

전북지부 대간선 물관리 자동화 계획

Automation Planning of Water Management in the Great Main Canal of Jeonbuk District

천 상 진*
Chun, Sang Jin

농업기반공사 전북지부의 대간선과 수원공에 대해 근래 자동화 사업 기본조사를 수행하게 되었다. 오랜 역사를 통해 개발된 대규모 시설, 다양한 물관리 방법, 금강 2단계와 새만금 사업과의 연계성 등 흥미로운 사항이 있어 이와 함께 자동화 계획을 소개하고자 한다.

1. 시설 개요

전북지부의 주 수원공은 현재로써는 만경강 상류에 위치하는 대아, 동상, 경천 등 3개 댐과 금강호로부터 취수하는 나포 양수장이 있다. 동상댐은 대아댐 상류의 보조댐이며, 현재의 대아댐은 1923년 준공된 구(舊)댐 하류에 1989년 준공되었으며, 이때 여수토에 언정조절 문비가 설치되어 홍수조절 기능까지 수행하게 되었다. 경천저수지는 당초 간척개답으로 인해 물 수요가 늘어남에 따라 1935년 준공되었고, 수차례 극심한 한발을 거치며 1939년 동상저수지가 계획된 후 1966년 준공되었다.

3개 댐으로부터 방류된 물은 고산천을 따라 유하하여 대아댐으로부터 약 8km 하류에 위치한 어우보에서 취수되어 제1도수로를 거쳐 대간선으로 유입된다. 제1도수로와 대간선의

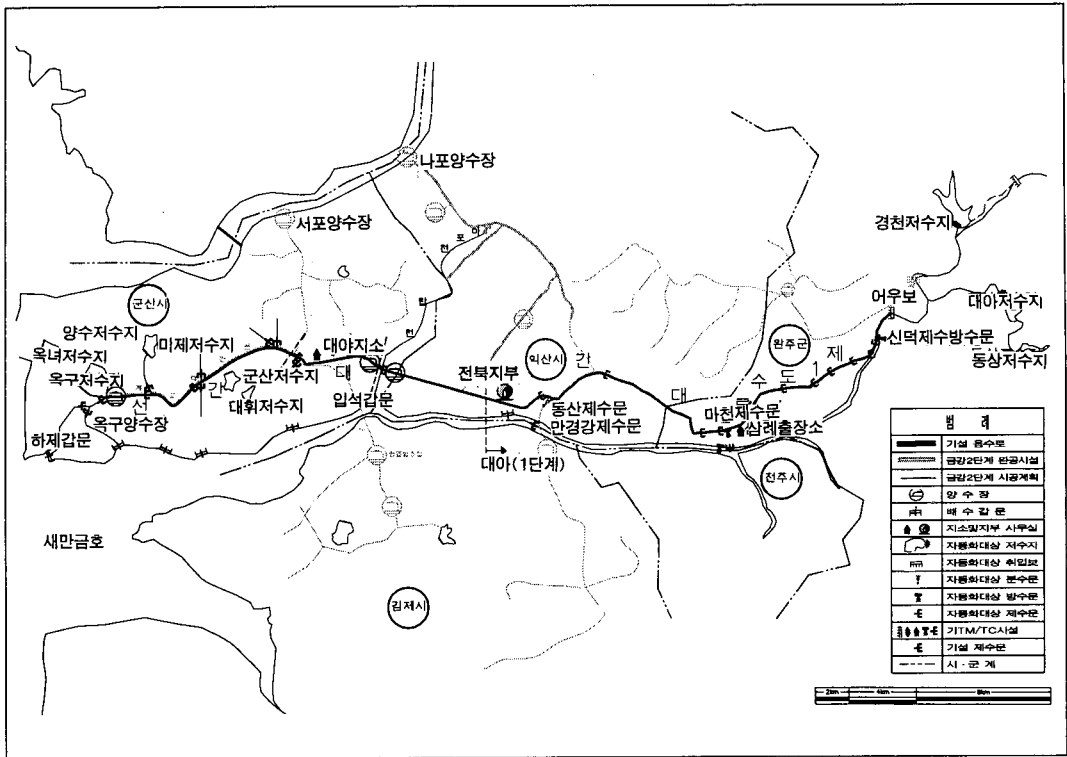
총연장은 약 58.5km에 달하며, 급수면적 약 5~2,305ha에 이르는 120여개의 분수문을 통해 전북평야에 급수한다. 제1도수로와 대간선은 1920~1922년간 자연천을 이용하여 토공으로 축조되어 장기간 이용하던 중, 삼투량과 유지관리비가 과다하여 1989년 이래 토공수로를 개거화하는 대간선 현대화사업을 시행 중이며, 제1도수로 구간은 평균적으로 폭 20m, 깊이 2.5m 정도로 시행완료 되었고, 대간선 부분은 폭 15~8m, 수심 1.5m, 구배 1/15,000 정도로 시공 중이다. 대간선 말단부 군산지역에는 물 부족현상을 개선하기 위해 옥구, 옥녀, 미제, 대위, 군산 등 5개의 양수저수지가 건설되어, 불규칙한 대간선 말단부의 유량을 양수하여 저류한 후 급수한다.

2. 현행 물관리

가. 수원공 운영

이수 측면에서 3개 댐은 현재 농업용수공급 및 완주, 익산, 군산 3개 권역의 생공업용수의 공급을 위해 연계 운영되고 있으며, 금강 2단계 사업이 시공 중인 현재, 선시공된 나포양수장과 익산도수로를 통해 금강호 물을 1~13

* 농업기반공사 용수관리처



〈그림 - 1〉 대야(1단계) 물관리 자동화 위치 계획 및 관련시설 현황도

m³/s 내에서 필요량에 맞추어 양수하여 3개 댐의 물과 함께 대간선 동산 제수문 이후 중하류부를 관개하고 있다. 전북지부는 2000년 총 191,800m³/day의 생공업용수를 전주시, 익산시, 군산시 등에 공급하였다. 대간선이 생공업용수를 수송할 때에는 가능한 배수 유입과 타 수원წყ으로부터의 급수를 차단한 후 맑은 대야호의 물만 유하시켜 급수하고 있으나, 경쟁력을 유지하기 위해서는 관수로 부설 또는 용배수 분리를 고려해 볼만하다. 장단기의 기상예보/예측은 관개와 홍수조절에 대비한 저수량 관리에 극히 중요하며, 3개 댐에 대한 물수지 모형이 개발되었고, 각 댐과 대간선 주요 지점에 강수량계와 수위계가 분산 설치되어 TM망을 형성하여 이용 중이다.

3개 댐의 취수량과 나포양수장 양수량은 각 댐의 저수량, 예상 수수량, 간접유역으로부터

유출량, 작물의 생육단계와 기상조건에 따른 필요수량, 급수구역별 관개효율, 생공업용수 공급량, 예상되는 기상조건, 예상 홍수조절 규모 등이 주요 인자가 되는 복잡한 함수관계로부터 결정될 것이며, 가능한 3개 댐의 물을 많이 이용하고 양수장 전력료를 절감하는 것이 유지관리비 절감 측면에서 유리하다. 전북지부에서 1995~2000년, 6개년간 부담한 나포양수장 전력료는 연평균 104,504천원이며, 양수량은 연평균 52,567천 m³이다.

나. 용배수 겸용수로와 용수 재이용

3개 댐으로부터 17,793ha를 급수하던 과거부터 물이 극히 귀하여 용수가 재이용되어 왔다. 대간선과 그에 연결된 간지선 수로는 1920년대 개발될 때, 제1도수로 구간 이후, 즉 마천

제수문 이후는 대부분 용배수 겸용수로로 개발되었다. 주변 물리지역과 비교한 대간선의 수로바닥 표고는 구간별로 상이하나, 지선과 지거 수로의 바닥표고나 수로경사가 하류 물리까지 수로내 수위만 상승시켜 급수하기는 곤란하므로 보통 수로로부터 양수하여 경지면에 급수한다. 이렇게 양수하여 급수하는 대간선의 물리면적은 주로 일제시대 경지정리 구역으로 전체의 약 60% 정도를 차지한다. 용배수 겸용 수로는 용수 재이용에는 유리하여 지구 내에서는 수차례 용수가 재이용 되는 경우가 보편적이다.

다. 제수문을 이용한 구역 급수량 조절과 수로 저류기능

부족한 수자원을 통제하여 적절히 분배하는 것이 중요하므로 과거에는 이른바 ‘천막급수’가 이루어 졌다. 구간별 분배는 크게는 대간선 제수문의 개도를 조절하여 구간별 수위를 제어함으로써 이루어졌고, 보다 철저하게는 급수 구역 이외에는 분수문을 닫아 통제하였다.

충분한 수로의 여유고와 단면 및 수로의 저류기능을 활용하여 공급과 수요의 변화에 대처하고 있으며, 제수문은 수로제어의 주된 역할을 수행하고 있다. 수로 구간별로 상이하나 제1도수로 구간에서는 각 제수문에서 주간에는 상류제어하나 야간에는 전개하여 물이 부족한 하류로 유하시키고, 나머지 구간에서는 상류제어하나 물이 부족하면 수로 내에 저류된 물까지 이용하는 저류기능까지 가진다. 전북지부에서 수로현대화사업으로 추진중인 대간선은 완만한 구배의 토공수로를 개거로 구조물화함에 따라 수로단면에 비교적 여유가 많아 수정구급수 등의 진보된 관개방법을 적용하고 자동화하기에는 유리하다. 상류로부터 유입량 또는 분기량이 변화함에 따라 흐름의 변화가

하류로 전파되고 따라서 제수문들은 연동하게 된다.

라. 대간선의 배수 기능

대간선은 수로바닥 표고가 낮아 우천시에는 배수로 역할을 한다. 대간선에는 다수의 분수문이 분기될 뿐만 아니라 다수의 배수로가 유입된다. 우천시에는 우선 어우보 취입수문과 신덕제수문을 닫고 수로 구간별로 방수문을 열어 강우 유입수를 배제하고, 하류의 옥구 양수장에서 양수하여 옥구 저수지에 저류한다. 강우 유입수가 대간선을 흐를 때 대간선의 수위는 급수시보다 높지는 않으나 대부분의 제수문을 전개하므로 부분적으로는 유량이 급수시보다 많을 수도 있다. 이러한 현상을 이용하여 대간선으로부터 분기되는 많은 분수문은 수로 내의 수위변화를 이용하여 개별 자동화할 수 있다.

마. 금강 2단계 사업 시행과 급변하는 관개 관행

유구한 역사를 가진 대간선의 기능은 금강 2단계 사업 추진과 함께 변모하게 된다. 금강 2단계 대단위 농업종합개발사업이 완료되면 나포와 서포 양수장이 금강호로부터 취수하여 각각 익산과 옥구 도수로를 거쳐 동산 제수문 이후 15,174 ha를 급수하고 재경지정리하여 도수로로부터 관수로 등을 통해 중력 관개할 계획이므로 금강 2단계 사업 시행과 더불어 대간선 물리의 관개관행은 급변하게 된다.

용배수 겸용수로는 물리민의 입장에서는 양수해야하고 공급자 측에서는 단면에 비해 통수량이 제한되기는 하나, 표고가 높고 유속이 빠른 개거와 흐름을 관측하기 어려운 관수로는 그간 운영하던 방법과는 다소 상이한 유지관리와 제어가 필요하고 점차 새로운 물관리

에 적용하게 될 것이다.

대간선의 동산제수문 이후 기능은 많이 감소할 것이나 현행 설계유량 산정 기준에 따르면 다소간 현실보다는 작게 산정되므로 관개 목적으로 수송하는 기능이 없게될 것인지는 의문이며, 대간선의 물리가 모두 재경지정리되기까지는 상당기간이 소요될 것이다.

바. 배수갑문과 새만금사업

3개 댐 이외에 전북지부의 중요한 치수시설로는 만경강과 금강 하구 방조제를 따라 설치된 약 30여 개소의 배수갑문이 있다. 현재 배수갑문은 급수 구역 말단부에서 용수 재이용 목적으로 제수문 역할을 수행하여 하천수위를 유지하나 강우시에는 조위의 승강에 맞추어 내수를 배제한다. 대표적인 배수갑문으로 만경강 제수문 (7m×4m, 9련), 입석 갑문(3m×4m, 7련, 3m×3m, 17련), 월하 갑문(8m×4.5m, 3련), 수산 갑문(3.8m×3.6m, 4련), 하제 갑문(2.3m×4.4m, 2련), 장산도 갑문(4m×3m, 4련), 입이도 갑문(2.9m×3.7m, 4련) 등이 있다.

이러한 갑문들은 현재로서는 내외수위 조건에 따라 수시로 조작해야 하고 갑문바닥에 토사가 퇴적되므로 조심스럽게 개폐해야 하며 염수에 의해 쉽게 부식되는 등 애로사항이 많은 시설이다. 새만금 방조제가 체절되면 조위의 영향을 받지않게 되고, 새만금호의 관리수위가 낮아 배수갑문의 역할과 용배수 관행은 크게 변화될 것이다.

3. 자동화 계획

가. 금회 사업 범위

전북지부 시설을 모두 자동화 하기에는 많은 기간과 사업비가 소요될 것이나, 금회에는

타사업 추진으로 급수체계에 변화가 발생하지 않을 부분만 포함하여 3개 댐의 취수 및 방류 시설, 어우보의 취입수문, 익산도수로 횡단지점까지 제1도수로와 대간선의 제수문과 방수문을 대아(1단계)로 포함하여 계획하였다.

나. 제어방법

자동화의 주목적이 관개효율을 개선하여 생산증대와 용수절약에 있다면, 수원공 운영 최적화에 의한 취수효율의 증대와 대간선의 분배효율을 개선하여 수송효율의 개선에 주안점을 둘 수 있다. 물론, 큰 제수문을 빈번히 작동하는데 소요되는 관리비 절감 효과와 정확한 제어에 의한 수로월류 등의 재해예방 효과 역시 클 것이다. 요컨대, 지배면적과 유량이 큰 제어시설을 우선 자동화함이 사업효과가 좋을 것임은 당연 할 것이다.

대간선의 각 제수문에서는 비례제어이론을 적용하여 정확한 상류제어, 각 분수문은 수위의 차를 이용한 개별 자동화, 지선에서는 AMIL 자동문비를 이용한 상류제어 등으로 구상할 수 있다. 물관리자동화의 범위와 방법은 유지관리 범위 및 방법과 직접 연관되며, 현재로써는 농민참여 부분이 불확실하다. 대간선 수계의 경우 대간선과 지배면적이 큰 지선까지를 궁극적인 자동화의 범위로 볼 수 있을 것이며, 제어방법은 공급자 주도형의 상류제어가 적절하다. 대간선의 자동화는 각 제수문이 인접 제수문의 승강에 의한 영향으로 수로내수위가 안정을 이루지 못하고 승강을 반복(Hunting)하는 상태가 발생되지 않도록 제어이론을 적절히 구사함이 필요하며, 적절한 제어이론은 수리(수치)모델링 등을 통해 검증하여 적용함이 안정적이다. 별산제수문은 이미 TM/TC 되어 일반 자동제어이론에 의해 상류제어토록 프로그램되었으나 강우유입으로 인

해 수위가 급히 변하는 경우에는 적절히 작동되지 않아 신뢰하기 어려운 상황이 발생하였음이 보고되었다. 수로의 자동제어 이론은 그간 수리학의 한 분야로 발전하여 개발·적용된 결과가 발표되었으며 이러한 공식을 대간선 자동화에 적용하여 원격수동이 아닌 자동화를 구현함이 필요하다. USBR의 Canal Automation Manual 제2권에 따르면 원격수동은 자동화가 아닌 것으로 분류되며 그 효과가 열등한 것으로 평가되어 있다.

다. 계획내용

3개 댐의 취수방류시설과 제1도수로 및 대간선의 제어구조물로 제수문 11개소, 방수문 3개소, 주요 분수문 2개소를 자동화 대상시설로 선정하였다. 자동화 대상 구간은 댐관리소, 봉동지소, 춘포지소 등 3개 지소가 관리하고 있으며 지부에서는 전반적인 계획, 조정, 감독을 담당하고 있다. 이러한 업무분장에 맞추어 댐관리소, 각 지소, 지부에 제어시설을 설치하되 지부에서는 모니터링하고 물관리 프로그램을 운영하며, 작동은 관련지소에서 하도록 계획하였다. 또한 각 제어실의 제어프로그램은 통일하도록 계획하였다. 또한 각 자동화 장소에는 RTU를 설치하고, 대아댐과 동상댐은 상습낙뢰 지역이므로 접지와 낙뢰방지에 철저를 기하도록 계획하였다. 용수로의 전동화된 편책권 양기에는 리미트 스위치, 개도계, 개도발신장치를 부착하고, 각 제수문 뒤에 낙차가 있어 자유유출(Free flow)이 발생하는 경우에는 상류에만 수위계를 설치하도록 계획하였다. 조사기간 중, 농업기반공사 농어촌연구원에서 협조하여 무선 Data 통신시험을 거쳐 모든 통신방법은 유지비와 운영비가 저렴하고 이상전압으로부터 가장 안정적인 VHF 무선통신으로 하고, 모든 하드웨어 시설은 공사 내의 자동화 관련

부처가 협의하여 결정한 사양에 따라 계획하였다. 제어계획으로는 수원공의 취수방류 시설은 원격수동으로 제어하고, 용수로의 제어시설은 원격수동과 자동제어 프로그램을 병행 구축토록 계획하였다.

선정된 시설은 전동화되어 있어 사업경제성이 양호하고, 대간선 단면과 수심에 여유가 많아 자동제어하기에 유리하다. 무엇보다도 운영자들이 이미 부분적으로는 TM/TC 시설을 설치·운영하여 왔으므로 기술수준이 높아 사업 성공 가능성이 높을 것으로 기대된다.

3. 향후사업 추진계획

물관리자동화 사업은 지금까지 수리시설 보수, 배수개선, 경지정리 사업 등 개별사업에서 시설자동화 위주로 사업이 추진되어 왔다. 금년부터 정부예산이 별도로 지원되어 기설 수리시설물 자동화는 농업용수자동화 예산에서 지원되며, 기타 사업은 농업기반공사 해당 지부에 중앙관리소가 설치된 경우에는 종전처럼 단위사업별로 시설자동화하여 중앙제어실로 연결하고, 신규로 설치할 중앙관리소는 향후에 설치할 자동화대상 시설물을 감안하여 규모와 용량을 결정함으로써 장비 및 P/G의 호환이 되도록 사업을 추진할 계획이다. 농업용수관리자동화 예산에서 지원될 본 지구는 금년 9월까지 세부설계를 완료하여 10월 중에 공사에 착공한 후 2003년 6월까지 공사를 완공할 계획이다.