

農業用管水路(Pipeline)計劃設計의 實際

Planning and Design Practice on Irrigational Pipeline

鄭 斗 喜*

Chung, Doo Hi

1. 머리말

우리나라의 농업기반조성사업을 주도해온 농어촌진흥공사는 4천만 국민의 주곡자급기반 마련으로 국가경제발전에 일익을 담당하여 왔으나 그의 농업토목기술은 답작위주의 소규모 영농형태에 적합하게 편협되어 발달된 경향이 있다.

더구나 우리나라의 농업개발사업과 농업정책은 각 각 경지에 대한 농업인구비의 과대로 소규모영농형태에 맞춘 기반조성과 추곡수매 등에 의한 농산물의 가격지지에 역점하여 왔는데, 이러한 것들은 농업선진국들에 의해 조성된 국제적농업환경과 너무나도 동 떨어진 상황 이어서 급기야 우리의 농업과 농어촌은 UR에 의해 일대 위기에 놓이게 된 것이다.

닥치지 않고서는 그 심각성을 느낄수 없는 것이 UR의 생리라고 하지만 이를 대비하여 뒤 늦게나마 국제적농업환경에 대처하기 위한 농어촌구조개선사업을 서둘러 하게 된 정부의 농업정책에 따라 농업개발형태가 급격히 변화하고 있으며, 이에따라 농어촌진흥공사의 농업개발사업 추진을 위한 농업토목 기술의 접근방식도 크게 변화되어 가고 있는 실정이다.

그 사례로써 필자가 참여하고 있는 영산강 III-1지구 대단위농업종합개발사업의 평야부 개발계획은 종전의 답작위주의 농지조성 형태를 탈피한 종합적인 토지와 물의 이용계획으로

써 농업용수의 급수형식도 논에만의 급수가 아니고 고수익 생산기반이라 할 수 있는 전답경용지에의 급수를 가능케하는 관수로 계획을 포함하고 있다.

지금까지의 전통적인 개수로 방식과 관수로 방식에 있어 양자의 우열을 단적으로 말할 수 없으나 영산강 III-1 지구의 관수로 계획실제는 농업토목 실무자들이 관수로에 대해 가져왔던 그간의 고정관념에서 어느정도 벗어날 수 있는 계기가 되었고 수로공 계획설계에 대한 새로운 기술개발의 전기가 되었기에 본고에서는 농업용수급수방식을 관수로급수방식으로 변경해야 할 당위성을 정립하여 보고 앞으로 관수로화에 있어서의 문제점과 개선방안을 제시하여 본다.

2. 농업용수 급수방식 변경의 당위성

우리나라 농업용수 급수방식의 시대적 변천 상황을 개괄하여 보면(표1)과 같은데 관수로에 의한 농업용수의 급수방식 도입은 점점 불가피하여 지고 있다.

가. 지하 Pipeline 급수방식의 유리성

지하 Pipeline은 각 관개지역에 물을 운송하는 매설파이프와 그의 기능을 효율적으로 발휘시키는 통기변, 제수변, 이토변, 스탠드, 스크린 등의 여러가지 부대장치로 구성되는데 일반적으로 이 수로조직은 송수와 배수에 있어 개수

*農漁業土木技術士. 農漁村振興公社 調査設計部長

표1. 우리나라 농업용수급방식의 시대적 변천상황

시 대	급 수 방 식	영 농 형 태
'40년대 이전	소규모 구역급수를 위한 수원공축조와 송수방식 미 발달에 의한 월담급수 방식	농업용수공급위주 급수 방식의 답작영농
'40년대 초~ '80년대 초	중규모 수원공 축조와 토공수로에 의한 급수방식	.
'80년대 초 ~ '90년대 초	대규모 수원공축조 및 수로손실 절감과 유지관리성을 고려한 Conc. 구조물 수로에 의한 급수방식	.
'90년대 이후	농업용수확보의 한계성을 고려한물 소비량 절감의 필요성및 지가폭등과 범용화 농지조성의 필요성등에 의한 관수로 급수방식의 대두	농업용수 수요위주 급수 방식의 전담경용 영농

로에 비하여 여러가지 유리한 점을 가지고 있다.

즉, 수로파이프가 지하에 매설되기 때문에 2~4%의 경지가 늘어나고, 농기계 주행등의 농작업에 지장을 주지 않으며, 암거나 다른 수로공작물이 필요없게 된다. 파이프가 적절히 매설되면 수로조직의 손상방지로 수로로써의 수명이 길어지며, 유지관리비가 저렴하고, 증발에 의한 용수 손실도 절감된다. 파이프라인은 압력으로 조작되기 때문에 구멍이나 계곡부에도 설치될 수 있어 개수로로는 접근이 곤란한 지역의 급수도 가능하며, 수초나 풍송되는 물질등으로 폐쇄되지 않을뿐더러 도시 및 농어촌 오폐수의 수로유입이 방지된다.

또 지하 Pipeline은 지가가 높은 지역에서 산재되어 있거나 고립되어 있는 지역에 물을 보내야 하는 경우에 수로로선의 용지매수 어려움이나 지형의 기록에 구애되지 않으며, TC/TM에 의한 물관리 자동화 시스템 도입에도 적합한 수로조직이라 할 수 있다.

이와같은 지하 Pipeline은 지형이나 수로의 규모에 따라서 일반적으로 라이닝개거 등의 콘크리트 구조물화 개수로에 비해 초기 투자비가 크지만 위에서 언급된 용지비 유지관리비 기타 관개지역의 여러가지 조건상 더 경제적이고 편리한 수로조직으로 평가 할 수가 있다.

나. 지하 Pipeline 급수방식의 필요성

지금까지 우리나라에서의 농업용수 Pipeline은 필요관종의 생산이 여의치 못하였고, 재질에 대한 신뢰성도 적었으며, 경제성도 못미치는 등의 문제점외에도 계획기술의 미숙이나 경험부족 등으로 그 설치가 활발치 못하였다. 따라서 암거나 잠관등의 부득이한 국부적 Pipeline 구간 외에는 오로지 개수로 설치가 당연시 되어왔으나 현재의 급격히 변천된 경제·사회 여건 아래서의 개수로는 적절한 농업용수 급수 시설로써의 한계성을 드러내고 있다.

그 대표적인 사유는 지가 폭등으로 인한 용지매수의 어려움, 인지의 발달과 자연환경 보전의식의 확산, 그리고 우리나라 전통적 지리관인 풍수사상과 배치되는 노선 배치로 발생하는 민원으로 인한 공사시행의 어려움, 농어촌 지역의 노동력감소에 따른 유지관리의 어려움 등이라 할 수 있다.

이와같이 개수로는 경제성, 시공성, 유지관리면 등에 있어서 그 설치의 어려움이 증가되고 있는 반면에 Pipeline은 상대적으로 이런면에서 유리하기 때문에 이의 도입의 필요성이 커지고 있는 것이다.

특히 UR시대에서 무한 국제경쟁을 해야 할 우리의 생산기반은 눈 위주에서 고부가 가치의 농산물생산이 가능한 밭으로의 전환이 요구되

고 있으며 이에 따라 밭 관개수단으로서의 Pipeline 도입은 그 필요성이 더욱 커질 전망이다.

경제의 발전, 핵가족화의 급속한 진전, 주부의 경제활동 확대등으로 우리의 식생활 형태가 고품질화·건강식화·편의식화·외식화 되어 가면서 주곡인 쌀의 소비는 계속 줄고 있다. 쌀의 소비량은 매년 2.4%씩 감소하고 있고, '98년부터는 3.0%씩 감소할 것으로 전망된다고 한다. '92년 기준으로 1인당 연간 소비량은 112.9kg이나 2000년에는 91.9kg, 2001년에는 67.7kg 수준으로까지 떨어질 것인데, 반면에 육류와 계란, 우유 등 유제품의 소비량은 1인당 연간 63.4kg에서 2010년에는 113.5kg으로, 그리고 채소와 과일은 162kg에서 195.5kg으로 늘어난 전망이라 한다.

'95년부터 농산물 시장이 개방되면 가격면에서 경쟁력이 약한 품목부터 무너지기 마련인데, 그 값이 국제가격의 6~9배나 되는 우리 쌀 농사가 입을 피해를 볼을 보듯 뻔한 것이다. 그러나 우리의 쌀농사는 농업소득의 41%, 농가소득의 27%를 차지하는 우리농업과 농민의 뿌리이기 때문에 우리의 쌀은 교역적 기능보다는 국토관리, 식량안보, 남북통일시의 식량공급 등 비교역적 기능에 더 큰 중요성을 부여하여 적정한 생산비 수준에서 적당량이 생산되도록 생산기반의 정비가 이루어져야 할 것이다.

반면에 화훼, 사과·배·참다래·감귤등의 과일, 신선한 채소, 약물작용 등의 발작물은 국내 소비량이 증가되고 있으며 국제경쟁력을 가질 수 있는 유망품목으로 간주되고 있으므로 밭의 현대적 정비를 통하여 이들을 고품질로 생산해 내야한다. 고품질 농산물이란 맛, 색깔, 모양, 냄새가 좋고 영양이 풍부하며 계절에 구애없이 생산되는 식품인데 이의생산은 적절한 물의 공급에 크게 좌우되므로 밭 기반정비에서 현대화된 용수시설의 설치가 가장 중요한 것이라고 볼 때 스프링클러관계를 가능케하는 지하 Pipeline의 도입은 당연하다고 하겠다.

3. 관수로 계획설계에 있어서의 문제점 및 개선방안

가. 관수로 설계기준의 정립

농업용관수로로 사용되는 관의 종류에서 강관은 고가라는 경제성문제와 부식우려의 내구성문제 등으로 인해 계획설계에서 제외되어 온 것이 사실인데, 이로 인해 관수로에 대한 설계기준도 콘크리트관이나 합성수지관에 치우쳐 정리되어온 경향이 있다.

특히, 고압관수로 설계에 있어서 가장 중요한 설계유속의 경우를 볼때, 콘크리트관, 합성수지관 그리고 강관은 재질이 매우 달라 차이가 있어야 하는데도, 획일적으로 설계유속을 규정하므로 해서, 고강도의 강관등에서는 상대적으로 경제성면에서 불리한 형편에 놓여 있었던 것도 부인할 수 없는 실정였다.

그간 강관이 농업용 관수로 계획설계에서 제외되었던 사유 몇가지를 간추리면

- 관체의 자재비용이 고가라는 선입감으로 농업용 토목자재로서의 실용성에 의문이 제시되었고,
- 강재부식에 대한 우려감과 내구연한에 대한 불안감이 있었으며,
- 토목용자재로서의 강관자재에 대한 지식이 타관종에 비해 일천하였고,
- 관수로 설계 특히 고압관 사용계획 자체가 농업용수 공급방식으로 계획한 경우가 거의 없다는 것 등이다.

이러한 문제점들은 대부분 용수계획을 최초로 하는 설계자들의 부담사항으로 강관관수로는 계획단계에서 부터 기피되어온 것이 사실이다.

그러나 이러한 이유로 강관선정이 기피되는 것은 한국수자원공사등에서 사업시행하고 있는 광역상수도의 주관로가 강관관수로인 점을 고려할때 대단히 잘못된 것이라 생각된다.

특히, 관중선정시 가장 주요 고려사항인 경

제성도 소구경관에서는 강관의 경제성이 다소 떨어지는 편이나, 대구경관의 경우 오히려 강관이 콘크리트관이나 합성수지관 보다 경제성이 있으며, 시공성이나 이음부의 완벽성등을 볼 때 고압 대구경인 관종은 다른 대안이 없다고 생각될 수 있을 정도로 강관이 유리하다.

따라서 앞으로 농업용수의 송수방식이 관수로 송수방식으로의 방향전환이 불가피하다고 볼때 관수로화 되는 주대상은 간선급이상의 수로일텐데 이럴경우 주요관종은 대구경관이며, 고압에 견딜수 있는 재질이고 시공경험과 실적이 풍부하여야 한다는 점을 감안할때 강관관수로 설계기준의 정립이 필요할 것으로 생각된다.

또한 근래에 와서 국가부존자원의 재활용 측면에서 볼때 콘크리트 제품보다 강재제품의 보급이 미래에 있어서의 자원확보차원에서 대단히 유리하므로 강관관수로 계획설계는 아주 적절한 것으로 보아 설계자가 범용할수 있는 설계기준의 조속한 정립이 필요하다 하겠다.

나. 물관리방식 및 양수방식의 개선

지금까지의 농업용수 공급방식인 개수로방식을 관수로방식으로 전환할 경우 단순히 공사형태나 시공재료의 변화 이외에도 경작방식이나 물관리 측면에서도 큰 변화가 예상된다.

개수로방식의 용수공급의 경우 수익자의 물 수요 의향에 거의 구애를 받지않고 취수구에서 취수량을 받아들여 도중에서 적당비율로 분수해가거나, 여수토방수로 또는 유말공등을 통해 수량을 조절하게 되는데 각 분수시설의 분수조절 권한을 공급자가 이미 파악하고 있으므로 해서 공급주도형 관리가 가능하다. 그러나 관수로의 경우는 수익자가 물수요의 필요성에 따라 급수변을 조작하므로, 수요량의 변동이 매우 크게 되어 공급자가 사전에 공급량을 예측하기 어려운 문제에 봉착하게 된다.

이러한 수요주도형 공급관리는 물수요의 효율성을 극대화한다는 이점이 있는 반면 시점부

양수능력이 수요량변동에 즉시 적응해야 한다는 대단히 어려운 측면이 있다. 따라서 앞으로의 관수로 계획설계를 위하여는 우선적으로 물관리방식을 정립할 필요가 있고 양수방식도 이전의 공급주도형 방식에서 탈피하여 수요주도형 공급방식에 적응할 수 있는 새로운 방식을 도입함이 불가피 하다 하겠다.

다. 계획설계의 성력을 위한 전산화 및 호형화

관수로의 설계급수량이 결정되면 수리계산에 의해 관경 및 양수방식등을 결정해야한다. 이의 결정에 있어서 시공성, 경제성, 급수효율성을 감안한 최적설계가 이루어 져야 하는데 종래의 수작업에 의한 계산으로는 상기의 조건을 만족시키는 최적 Simulation을 수행한다는 것은 거의 불가능하다. 그러므로 이에 상응하는 최적화 프로그램을 개발하거나 기존의 해석 프로그램을 변환하여 적용하여야 한다.

관수로 설계를 위한 전산화 흐름도를 작성해보면 다음과 같다.

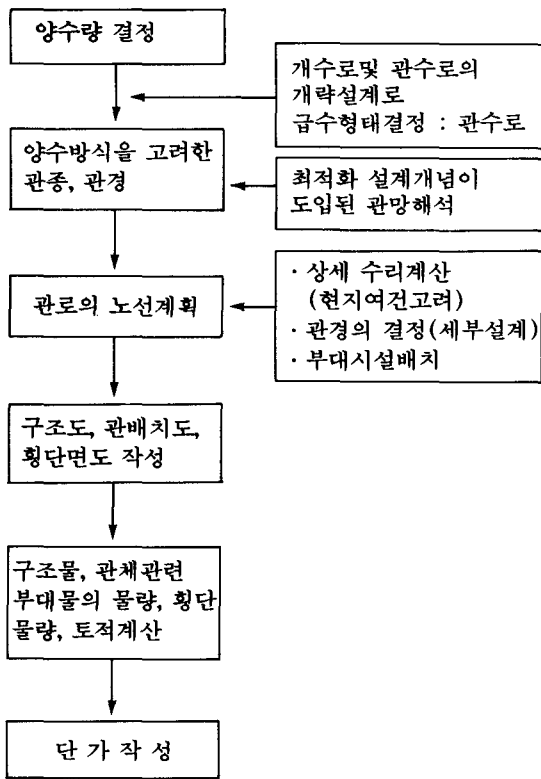
1) 계획설계의 전산화

관수로는 토목관련 전문분야 기술의 종합처리로 이루어지는 구조물로서 그의 계획 설계는 제반 경제적 급수여건 등을 고려하여 시행하여야 한다.

전체적인 물급수계획이 확정되면서 최적설계가 될 수 있도록 양정과 관경을 변화시켜가며 최적설계점을 찾아야 한다. 그리고 세부설계 과정에서는 노선 계획이나 도면작성등에 많은 시간과 노력이 필요하다. 따라서 최소인력과 최단시간으로 계획설계하기 위하여 다음의 사항들이 전산화 된다면 우리의 관수로 계획설계 기술발전과 성과품의 질향상 목표를 달성할 수 있을 것이다.

전산화 하여야 할 주요 공정은 다음과 같다.

- 관중, 관경, 양정결정을 위한 관망해석
- 관로노선의 종단계획(부대시설 배치 포



- 합)
- 관배치도 작성
 - 횡단도면 작성
 - 관물량, 부대시설 물량 및 횡단토량
 - 횡단토적계산서 작성 등
- 2) 계획설계의 호형화
- 호형화 해야할 대상 공종 및 구조물은 다음과 같다.
- 관체의 기초처리
 - 통기변 및 공기변실 구조도
 - 제수변 및 제수변실 구조도
 - 신축관 및 신축관실 구조도
 - 이토면 및 이토변실 구조도
 - 관체보호공 구조도
 - 분수시설 구조도
 - 스탠드 구조도
 - 스크린 구조도 등

3) 수작업에 의한 계획설계와 전산화 및 호

표2. 작업방법에 의한 관수로 계획설계의 비교

구분	수작업계획설계	전산화계획설계
· 관종, 관경, 양정의 결정	· 전체설계 기간의 촉박으로 몇가지 경우의 관망해석이 가능-경제적 설계 곤란	· 많은 Case를 Simulation하므로서 최적 관망해석이 가능-경제적 설계 유도가능
· 관로의 노선 계획 - 종단계획 - 부대시설 배치계획	· 종단표고가 그려진 방안지상에서 수리계산 · 부대시설을 종단상에 표기 - 비교노선 검토시 많은양의 계산 및 작업 필요 - 부대시설을 종단상에 표기후 관배치 계획도를 추가로 작성 - 종단계획시 부대시설자료 입력으로 추가 관배치 계획도를 작성할 필요없이 종단계획 완료후 자동생성	· 종단계획을 전산화(수리계산) · 종단계획 및 부대시설배치를 동시에 계획 - 비교노선 검토시 단순 Date만의 입력으로 작업시간 단축 - 수리계산의 오류발생가능성전무
· 횡단도 - 도면작성 - 도면작성	· 종단계획 완료후 횡단 측량자료와 종단계획과 및 관에 대한 자료를 토대로 횡단도작성 · 횡단도면 작성후 횡단물량산출에 많은 입력과 시간소요(기능적 업무)	· 종단계획이 완료되면 횡단 측량자료를 Data로해 횡단도 작성 - 비교노선 검토나 노선변경시 횡단도 재작성 불필요

- 노선토적계산	· 각 측정별 물량을 근거로 수작업이나 PC를 이용 토적계산(자료를 재입력)	- 횡단물량산출 및 노선토적 계산이 횡단도와 함께 자동산출
· 구조도 작성	· 관경 및 주위 여건에 따라 부대시설물 구조도를 작성 - 구조물마다 응력검토 후 도면 완성(철근배치, 벽두께, 기초두께) - 같은 형태의 구조물인 경우 표준도를 작성하여 호형처리를 하나 구조물의 규모에 따라 경제적인 구조물 설계가 곤란	· 부대시설물 구조물별로 구조도 작성 - 단면척수 입력으로 응력검토 및 세설계 시행후 도면 및 물량 자동 산출 - 각 구조물별로 응력검토가 되어 설계가 되므로 구조물의 최적설계 가능

형화에 의한 계획설계의 비교

종래의 개수로 설계방식을 도입한 관수로의 수작업에 의한 계획설계와 이를 전산화 하였을 경우의 계획설계의 과정별 비교를 하면 (표2) 와 같다.

4. 맺 음 말

농업용수급수를 위한 개수로 계획이 점차 어려워지고 있는 현실여건하에서, 설계 및 시공의 자유도가 대단히 큰 관수로방식은 앞으로 계획되는 농업용수개발사업에서 개수로보다 더 많이 기대되는 급수방식이다.

그간 농어촌진흥공사 연구원을 중심으로 관수로 계획설계 기술보급을 위한 기술개발이 상당수준 이루어져 왔으며 관수로 설계시공 지침서인 「농업용관수로 설계시공지침」이 발간 보급된지 이미 오래이다.

그러나 농업용수 공급방식의 관수로화에 접근하는 방식이 일본등지에서 이미 1960년경에 시행되던 말단부 포장용수 공급방식에 국한시킨 경향이 있어 최근 급속히 확대보급되고 있는 주간선의 관수로화와 고압관수로화라는 본질적인 의미의 관수로와는 다소 거리가 있다.

이러한 관수로 접근방식은 경제성 대비시에 내압관수로의 장점인 통수단면 축소등을 배려하지 못함은 물론, 시설자재인 관종의 선정도 저압관 위주의 관점에서 접근하므로써 비경제적이 될수밖에 없다.

또한, 이러한 말단부 포장용수 급수위주의 관수로화 경향은 ①간선수로가 지금까지의 개수로 형식을 그대로 유지하므로 인해 용수의 수로손실, 자연파괴, 민원발생의 우려를 그대로 상존시키며, ②말단부 급수를 위한 관단면설계에 있어 소요통수량만에 의한 단면설계가 아닌 유지관리등을 감안한 필요이상의 단면설계를 불가피하게 하고, ③통수의 원활을 도모하기 위한 부유물질이나 침전토사의 제거를 위한 정수지 및 말단 제진시설을 중복되게 하므로써, 상수도등에서와 같은 관수로가 갖는 여러장점을 제대로 구현할 수 있는 여건조성을 하지 못하였고, 이 때문에 더더욱 국내농업용수의 관수로화가 어렵게 된 측면도 있다.

영산강 Ⅲ-1지구에 계획설계된 관수로방식은 간선수로는 관수로화하고, 말단포장 급수로는 개수로화한 방식인데 이러한 관수로화 방식의 특징은 ①수로의 손실, 경관훼손, 자연파괴, 민원발생 우려를 최소화 할 수 있고, ②수원공에서의 고압을 송수관 전체에 걸쳐 모두 이용할 수 있으므로 가장 경제적인 단면설계가 가능하며 ③침전토사 제거장치등 부대시설의 운영이 수원공에 집중되어 있어 시설중복 우려를 최소화 할 수 있고, ④말단부 급수가 개수로방식에 의하므로써 온수취수가 가능함등이라 할 수 있는데, 이는 관수로의 장점을 최대한 구현할 수 있는 최적화 방식으로 볼 수 있다.

그러나 우리나라에 있어서 농업용수설계에 있어서의 관수로화는 아직 초기단계에 머물러

있는 실정으로 더 많은 사항에 대한 연구와 검토, 그리고 보완이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

앞으로 농업용관수로의 계획설계 및 시공에 대한 기술의 확대개발과 보급을 위하여 시급히 요망되는 사항은

- ① 간선수로 관수로화에 맞는 설계 및 시공 지침의 재정립,
- ② 관종별 특성에 맞는 설계방식의 세분
- ③ 물관리방식에 따른 양수방식의 정형화,
- ④ 설계방식의 확대보급을 위한 설계요원의 확보,
- ⑤ 계획설계의 성력화 및 기술의 보편화를 위한 설계방식의 전산화 도모,
- ⑥ 해외관련기관과의 기술교류 유지 등이라 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 농업진흥공사 농업토목시험연구소 · 1989, 농업용관수로설계시공지침
2. 일본수도강관협회 · 1985, 일본의 수도강관
3. Department of the Interior Bureau of Reclamation, United States. 1976. Canals and Related Structures
4. Department of the Interior Bureau of Reclamation, United States. 1978. Design of Small Canal Structures
5. American Society of Civil Engineers. 1981. Underground Plastic Pipe
6. Soil Conservation Service, USDA. Irrigation (Planning Farm Irrigation System)
7. A.M.Michael, India Agricultural Research Institute, New Delhi. Irrigation(Theory and Practice)