 2>에서와 같이 3가지 유형으로 분류하였다. 또한 수로의 규모별 구분에 있어서는 간선, 지선으로 구분하였다. 수로의 선정에 있어서 규모 및 절성토의 3가지 그룹을 고려하여 선정하였다. 콘크리트 수로의 경우는 콘크리트로 구조물화된 오래된 정도와 규모에 따라 선정하였다. 콘크리트수로손실량 측정을 위하여 선정된 수로는 <표 4>와 같다. 토공수로에서의 수로손실량 측정위해 선정된 수로는 <표 5>와 같다. 간선수로 4개와 지선수로 5개이며 절토단면 2개, 절성토복합단면 5개, 성토단면 2개이다.

V 결과 및 고찰

수로에서의 수로 손실량을 측정하기 위하여 3회에 걸쳐 유입·유출량법에 의하여 측정하였다. 2회, 3회 측정 시에는 토공수로는 수초가 굉장히 많이 자라고 있었으며 콘크리트 수로의 경우 역시 유사한 퇴적되어 쌓여 있는 곳을 중심으로 수초가 상당량 자라고 있었다.

<표 6>은 콘크리트수로에서의 손실율을 나타낸 것이다. 그 평균값은 4.77%이었으며 값의 범위는 2.8~7.59%정도이었다. 또한 간선이 지선에 비하여 약간 큰 값을 나타냈는데 그 차이는 크지 않았다. <표 7>은 토공수로

① 절토단면수로 ② 절성토복합단면수로 ③ 성토단면수로



<그림 2> 토공수로에서의 절성토단면 구분

<표 4> 수로손실 측정을 위한 콘크리트수로

수로명	길이 (km)	규 격 (B*H)	설계통수량 (m ³ /s)	설치 년도	비 고
진위간선1	2.2	4.0*2.3	5.772	2001	2001년 보수
진위간선2	0.7	4.0*2.3	5.772	1982	
방아지선	0.8	1.5*1.0	0.277	2001	2001년 보수
납사지선	1.0	1.2*1.2	0.163	1982	

<표 5> 수로손실 측정을 위한 토공수로

지구명	설치 년도	수로명	규 격 (지폭*높이*상폭)	설계통수량 (m ³ /s)	절성토 구분
고삼	1963	안택간선	1.2*1.0*3.2	1.175	2
		안택3호지선	0.5*0.7*1.2		2
금광	1961	금광간선	4.0*1.6*9.0	1.469	2
		금광7호지선	0.6*0.9*1.5		1
이동	1982	진위간선	4.0*2.3*10.9	5.772	1
		진위5호지선	0.8*0.8*3.2	0.734	2
		방아지선	1.0*1.5*1.8	0.277	3
고덕	1975	고덕간선	1.8*2.0*5.0	1.142	2
		고덕2호지선	1.0*0.7*3.1	0.177	3

절성토구분 1 : 절토단면 2 : 절성토복합단면 3 : 성토단면

<표 6> 콘크리트수로의 손실율 (단위 : %)

구분	수로명	설치 년도	1회 측정	2회 측정	3회 측정	평균
간선	진위간선1	2001	3.41	7.59	7.35	6.12
	진위간선2	1982	3.52	6.02	4.81	4.78
지선	방아지선	2001	-	3.9	2.8	3.35
	납사지선	1982	4.14	5.95	4.42	4.84
평균	평균		3.69	5.87	4.85	4.77

에서 측정된 손실율을 나타낸 것이다. 토공수로에서의 손실율은 평균 간선의 경우는 11.54%, 지선의 경우는 19.26%를 나타냈으며 값의 범위는 2~40%로 수로마다 상당히 큰 차이를 보였다.

콘크리트 수로에서의 손실율에 비해 그 변화폭이 상당히 컸다.

시기별로 볼 때 콘크리트수로 토공수로 모두 1회 측정에 비하여 2회, 3회 측정에서 약간 높은 값을 나타냈다. 이는 수초의 영향이 클 것으로 판단된다.

유형별로 보았을 때 토공수로의 경우 1번유형(절토단면)에 비하여 2번유형(절성토복합단면)과 3번유형(성토단면)에서 더 높은 손실율을 보였다.

이번 측정결과로서 구한 송수손실과 관리손실을 정리하면 <표 8>과 같다. 측정된 수로에 대하여 전체 손실량에서 송수손실량을 빼서 관리손실량을 구하였다. 간선수로에서의 관리손실량은 전체 손실량의 69%, 지선수로에서는 81%로 나타났다. 관리손실이 전체 손실에서 차지하는 비율이 가장 높았다. 또한 간선수로에서보다 지선수로에서 관리손실의 비중이 높았다.

V 결론

1. 콘크리트수로에서의 손실율은 평균 4.77%이었으며 토공수로에서의 손실율은 평균 15.9%이었다. 콘크리트수로에서의 손실율은 2.8~7.59%로 손실율의 값이 차이가 적은 반면 토공수로에서의 수로 손실율은 2~40%로 수로마다 손실율의 차이가 컸다.
2. 토공수로에서의 수로손실율은 간선수로의 경우 11.7%이었으며 지선수로의 경우 19.3%로 나타났다.
3. 토공수로에서의 손실을 송수손실과 관리손실로 나누어 본 결과 간선수로의 경우 관리손실이 69%를 차지하였고, 지선수로의 경우 관리손실이 81%를 차지하였다. 관리손실이 전체손실에서 차지하는 비율이 가장 높았다.

참고문헌

1. 김철희, 정하우, 유한열. 1972. 흙수로내에서의 용수손실에 관한 연구. 한국농공학회지 V.14 No.3
2. 정하우, 유한열. 1973. 흙수로에 대한 삼투손실량추정에 관한 실험적 연구. 한국농공학회지 V.15 No.1
3. 박상현, 김시원. 1981. 흙수로에서 삼투손실에 관한 연구. 한국농공학회지 V.23 No.3
4. 구자웅 외 3인. 1982. 관개용수로의 수로손실을 산정에 관한 연구. 한국농공학회지 V.24 No.2
5. 주석훈. 1985. 토공수로의 도수손실 및 통수능에 관한 현장조사분석. 서울대학교석사학위논문

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

<표 7> 토공수로의 손실율 (단위 : %)

구분	수로명	설치 년도	1차 측정	2차 측정	3차 측정	평균
간선	진위간선	1982	2.54	3.94	3.85	3.44
	고덕간선	1975		6.50	7.18	6.84
	안택간선	1963		16.88		16.88
	금광간선	1961		19.65		19.65
	평균		2.54	11.74	4.55	11.54
지선	진위5호	1982	13.83	18.78	19.27	17.29
	방아지선	1982	26.46	40.89	27.26	31.54
	고덕2호	1975		19.26	14.65	16.96
	안택3호	1963		15.19		15.19
	금광7호	1961		15.31		15.31
	평균		20.15	21.89	20.39	19.26

<표 8> 송수손실량과 관리손실량의 산정 (단위 m³/s)

구분	수로명	수로 손실량	송수손실량		관리 손실 량	비 고
			침투 손실량	증발 손실량		
간선	진위간선	0.066	0.0166	0.000690	0.0483	
	고덕간선	0.035	0.0221	0.000992	0.0114	
	안택간선	0.247	0.0360	0.001867	0.2096	
	금광간선	0.264	0.0256	0.001236	0.2372	
	(%)		29%	1%	69%	
지선	5호지선	0.066	0.0127	0.000433	0.0528	
	방아지선	0.080	0.0066	0.000264	0.0731	
	고덕2호지선	0.020	0.0043	0.000117	0.0160	
	안택3호	0.013	0.0027	0.000074	0.0106	
	금광7호	0.015	0.0037	0.000123	0.0108	
	(%)		19%	1%	81%	