

댐 규모 결정을 위한 의사결정지원시스템 개발

Development of Decision Support System for Reservoir Sizing

○노재경*, 김성준*, 이시현*, 채효석**

1. 서론

댐 규모는 이수기에 각종 용수가 고르게 배분될 수 있도록 이수용량이 확보되어야 하며, 여기에 홍수기에 댐 하류의 피해가 최소화될 수 있도록 홍수조절용량을 두어 결정되어야 한다. 즉, 이수용량은 댐 유입량과 강우, 증발에 따른 저수량이 안정된 용수공급을 할 수 있도록 해야 하며, 홍수조절용량은 설계홍수량이 유입될 시 댐 하류하천의 정해진 통수능을 초과하지 않도록 방류하면서 나머지를 저류할 수 있도록 해야 한다. 이를 위해 강우, 증발, 온도 등 각종 기상자료, 홍수 및 연속유출량 자료, 지형, 토양, 지질, 토지이용 등의 지상자료, 저수지 내용적 자료, 하천단면 자료, 퇴사량 자료 등 수많은 자료로부터 연속유출분석, 홍수유출분석, 퇴사분석, 용수수요량 분석, 이수기 저수량 변화분석, 홍수기 저수위 분석 등을 수행하게 된다. 실제로 이들 여러가지 분석을 하기 위해서는 각종 자료를 수집하거나 측정하여 요구하는 형식에 맞추어 정리하는데 많은 시간이 소요되며, 정확한 분석 결과로부터 의사결정자가 의사결정을 하는데는 그만큼 시간이 지체하게 된다.

따라서, 각종 자료의 입력, 수정 및 분석을 하는 자료관리시스템, 여러가지 수문분석을 하는 시스템, 그리고 분석결과를 도표 및 그래픽으로 표현하는 출력관리시스템 등을 통합하는 시스템을 구축한다면 통합 시스템을 이용하여 실무자가 쉽게 자료를 관리하고 여러가지 필요한 분석을 함으로써 여러가지 대안에 대한 평가를 시각적으로 쉽게 할 수 있게 되어 의사결정자는 보다 정확하고 신속하게 의사결정을 내릴 수 있게 될 것이다.

본 연구의 목적은 수자원 계획 실무자가 댐 건설 계획을 수립하는데 있어 여러가지 대안별로 댐 규모를 보다 정확하고 신속하게 결정할 수 있도록 의사결정지원시스템을 개발하는데 있다. 개발될 시스템은 지리정보자료가 구축이 돼 있든지 안돼 있든지 구애받지 않고 PC 상에서 구현되고, 시스템을 사용자가 보다 쉽게 사용할 수 있도록 사용자 편의시스템을 구축하고자 한다.

2. 댐 규모 결정 의사결정지원시스템의 구성

2.1 의사결정지원시스템의 기본 구상

최근 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어의 급진적인 발전과 더불어 수자원 분야에서는 '저수지 운영을 위한 의사결정지원시스템', '하천유역 관리를 위한 의사결정지원시스템', '수역 수질관리를 위한 의사결정지원시스템' 등 다양한 형태의 의사결정지원시스템을 적용함으로써 기존의 의사결정 과정을 보다 합리적으로 체계화하고 자동화하려는 시도가 활발히 진행되고 있다.

의사결정지원시스템은 의사결정계층인 상위관리층의 의사결정자들이 자주 고민하거나 부딪히는 부분으로서 주어진 문제의 범위가 모호하거나 비구조화된 문제를 해결하는데 효과적인 역할을 하도록 구성하여야 한다. 특히 의사결정 과정에서 발생할 지도 모르는 변화를 수용할 수 있도록 유연성과 적응성을 갖도록 설계하여야 하며, 컴퓨터를 이용한 시스템이므로 컴퓨터에 익숙치 않은 사용자들도 편리하고 친근하게 사용할 수 있도록 개발하여야 한다.

* 수자원연구소 선임연구원 ** 수자원연구소 연구원

따라서 댐 규모 결정을 위한 의사결정지원시스템은 수문기술자가 지역내 수문관측자료의 이용 가능 여부에 따른 설계홍수량의 산정, 일 단위의 연속유출량 산정, 일별 저수위 모의발생과 분석, 적정 여수로 규모 및 적정 홍수조절용량 결정 등의 문제를 효과적으로 해결할 수 있도록 구성하여야 한다. 또한 이미 언급하였듯이 이상의 내용들을 단순히 구조화시킴으로써 문제의 해결을 위한 답만을 제공하는 시스템이기 보다는 수문기술자가 전문적인 판단과 결정을 내려야 할 때 유연성과 적응성을 가지고 수문기술자를 도와줄 수 있는 시스템으로 설계하고, 사용자인 수문기술자 중심의 컴퓨터 시스템이 될 수 있도록 인간과 컴퓨터의 대화방식인 사용자 인터페이스를 최대한 편리하게 개발하여야 한다.

본 시스템의 사용대상자는 댐 개발계획에 종사하는 수문기술자가 될 것이다. 이와 같이 한정된 전문분야의 사용자들에게는 워크스테이션이나 PC든 별 문제가 되지는 않겠지만, 아직은 워크스테이션이 고가이고 OS가 Unix이기 때문에 가격면에서 유리하고 최근에 이르러 계산속도나 그래픽 처리기능이 워크스테이션의 성능에 뒤질 바 없는 펜티엄급 이상의 PC가 시스템의 실용화에 바람직한 것으로 판단된다. 사용자 인터페이스는 최근에 편리하게 GUI를 구현할 수 있도록 개발되어 보급되고 있는 Visual Basic 소프트웨어를 사용하도록 한다. 시스템내 각종 모델의 입력자료를 제공하게 될 데이터베이스는 수자원공사에서 구축중에 있는 수문정보 데이터베이스와 접속시키도록 한다.

현재 PC 환경의 GIS 소프트웨어로는 ARC/INFO, GRASS, GRASSLAND, IDRISI 등이 있으며, ARC/INFO와 GRASSLAND, IDRISI는 MS-Windows 95에서, GRASS는 Linux환경에서 사용이 가능하다. 미국 ESRI(Environmental Systems Research Institute)사에서 개발한 ARC/INFO는 현재 국내 여러기관 및 학교에서 가장 많이 사용되고 있는데, 워크스테이션용과 PC용 두 가지 형태가 있다. 이 둘간의 가장 큰 차이점은 PC ARC/INFO에서는 GRID 모듈이 제공되지 않는다는 것이다. GRID 모듈은 벡터자료를 래스터화시켜 셀단위 분석 또는 모델링이 가능한데, 본 시스템에서는 유역경계 추출, 저수지 내용적 산정, 수물지역 구분, 댐지점 유입량 산정 등에 필요한 기능이다.

1980년대 초에 미 육군공병단에서 개발한 공용 소프트웨어인 GRASS는 래스터 GIS로서 셀단위 분석 및 모델링이 가능한데 Unix 또는 Linux의 X 윈도우상에서 구동된다. 한편 캐나다의 L.A.S.(Logiciels et Applications Scientifiques inc.)회사는 MS-Windows 95 환경에서 GRASS를 사용할 수 있도록 GRASSLAND라는 소프트웨어를 개발하여 제공하고 있어 GRASS 사용자가 한층 늘어날 것으로 기대된다. 다만 기존의 GRASS가 가지고 있는 다양한 자료변환 기능이 아직은 완벽하게 제공되지 않고 있다. 1987년 미국 Clark Univ.에서 교육용으로 개발한 IDRISI는 래스터 GIS 및 영상처리 소프트웨어로서, 인공위성 영상자료를 이용하여 다양한 정보를 얻어낼 수 있다.

2.2 시스템의 설계

2.2.1 자료/정보 부시스템

자료/정보 부시스템은 수문정보 데이터베이스(DB), 지형정보 데이터베이스, 사용자 판단모듈로 구성한다.

수문정보 DB는 본 시스템 뿐만 아니라 현재 수자원과 관련된 다양한 업무의 효율적인 지원에 가장 기본적이고도 중요한 자료기반이다. 본 데이터베이스의 기능으로는 자료의 질의·검색기능, 사용자 요구자료의 출력기능, 사용자 판단을 위한 지원기능, 사용자를 위한 편의기능 등을 갖추도록 해야 한다. 데이터베이스의 내용중 기상, 강우, 수위자료는 수자원공사에서 기 구축 및 보완중

에 있는 용수이용 데이터베이스를 활용하도록 한다.

지형정보는 기본적으로 점, 선, 면 중의 하나로 분류하여 관리하여야 한다.

댐 개발적지 선정, 소유역 구분, 저수지 물수지 모의 운영 기준, 수요량 추정기준 등은 사용자의 판단에 따라 변하며, 이들과 관련된 사용자의 경험적 기준을 바탕으로 시스템 사용자가 시스템 운영 기준을 판단할 수 있도록 그 처리과정을 설계한다.

2.2.2 모델 부시스템

모델 부시스템은 크게 이수용량 결정을 위한 일별 저수지 물수지 모형과 홍수조절용량과 여수로 크기를 결정하기 위한 저수지 홍수추적 모형으로 구분된다. 일별 저수지 물수지 모형은 일 유출량 추정 모듈, 용수 수요량 추정 모듈, 퇴사량 및 퇴사분포 추정 모듈을 필요로 하며, 저수지 홍수추적 모형은 강우분석 모듈, 설계수문곡선 추정 모듈을 필요로 한다.

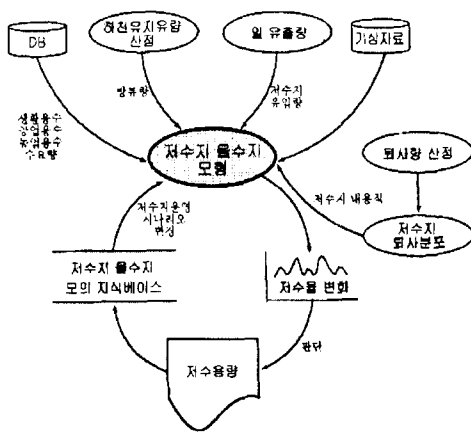


그림 1 저수지 물수지 모의 모듈의 흐름도

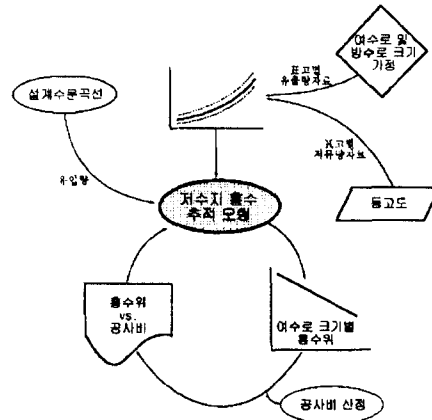


그림 2 저수지 홍수추적 모듈 흐름도

2.2.3 출력 부시스템

자료의 출력 처리기능으로는 크게 입력자료를 정리하여 출력하는 기능, 분석결과를 출력하는 기능, 사용자가 분석과정에서 선택한 내용을 정리하여 출력해 주는 기능을 들 수 있다. 여기서 분석결과를 출력하는 기능은 사용자가 원하는 내용을 그대로 출력시켜 주는 기능과 모델의 입력자료 또는 매개변수를 입력양식에 맞게 제공하여 주는 기능(모델-자료 인터페이스)으로 구분할 수 있다. 또한 분석결과를 화면으로 출력할 것인지 아니면 프린터로 인쇄할 것인지를 사용자가 결정하도록 하는 기능을 들 수 있다.

2.2.4 시스템 통합

시스템의 통합은 데이터베이스, GIS, 사용자 판단 모듈 및 수문분석 모델들을 상호간에 인터페이스시켜 이들을 그래픽 또는 문자로 검색, 디스플레이, 분석 및 출력하는 기능을 부여하는 것이다.

메뉴시스템은 Visual Basic으로 구성할 계획이며, 풀다운 메뉴방식을 골격으로 하고 사용자가 원하는 내용을 다양하게 선택할 수 있도록 Check 메뉴를 많이 활용할 계획이다.

대규모 결정 의사결정지원시스템 (RES-DSS)				
시스템 설명	자료	분석	출력	종료
RES-DSS 란?	문자자료	이수분석	도면출력	
시스템 정의	기상자료	일유출량	보고서출력	
내용	수위자료	퇴수량/분포		
자료	도형자료	물수지분석		
분석	기본도	지수분석		
출력	주제도	홍수유출		
색인		저수지 추적		

그림 3 대규모 결정 의사결정지원시스템 메뉴 구성도

3. 지형정보 데이터베이스 구축

3.1 대상지역 개요

청양댐 예정지역은 지천 하구로부터 약 11km 지점에 위치하며, 유역은 청양군 청양읍, 남양면, 대치면, 운곡면의 일부, 장평면의 일부, 부여군 은산면의 일부를 포함하며, 면적은 192.1km²이다. 유역내를 가로 흐르는 지천은 금강 하구로부터 약 65km 상류 지점에서 금강분류 우안측으로 유입하는 금강 제1지류로, 청양군 대치면 형산리 마사봉(EL. 380.0m)에서 발원하여 약 52km를 유하, 부여읍의 백제대교 상류 약 5km 지점에서 금강분류와 합류하게 된다.

기후는 한반도의 전형적 기후특성인 몬순기후권에 속하며, 하절기에는 해양성 기후의 영향을 받아 일반적으로 고온다습한데 반하여 동절기에는 대륙성 기후로 변하여 한냉건조하다.

인구는 1990년 기준으로 32.2천인이며, 인구밀도는 128인/km²으로, 전국평균 인구밀도 427인/km²에 비하면 상대적으로 훨씬 낮은 수준이다.

3.2 지형정보 데이터베이스 구축

본 연구에서 구축한 도형 자료는 기본도로서 수치고도모델, 하천도, 면단위 행정경계도이며, 주 제도로는 고도분포도, 경사분포도, 경사방향분포도, 토양도, 토지이용도, 티센망도, 수몰지역도 등이다.

수치고도모델(Digital Elevation Model, DEM)은 미국의 Defense Mapping Agency에서 제작·보급한 것으로서, 경위도 3초 크기의 격자에 대한 평균지반 고도값이 행렬 형태로 저장되어 있는 자료이다.

본 연구에서는 이 수치고도모델을 MS-Windows 95용 IDRISI(Ver. 1.01.005) 상에서 UTM(Universal Transverse Mercator) 좌표계로 변환하여 low-pass filtering 과정을 거쳐 100m×100m 크기의 격자로 재생성시켰다. 이렇게 작성한 수치고도모델은 래스터 자료로서 이로부터 유역 내의 고도 분포, 경사 분포, 경사방향 분포 등을 분석하였다.

하천도와 행정경계도는 1:50,000의 지형도에서 하천과 행정경계를 트레이싱한 후 AutoCAD에서 디지털라이징하여 DXF(Data Exchange Format) 파일을 만들고 PC ARC/INFO(Ver. 3.4.2)에서 'DXFARC' 명령어로 넘겨 받아, ARCDIT에서 TIC과 POLYGON에 라벨을 부여하고 ARC 상태에서 'PROJECT' 명령어와 기 작성한 DMS-UTM 좌표변환 SML(Small Macro Language)과 'TRANSFORM' 명령어를 이용하여 UTM 좌표체계의 벡터 커버리지를 생성시켰다. 이들을 IDRISI 벡터 및 래스터 커버리지로 생성시키기 위하여 ARC/INFO의 'ARCDLGN' 명령어를 이용하여 DLG(Digital Line Graph)형태로 변환시킨 후, IDRISI상에서 DLG 파일을 불러들였고, 'POLYRAS'와 'LINERAS' 명령어를 각각 이용하여 래스터 커버리지로 재생성시켰다.

토양도는 농촌진흥청 토양물리과에서 제작된 정밀토양도(1:25,000)로부터 구축되었다. 청양지역의 토양도 도엽을 ARC/INFO에서 도면간 접합(EDGEMATCH)과 도면결합(MAPJOIN)을 거쳐 하나의 커버리지로 생성시켰다. 토양의 속성은 한국토양총설(농촌진흥청, 1992)에 의거하여 토양부호 별로 입력되었으며, 토성은 양토, 사양토, 미사질양토, 식양토, 미사질식양토, 산림지(미조사) 등으로 구분하고, 배수성은 매우양호, 양호, 약간양호, 약간불량, 불량 등으로 구분하여 토양을 재분류하였다.

토지이용도는 인공위성 영상자료인 LANDSAT TM 자료를 분석하여 추출하였다. 본 연구에서 이용한 LANDSAT TM 자료는 1991년 10월 22일 획득된 자료로서 path와 row는 각각 116, 34이다. 본 연구에서는 대상지역을 크게 도시 및 주거지역, 경작지역, 산림지역 및 수역 등 4개의 교사 자료를 선택하여 최대우도법(maximum likelihood)을 이용하여 분류하였으며, 산림지역 64.25%, 경작지역 25.52%, 도시 및 주거지역 5.18%, 수역 5.05%가 각각 존재하고 있는 것으로 분석되었다.

유역내와 인근의 강우지점의 경위도 좌표를 PC ARC/INFO에서 점 자료로 입력하고 IDRISI에서 DISTANCE OPERATOR중 THIESSEN 분석을 하여 티센망도를 작성하였다. 각 강우지점들이 유역내 면적을 지배하는 비율은 청양 지점이 전체면적 192.1km² 중 173.47km²로 90.3%를 차지하고 있으며, 정산 지점은 18.47km²로 9.6%, 부여 지점은 0.16km²로 0.1%를 차지하였다.

청양댐 유역내의 수물 지역도는 수치고도모델 자료로부터 IDRISI의 RECLASS 기능을 이용하여 작성하였다. 표고 80m 이하 수물 지역도의 예는 그림 5와 같으며, AREA 기능을 이용하여 수물면적을 분석한 결과는 16.49km²로 나타났다.

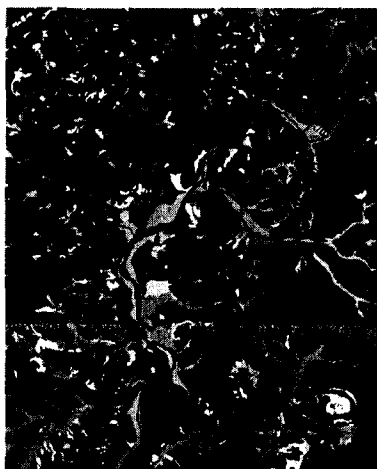


그림 4 청양 도엽 정밀토양도의 예

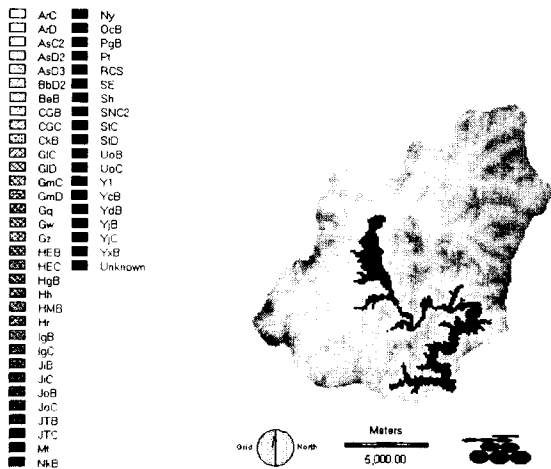


그림 5 청양댐 유역의 수물 지역도(EL. 80m 이하)

4. 결 론

의사결정지원시스템의 개발을 위해서는 업무흐름의 이해, 데이터베이스의 구축, 시스템 설계, GUI 구현 등이 필요하다. 이 절차에 따라 '댐 규모 결정을 위한 의사결정지원시스템의 개발'의 1차년도 연구에서는 다음과 같이 업무흐름의 이해, 시스템 설계 및 데이터베이스의 구축을 위주로 연구를 수행하였다.

댐 규모를 결정하는 업무흐름의 이해를 위해 청양댐 예비타당성 보고서의 내용을 분석하였으며, 강우분석, 유출분석, 저수지 물수지 분석, 퇴사량 추정 및 퇴사분포 분석 등 댐 계획에 필요한 여러가지 수문분석 기법 들을 정리하였다.

시스템 구상을 위해 최근 연구 중에 있는 수자원 관련 의사결정지원시스템들의 구성 예와 개발환경 및 틀 들을 살펴보았으며, 이들을 종합하여 본 시스템을 자료/정보 부시스템, 모델 부시스템, 출력 부시스템 등으로 구성하고 시스템 통합에 대한 설계를 하였다. 자료/정보 부시스템은 수문정보 데이터베이스, 지형정보 데이터베이스, 사용자 판단 모듈로 구성하였다. 모델 부시스템은 저수지 일별 물수지에 의한 이수용량 결정 시스템, 저수지 홍수추적에 의한 홍수조절용량 및 여수로 규모 결정 시스템으로 구성하였다. 따라서 이수용량 결정 시스템은 일별 저수지 물수지 모의 모듈, 일 유출량 추정 모듈, 용수 수요량 추정 모듈, 퇴사량 및 퇴사분포 추정 모듈로 구성하였고, 홍수조절용량 및 여수로 규모 결정 시스템은 저수지 홍수추적 모의 모듈, 강우분석 모듈, 설계수문곡선 추정 모듈로 구성하였다. 출력 부시스템은 입력자료, 분석결과, 그리고 사용자가 분석과정에서 선택한 내용을 화면, 프린터, 그리고 파일로 그림이나 텍스트 형태로 출력할 수 있도록 구성하였다. 시스템의 통합은 데이터베이스, GIS, 운영모델들 상호간에 인터페이스를 통해 그래픽 또는 문자정보를 검색, 디스플레이, 분석 및 출력하는 기능을 갖도록 구성하였다.

또한 대상 유역으로 청양댐 건설후보지를 선정하여 수치고도모델, 하천도, 면단위 행정경계도, 토양도, 토지이용도, 티센망도, 표고별 수물지역도를 작성하였다.

향후계획은 우선 의사결정자인 수문기술자가 사용할 시스템을 프로토타이핑 형태로 친근하고 편리하게 메뉴를 구성하고, 이에 적합하도록 시스템을 보완하고 각종 서브 모듈을 보충하고 데이터베이스를 구축·보완하는 것이다. 추후 구축 예정인 도형자료는 수문지질도, 댐 지점 주변의 상세 등고도 등이며, 유역내의 각종 인문사회 등 현황 자료와 개발계획자료도 수집, 구축할 것이다. 또한 개발될 사용자 편의시스템을 모의운영함으로써 댐 규모 결정을 위한 여러가지 대안에 대한 평가를 하면서 시스템을 계속 보완할 것이다.

참고문헌

건설부, 댐시설기준, 1993

건설부, 하천시설기준, 1993

농업기술연구소, 중보 한국토양총설, 농촌진흥청, 1992

Froukh, M. Luay and Derek G. Jamieson, Potential use of combined systems(EXPERT system and mathematical models) in water resources planning and management, Proc. of the Int. Conf. on Water Resour. & Environ. Res. (Vol. II), Kyoto, Japan, Oct. 29-31, 1996

Haagsma, IJsbrand G., Integrated modelling facilitated by standard data formats as a tool for a generic decision support system, Hydroinformatics'96, Müller(ed.), Balkema, Rotterdam, 1996