



## 덕곡지구 대구획 경지정리 관수로의 설계와 시공

한 광 석  
(농지개량조합연합회 시험연구소)

### 1. 머릿말

농업용 관수로라 함은 관개용수를 수원공에서 포장까지 송수하기 위한 수로를 말하며 농도아래에 관을 매설하게 되므로 감보율이 줄어들며, 용수손실을 최소화하고 밸브 조작으로 관개할 수 있어 불관리가 쉽고, 특히 수초 제거나 토사퇴적으로 인한 준설작업이 필요치 않아 노동력이 절감되는 장점을 지니고 있다.

그러나 경지정리사업에서 관수로가 일반수로구조물보다 사업비가 비싸다는 인식과 시행 사례가 거의 없어 일부 시험사업지구외에는 적용되지 못하고 있지만, 시공후 유지관리가 편리하고, 기계화 작업 등에서 일반수로 구조물보다 훨씬 효율성이 크기 때문에 앞으로 경

지정리사업지구에는 관수로의 시행이 활성화 되어야 할 것으로 생각한다. 본고에서는 덕곡지구 관수로사업을 통해서 겪었던 내용을 중심으로 관수로를 설치하는데 필요한 설계 및 시공시 유의할 점과 착안 사항들을 제시해 보고자 한다.

### 2. 사업개요

#### 가. 지구현황

덕곡지구는 합천농지개량조합 관할구역으로 1965년도에 경지정리된 지구로써 경남 합천군청 소재지에서 북동쪽으로 24번 국도 및 907번 지방도를 따라 32.7km 지점인 낙동강에 회천이 합류되는 곳에 위치하고 있다.

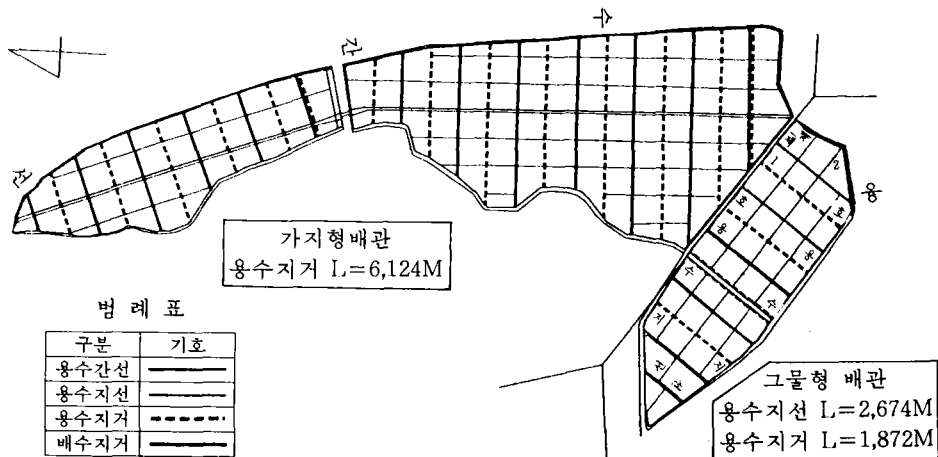


그림. 1. 덕곡지구 대구획 경지정리사업 관수로 평면도

지구의 지형은 비교적 완만, 경사를 이룬 농경지로서 동서구배는 1/300, 남북구배는 1/1,000의 경사를 이루고 있는 세장형의 모양을 하고 있다.

종전에는 필지규격(100×20~30m)이 작고 용·배수시설이 토공으로 토사퇴적 및 용수 손실량이 많았으며 기존의 농도가 1.5~2.0m로 협소하여 기계화 영농에 지장을 초래했던 지구이다. 용수원은 덕곡양수장(취입수량 0.56m<sup>2</sup>/s, 관개면적 180ha)을 이용하여 낙동강의 물을 취수하기 때문에 용수량은 풍부한 곳이다.

표-1. 덕곡지구 사업개요

지구명	덕 곡
위치	경남 합천군 덕곡면 울지, 병배, 학, 포두리
개발면적	구역면적 : 166.17ha 수혜면적 : 147.25ha
감 보 율	0.77%
수 원 공	덕곡양수장
총사업비	3,951백만원
사업기간	1995년 11월 - 1996년 5월(7개월)
사업시행	합천농지개발조합
사업효과	IRR : 10.77%    B/C ratio : 1.07

나. 주요공사내역

덕곡지구 대구획 경지정리사업은 대체로 농업기계화와 농지의 집단화를 이루고자 구획을 100m×100m로 대형화하고 용·배수로 및 농

로 등의 시설물을 현대화하는 것으로 총사업비는 3,951백만원(ha당 23,776천원)이고 용수로는 콘크리트거인 용수간선 1조 3,862m (B×H : 1.0~1.2×1.0~1.2m)를 제외한 전노선을 관수로화하여 가지형(수지식)은 14조 6,124m, 그물형(관망식)은 7조 4,546m로 총 21조 10,670m를 계획하였고, 배수로도 조립식 배수플름, 호안블럭 등으로 총 25조 12,861m를 대부분 구조물화로 계획 하였다.

표-2. 주요공사내역

공	종	사 업 량
정지공사	보통지균	165필지 104,662m <sup>3</sup>
	특별지균	21필지 40,196m <sup>3</sup>
	복 토	25필지 39,753m <sup>3</sup>
용 수 로	개 수 로	1조 3,862m
	관 수 로	21조 10,670m
배 수 로		25조 12,861m
도 로		1조 2, 869m
토양처리	객 토	3필지 39,615m <sup>3</sup>
	표토처리	3필지 10,294m <sup>3</sup>

한편, 관수로가 적용된 용수지선과 지거의 노선을 기준으로 용수로의 유형별 공사비를 추정해보면 공사비의 증가는 토공수로<조립식수로<관수로<타설식 수로의 순으로 나타났으며 표-3과 같다. 이 값은 본 지구의 특성에 한정된 비교치이며 다른지구에 단순 적용하는 것은 부적합하다.

표-3. 용수로 유형별 공사비(추정) 비교

(단위 : 천원)

구 분	토공수로(A)	수 로 구 조 물		관 수 로 (D)	증 감 율 (%)		
		타 설 식 B	조 립 식 C		(A-D)	(B-D)	(C-D)
m당 공사비 (%)	38 (44.2)	135 (156.9)	59 (68.6)	86 (100)	△ 48 (△ 55.8)	49 (56.9)	△ 27 (△ 31.4)

다. 관수로 계획현황

덕곡지구는 덕곡양수장에서 약 2km 떨어진

지점부터 지구내 용수로 유입점이 시작된다. 당초 용수간선이 지구내 중앙에 위치하여 각 경지에는 간선수위에 의한 관개를 하고 있어,

표-4. 관수로 계획현황

관 종	폴리에틸렌관(P.E관)의 7kg/cm <sup>2</sup> 압력관	
관경 범위	주 관 : $\phi$ 350~200mm(용수지선 : 2조, 2,674m, 용수지거 : 19조 7,996m) 급수관 : $\phi$ 75mm	
접합 방법	맞이음식(버트용착식)	
부대 시설	분수공 : 15개소, 계수공 : 5개소, 유말공 : 15개소	
급수 밸브	700개( $\phi$ 75mm)(라이프게이트밸브 : 138개, 농업용분사밸브 : 562개)	
급수보호통	조립식콘크리트제품	
배관 방식	가지형 : 지거14조 6,124m	그물형 : 7조 4,546m
	$\phi$ 200 : 3,400m $\phi$ 250 : 1,898m $\phi$ 300 : 826m	지선2조 2,674m, $\phi$ 250 : 6,680m $\phi$ 300 : 1,168m $\phi$ 350 : 838m 지거5조 1,872m( $\phi$ 250)

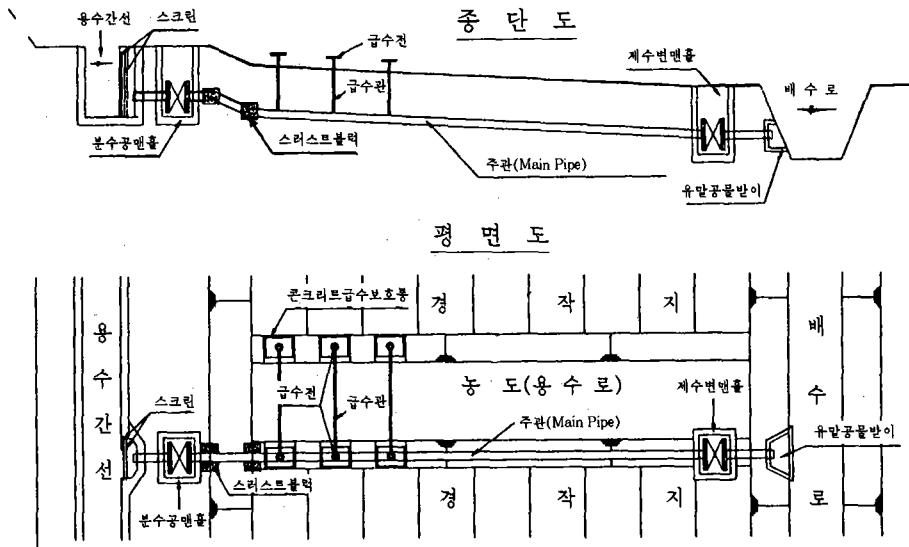


그림. 2. 가지형관수로의 일반도

계획설계시 지구상단에 용수간선을 계획하고 급수가능수두(최소 0.7m이상)를 확보하여 물 이용의 최적조건을 만들었다.

관수로 계획은 총구역면적 166.17ha중 128.97ha는 간선에서 지거로 분기하여 상류에서 말단까지 폐관로로 일정방향의 물흐름 계통을 따르는 가지형 배관을 채택하고 나머지 37.2ha는 용수간선 수두차를 이용한 자연압력식으로 용수지선과 지거를 폐합하여 물 사용 예측이나 순서에 관계없이 관개할 수 있는 그물형

배관을 채택하였다. 특히 그물형 배관의 채택은 농업용수로에는 처음 시도된 것이다.

### 3. 관수로설계와 시공현황

관수로 설계는 관수로를 구성하는 제시설과 기타 관련 수리시설 등과 유기적인 체계를 이뤄 제기능이 발휘되도록 하여야 하는데, 선정된 지구의 현장조사와 함께 수로조직을 개략구상하고 수리계산 등을 통한 관경 및 관종

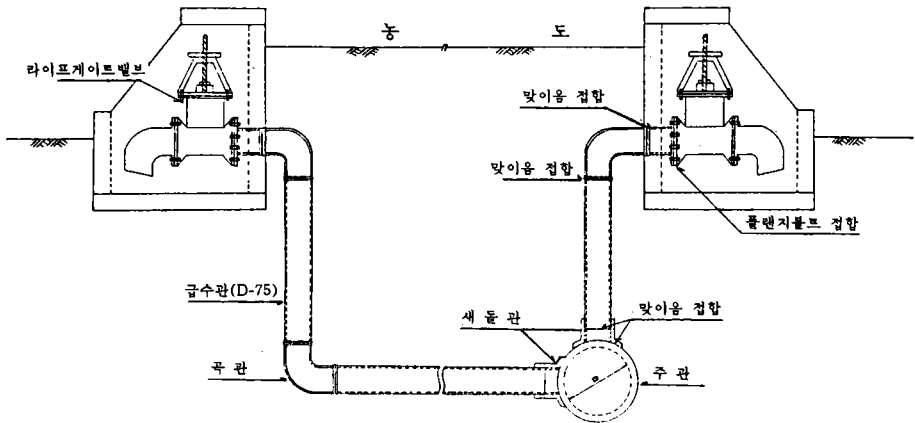


그림. 3. 급수관접합 일반도

선택과 부대시설의 구조적 기능적 안전성을 검토하여 관수로를 계획하였으며, 시공은 설계계획된 조건을 토대로 시공계획을 수립하고 현장여건에 맞춰 시공하였는데 그 순서는 대체적으로 굴착 → 기초처리 → 관배열 → 관접합 및 부설 → 통수시험 → 되메움의 순으로 이루어지나 지역여건에 따라 다소 다를 수 있다. 본고에서는 경지정리에서 관수로를 시행하고자 할때 착안할 사항들을 덕곡지구 관수로 사업을 통해서 겪었던 내용을 중심으로 소개하면 다음과 같다.

#### 가. 설계시 고려사항

- 1) 수두검토 : 급수가능 수두를 검토한 결과 2.5~5.4m(그물형)로 수두가 형성되어 별도의 가압시설이 필요치 않음
- 2) 관수로의 형식 : 일반적으로 농업용 관수로는 개방형보다는 자연수압을 이용한 폐쇄식이 많고, 배관상은 가지형이 대부분이나 평탄한 지형은 용수가 원활하고 수두형성이 가능하다면 그물형도 유리하다고 판단됨
- 3) 자재선정 : 농업용 관수로는 저압용 관수로(1.0kg/cm<sup>2</sup>)로 농업용 관특성에 맞는 제품 생산이 일반화되어 있지 않아 선택의 폭이 좁아 시공후 안전성을 위해서 요구이상의 제품

이 사용되고 있다. 본 지구에서 사용된 자재는 소구경관(φ400mm이하)이 대부분으로 관관보다는 부식의 염려가 없는 폴리에틸렌계통의 관을 사용하였음

#### 4) 설계시 착안사항

- 주관이음에 사용되는 부속자재의 접합 “폼” 물량 및 비용계상
- 관수로는 관개구역에 물을 공급하는 Main Pipe(주관)와 분수공, 제수공, 유말공 그리고 급수전 등의 부대시설물과 이를 연결해 주는 접속자재(P.E플랜지, 새들, 이경TEE, 정TEE, 곡관, 레듀샤, 밸브)가 있다. 대부분 설계할때는 노선연장을 기준자재(6m)로 나누어 접합 개소수를 산정하고 주요 시설물 이외 부속자재의 접합 개소수는 계상하지 않을 수도 있으므로 특히 유의하여야 하며 대체로 부속자재는 작업공정상 주관접합 및 부설이 선행된 뒤에 설치되어 공사가 마무리 되므로 사소한 부속자재도 접합에 필요한 “폼”의 물량 및 비용계상이 필요함
- 관수로의 토공작업량은 노선토공 공사와는 별도로 물량산출
- 경지정리사업은 용수로, 배수로, 농도 등 상호 유기적인 관계를 이루면서 작업이 추진되는데 관수로의 토공작업인 터파기, 기초처

리, 다짐, 되메움 등도 용수로 부지의 1차 토  
공정리가 선행된 후에 작업이 이루어지기 때  
문에 별도의 작업량 산정이 필요함

○ 관자재의 할증

공사용 재료의 할증을 명시한 건설표준품  
셈을 보면 조립식구조물은 3%, 강관의 경우  
는 5%의 할증이 명기되어 있지만, 폴리에틸  
렌관은 정확한 할증율이 명기되지 않았고 또  
한 한국수도협회에서도 재료할증의 명확한 자  
료가 없었다. 그러나 덕곡지구에서 사용된 수  
도용 P.E관(주관 및 급수관)은 유연성이 좋  
아 굴곡형성이 많고 접합시 절취면 제거 등이  
있어 할증률이 필요한데 시공결과 최소한의  
할증율로 2%를 계상하는 것이 타당한 것으로  
나타났다. 따라서 앞으로 관수로의 설계와 시  
공에 이를 참고함이 좋을 것이다.



사진. 1. 급수관 접합상태

○ 급수전의 밸브와 부속자재의 추가계상  
대구형 경지정리사업은 대체로 농지의 집  
단화를 이루고자 구획을 대형화하고, 기계화  
의 기틀을 마련하는 것이지만 현재에는 한필  
지(10,000m<sup>2</sup>)에 소유자가 최소 4인 이상이며  
몽리민 각자가 예전의 급수관행에 따라 소유  
자 필지별로 급수해 주기를 원하고 있다. 덕  
곡지구에서는 설계당시 토지소유자와 소유면  
적을 파악한 결과 1인소유 필지당 평균면적이  
약 2,000m<sup>2</sup>로 1ha당 급수전이 5개소가 필요  
할 것으로 예상되어 설계기준에서 급수전이 3

개소가 기준인 것과 대비하여 할증을 계상하  
였다.(5개소/3개소는 1.5배) 실제시공에서는  
일시이용지로 지정된 필지를 기준하여 소요되  
는 급수전 개소수를 산정한 결과 기준치에서  
산출된 급수전 481개보다 더 많은 679개가  
소요되었다.(41% 증가)

나. 시공상 고려할 사항

첫째 용수로 공정계획과 관수로 공정과의 사  
전검점으로 세밀한 시공준비가 필요

설계가 완료된후 사업이 착수되었을 때 현  
장에서 필요한 것은 공종별 공정계획표 작성  
이라 할 수 있다. 지역적으로 영농시기의 차이  
와 지역특성에 따라 공정계획은 변화될 수 있  
으나 분명한 것은 용수로의 공정은 못자리 설  
치 이전에 통수가 가능하도록 모든 조치가 이  
루어져야 한다는 것이다. 관수로작업은 관부설  
부터 되메움 및 급수밸브 설치까지 조속하고  
완벽한 시공이 되어야 하는데 차질없는 시공  
을 위해서 미리 관수로 공정계획을 세워야 한  
다. 본 지구에서는 계획물량을 접합 “품”을  
기준으로 접합인원, 소요일수 등을 계산하여  
경지정리 작업공정과 비교하고 인원 및 장비  
투입계획을 추정하였다. 계획된 관경별로 접합  
물량에 따라 계산한 값을 제시한다면 표-5와  
같으며, 여기에서 소요일수의 산출방법은 관자  
재의 특성을 감안하여 산출하였는데 현재 공  
인된 맞이음접합 “품”은 P.E수도관 1종을

표-5. 접합물량 및 소요“품”에 따른 소요연일수 산출내역

관경별 (mm)	접 합 개소수	접합“품” (인)	소요일수 (일)	중량비 계산 (3중/1중, %)	환산일수 (일)	비 고
75	1,963	0.144	282.7	72.8	205.8	
200	609	0.411	250.3	69.8	174.7	
250	764	0.475	362.9	69.7	252.9	
300	348	0.520	180.9	69.5	125.7	
350	149	0.374	55.7	73.1	40.7	기계접합 계상
합 계			1,132.3		≈800일	

기준한 것으로 본 지구에서 사용된 관자재는 수도관 3종(7kg압력관)이기 때문에 각각의 중량비를 근거로 나름대로 환산일수를 산정할 수 있었으며 이때 접합 “폼”은 1개소를 접합 하는데 소요되는 최장의 시간(보통인부)을 적용하였다. 그 결과값으로 노선공사중 용수로 공정계획에 맞춰 관수로 공사와 일치할 수 있는 기간을 추정하였는데 사업시기는 용수로부

지의 토공정리가 1차 완료되는 시점부터 가능했다. 덕곡지구에서는 시공계획상 '96년 2월 1일부터 4월 30일까지 총 90일간의 작업기간이 예정되기에 앞에서 산출된 총접합 환산일수를 기준으로 관수로사업의 투입인원 및 장비대수와 공정완료 예상기간을 계산할 수 있었으며 그 예는 표-6과 같다.

표-6. 공정완료예정기간 산출내역

구 분	총 접 합 소요일수(일)	투입인원 추정(인)	장비투입대수 추 정(조)	공정완료 예상기간		시 공 계 획	비 고
				작 업 일	작 업 기 간		
일수	800	9	3	89	2월1일~4월29일	2월1일~4월30일	

※ 장비투입대수는 접합의 원활을 기할 수 있는 3인 1조를 기준함.

한가지 고려할 사항은 다른 작업도 마찬가지로 지겠지만 관수로 접합 및 부설이 완료된 후에 계획변경으로 사업량의 증가나 재작업이 있을 수 있으므로 공정계획에 감안해줄 필요가 있는데 덕곡지구에서는 작업량 변동에 따라 1개월 정도가 더 소요되었다.

둘째 관부설 위치는 반드시 기선확인작업이 필요

노선 터파기는 시행전에 시공측량시 설정된 필지의 장변(100m)과 용수로(농도)·배수로 부폭과의 기선이 정확한지 재확인 작업을 거친 후에 실시해야 한다. 이는 관매설 후에 야기되는 급수관의 선형유지가 어렵고 경지규격의 정확성에도 문제가 발생되기 때문이다. 일반적으로 P.E제품은 유연성이 좋기 때문에 직선유지가 어렵고 또한 기초폭이 클 경우에는 부설관의 위치선정에 문제가 따르며 분기되는 급수관(급수밸브)의 위치선정에도 영향을 준다. 본 지구에서는 이런 염려를 최소화하기 위하여 관부설 위치에 깃발을 세워 기준선을 잡고 가급적 선형을 직선화 하였다. 그럼에도 불구하고 시공된 주관 10,735m와 급수밸브 679

개소를 설치하는데 따른 재작업은 여러가지 형태로 나타났으며 그 내용은 아래와 같다.

○ 급수관의 선형재작업 실시는 95개소로 약 14%를 차지했다. 이는 주관배열작업시 터파기 폭(0.5m이상)에 따라 관배열상태 불량과 배열지점 선정의 어려움 및 자재의 유연성에 기인한다. 그중 가장 큰 요인은 터파기와 주관부설의 직선화 작업인데 정확성을 기하기 위해서 깃발을 세우거나 관부설후 좌우에 말뚝을 박아 고정시키는 방안도 있었다.

○ 급수밸브 설치높이 재조정작업은 35개소, 약 5.1%로 그 원인은 정지작업이 완전히 되지 않은 상태에서 설치되어 나타난 현상이었다.

○ 급수관접합 완료후 확인 결과 급수관의 설치누락으로 추가작업(15개소)과 잘못 설치된 급수관의 제거작업(9개소)은 총 3.5%로 나타났는데 현장시공시 분기지점의 잘못 선정과 접합 직전에 급수관 위치 재확인 작업을 안했기 때문이었다.

이상의 유형을 종합해 볼때 전체 시공량 679개소중 재작업된 물량은 154개소로 총 22.6%의 재작업율이 나타났다



사진. 2. 노선타파기 및 관배열 상태

또한 급수밸브의 잠김불량으로 누수되는 곳은 21개소로 3.1%나 되는데 이는 밸브 자체의 결함보다는 주관 접합시 절취면 컷팅작업으로 유입된 P.E잔재가 통수시험시 부력에 의해 급수밸브의 토출구에 적체되면서 발생한 것으로 주관접합시 접합찌꺼기가 유입되지 않도록 유의해야 한다.

세제 주관과 급수관의 토공작업시 장비(백호우)로 인한 관 파손에 유의

관수로는 지하에 관이 매설되어 있으므로 다른 시설물 설치와 재작업시에는 터파기 및 되매움에 유의해야 하나 주관의 파손(5개소)과 급수관 파손(3개소) 및 노선 토공작업시

급수밸브 볼트접합 파손(4개소)등 총 12개소가 발견되어, 전체 시공노선 10,735m중 0.1% 정도로 하자율이 극히 미약하다고 볼 수 있다. 그러나 이들은 통수시험후 발견된 사항으로 재작업에 어려움이 많다는 점을 감안할때 간과해서는 안된다.

내재 농도는 담면과의 표고차를 낮게 유지하여 농기계 진입이 편리하도록 하여야 함.

조립식수로구조물(개수로)에서는 구조물의 안정성과 용수공급의 원활함을 위해서 농도성토높이를 최소한 담면보다 0.5m 이상으로 유지하므로 농기계가 경지에 출입하는데 불편함이 따른다. 그러나 관수로는 매설하기 때문에 농도와 담면과의 표고차를 최소화할 수 있어 농기계 출입의 편리성을 도모하고 기계화 영농에 부응할 수 있다. 덕곡지구의 경우 농도의 높이는 0.30~0.40m 범위내에서 시공하였다.

다섯째 공사착수후 곧바로 일시이용지를 지정하는 것이 관수로 시공상 바람직함.

일반적으로 일시이용지 지정작업은 공사기간중에 이루어지는데 보통은 2차정지작업이 완료되고 시행후 면적이 결정된 뒤 실시된다.

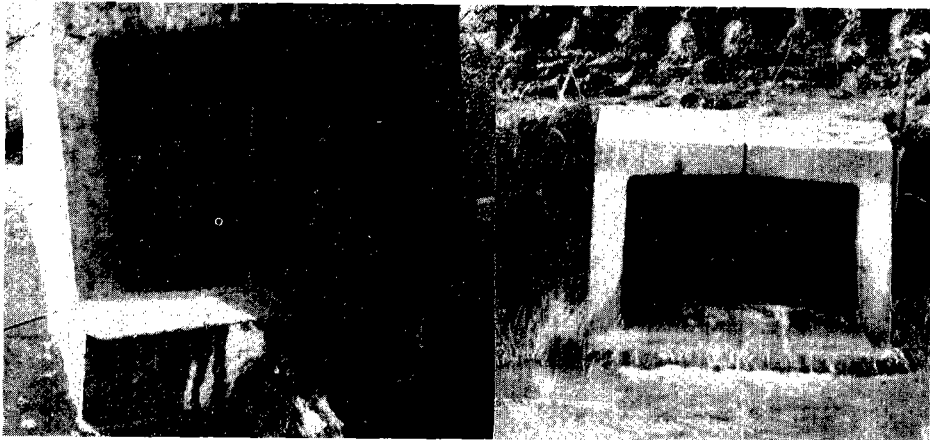


사진. 3. 급수밸브(좌 : 라이프게이트 밸브, 우 : 농업용분사밸브)

그 시기는 지역에 따라 차이는 있겠으나 3월 중순에서 4월말까지 진행된다.

덕곡지구에서는 특작재배를 배려하기 위해서 곧 바로 일시이용지 지정('96년 1월말 완료)을 실시하였으며 그 결과 정확한 급수관 위치 선정뿐만 아니라 일시이용지 면적이 1,000m<sup>2</sup>(300평) 미만인 경우는 1개 급수밸브로 인접 필지와 공동급수토록 하고(27개소) 등기상 소유자는 있으나 실경작자가 인접필지와 동일할 경우도 1개소로 급수밸브를 소유토록하여(15개소) 총 42개소의 급수밸브를 절감할 수 있었다.

따라서 관수로작업은 한정된 공사기간과 작업여건을 고려해 볼때 쉬운 공정은 아니기에 조기에 일시이용지 지정이 이루어 진다면 시공상 원할을 기할 수 있다고 본다.

#### 여섯째 대구획 경지정리사업에 그물형 배관의 적용 검토

본 지구에서는 지형이 평탄한 37.2ha의 단일 물리구역을 선정하여 용수간선의 수위를 이용, 송수계 관로(용수지선 2조 2,674m)를 지구경계에 배치하고 배수계(配水系) 관로(용수지거 5조 1,872m)를 배치(그림. 1참조)하여 폐합관망을 구성하였다.

그물형구역의 여건은 급수관행을 기준으로 상하구배는 1/1,000, 좌우구배는 1/350~LEVEL을 갖는 지형으로 용수간선 유입수위(EL+16.61m)와 수리적최원점(EL+14.11M, EL+11.20)과의 수두차는 2.5~5.4m이다.

관경 결정을 위해 설계에 적용한 그물형배관의 해석은 정상류해석으로 유량법인 Hardy-

Cross법과 수위법인 절점수두법을 적용, 계산 결과는 소요용수량(Q) 0.1385m<sup>3</sup>/s을 기준하여 관경범위는 용수지선은  $\phi$ 350~250mm, 용수지거는  $\phi$ 250mm로 결정하고 이때 유효수두는 1.95~3.01m로 나타났다. 시공결과 급수밸브 168개소의 전체 동시급수는 안되지만 급수불균형이 작게 나타나 지역고저차에 관계없이 임의 지점에서의 급수가 가능하여 영농의 편리함을 가져올 수 있었다.

#### 4. 맺음말

용수로에 관수로를 설치하는 것은 관개용수의 손실을 최소화하면서 노동력절감과 경지이용율을 최대한으로 증대시키는 큰 효과가 있다. 개거수로설치시 각 필지의 급수원할과 수로구조물의 안전성 때문에 종래 농도의 높이가 높게 되어 농기계 진입에 지장을 초래했던 점에서 벗어나 관수로는 매설하므로 인해 농도의 높이를 최소화하여 농도에서 경지에 장비출입의 편리함을 도모함으로써 영농의 최적조건을 이루는데 유리하다.

그럼에도 불구하고 경지정리 관수로사업의 설계와 시공은 이제까지 기준정립이나 체계화가 없어 일반화되지 않았기에 실제로 덕곡지구에서도 사업시행을 함에 있어 여러가지 문제점과 시행착오가 있었다.

그러나 향후는 앞에서 언급한 내용을 토대로 설계와 시공면에 세심한 계획을 수립한다면 앞으로 경지정리사업에 있어서 관수로사업의 파급효과는 물론 농업의 경쟁력제고에 크게 기여할 수 있으리라 판단된다.