

# 홍수 범람의 동적 가시화 프로그램 개발

정태성<sup>1)</sup>, 고태진<sup>2)</sup>

## 1. 서론

하천의 수리/수문학적 현상이나 홍수 범람의 수치적 해석에 대한 연구는 끊임없이 이루어져 왔지만 그에 따른 가시화(visualization)는 몇몇 고가의 상용 소프트웨어에서나 가능하였고, 또한 수리/수문학적 지식이 없는 일반인이 사용하기에는 어려움이 많았다. 따라서 본 연구에서는 마이크로소프트 윈도우 환경의 프로그램을 개발하여 수치모형으로부터 나온 방대한 양의 수치적 결과를 GUI(Graphic User Interface)를 사용해 직관적으로 보여주며, 홍수 범람의 시간별 변화 양상을 동적으로 표현하여 일반인들도 그 결과를 쉽게 이해할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 사용한 수치모형은 홍수 범람현상을 모의할 수 있는 1차원 부정류 해석 모형인 FLDWAV이며, 적용대상은 횡성댐 하류지역이다. 동적 가시화 프로그램 개발에는 마이크로소프트사의 Visual C++ 6.0과 실리콘그래픽스에서 개발된 OpenGL 라이브러리를 사용하였다.

## 2. 홍수 범람의 수치모의

FLDWAV는 하천에서 부정류를 해석하기 위한 일반적인 모형으로 미국 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)의 NWS(National Weather Service)에 의해 개발되어 왔다. 각종 수리학적 현상의 모의를 가능하게 하기 위하여 DAMBRK와 DWOPER의 기능이 보강된 모형으로, 부정류의 모의에 관한 수리학적 구조물에 의해 제어되는 내부 경계조건과 결부시킨 1차원 Saint-Venant 방정식을 4점 음해법으로 계산한다(Fread and Lewis, 1998).

FLDWAV 모형을 적용시킨 지역은 횡성댐 하류지역으로, 횡성댐으로부터 원주천 합류 전까지 약 27.52 km의 구간이며, 본류인 섭강에 대관대천, 금계천, 전천, 장양천 등 4개의 지류가 유입되고 있다. 본류의 하상 단면은 평균간격 200 m의 횡단측량 자료를 사용하였으며, 유입 홍수량은 HEC-1에 의해 계산된 5년, 10년, 25년, 50년, 100년, 200년 빈도 등 총 6개의 홍수사상을 적용시켰다. 각각의 홍수사상은 유입이 시작되는 시간부터 종료되는 시간까지 50시간으로 구성되어 있으나 모의의 안정성을 고려해 유입 시작부와 종료부에 각각 10시간씩의 미소 가상 유입량을 설정하여 결과적으로 총 70시간에 대해 모의하였다. 댐에서의 방류량은 '댐 및 저수지의 수리·수문학적 제약조건'을 적용시킨 단기 운영 방안

---

1) 한남대학교 토목환경공학과 부교수  
2) 한남대학교 토목환경공학과 석사과정

(RIGID ROM)으로 산정하였다(한국 수자원 공사, 1999).

### 3. 동적 가시화를 위한 데이터베이스의 구축

본 프로그램에서 사용하는 데이터는 지형자료, 하상 단면자료, FLDWAV 결과파일, 지도 이미지 파일 등 총 4개의 파일로 구성된다. 지형을 표현해 내는 데에는 수치지도로부터 3차원 격자를 추출하여 사용하는 방법이 가장 훌륭한 선택이 되겠으나, 하상이나 제내지를 표현해 내기 위해서는 최대 5 m 이내의 격자 간격이 요구되기 때문에 PC(Personal Computer) 상에서 본 연구에 적용된 지역과 같이 넓은 지역에 동적으로 홍수의 범람 양상을 표현하는 데는 하드웨어적 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 프로그램의 원활한 구동을 위해 격자를 사용하지 않고 1:5000 지형도에 도시된 하상 단면의 횡단측량 결과로부터 각 단면의 TM 좌표를 직접 추출하여 실측된 하천측량 자료를 계산에 의해 변환, 단면의 배열로써 지형을 2차원으로 구성하였으며(그림 1), 대신 1:25000 지도의 비트맵 이미지를 덮어씌움으로써 격자를 사용하지 않음에 따른 지형·지물 표현의 한계를 극복하고자 하였다(그림 2). 하상의 단면자료는 각각의 단면형태를 볼 수 있도록 하기 위해 실제 하천 횡단측량의 결과를 본 프로그램에 적용시킬 수 있도록 적절히 배열시켜 구성하였으며, 제방을 표현하기 위해 각 단면에서의 제방의 위치도 포함시켰다. FLDWAV의 결과파일은 매우 방대하기 때문에 홍수 범람에 관련된 자료만을 추출하여 본 프로그램에 적용시켰다. 즉, 각 단면에서의 시간별 수위, 유량, 유속을 추출하였으며 역시 본 프로그램에 적용시킬 수 있도록 적절히 배열시켜 구성하였다.

### 4. 프로그램의 개발

본 프로그램의 개발에는 전술한 바와 같이 Visual C++ 6.0과 OpenGL 라이브러리를 사용하였다. 마이크로소프트사의 Visual C++ 6.0은 윈도우 운영체제에서 구동되는 응용프로그램을 개발하기 위한 도구로서 GUI를 이용한 가시화 프로그램을 개발하는데 매우 용이하다는 이점을 가지고 있다(이상엽, 1998). 그러나 그래픽의 표현에 있어 윈도우의 DC(Device Context)는 정수로 표현하는 반면, RC(Rendering Context)를 사용하는 OpenGL은 실수로 표현하기 때문에 변수의 형 변환 없이 데이터를 직접 사용할 수 있으므로 형 변환에 따른 데이터의 손실 없이 보다 용이하게 프로그래밍을 할 수 있다. OpenGL은 “그래픽스 하드웨어에 대한 소프트웨어 인터페이스”로 정의된다. 이것은 3차원 그래픽과 모델링을 위한 라이브러리며, 이식성이 뛰어나고 매우 빠르다. 컴퓨터 그래픽과 애니메이션 분야에서 세계적인 기술을 갖춘 실리콘그래픽스에서 신중히 개발하고 최적화한 알고리즘이 사용되었다(신현주, 1999).

그림 3에서는 본 프로그램의 전체적인 흐름도를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 프로그램은 먼저, 지형자료와 단면자료, 지도의 비트맵 파일을 입력받고 주메뉴를 구성하였으며, FLDWAV 자료의 양이 방대한 관계로 주메뉴에서 빈도별로 FLDWAV 자료를 입력받을 수 있도록 하였다. 다음으로, 입력받은 자료를 화면에 묘사하기 위해 좌표 변환을 한 후 전반적인 범람 양상 등 기타 정보를 표시하여 주화면을 구성하였다. 마지막으로, 구성된 주화면에서의 범람 정보를 동적으로 표현하여 사용자로 하여금 홍수 범람의 시작에서 종료까지의 양상을 연속적으로 관찰할 수 있게 하였다.

주메뉴에서는 빈도별로 FLDWAV 자료를 입력받고, 단면을 선택할 수 있으며, 동적으로 구현된 범람 정보를 조절할 수 있도록 재생 및 잠시 멈춤, 멈춤 버튼을 위치시켰다. 또한 유량, 유속, 수위를 수치적으로 나타내어 그래프 및 도식의 이해를 돕고자 하였다(그림 4). 수문 곡선을 나타내는 부분에는 선택된 단면에서의 시간별 유량의 변화를 표시하였고(그림 5), 단면 정보를 나타내는 부분에는 단면의 형태와 해당 단면에서의 수위와 제방의 위치를 표시하였으며(그림 6), 전체 유로에서의 수위변화를 나타내는 부분에는 하상의 거리별 바닥 표고와 제방고, 수위변화를 나타내었다(그림 9). 전반적인 범람 양상을 나타내는 부분에는 지도를 입력해 일의 지점에 대한 정보를 보다 쉽게 알 수 있으며, 범람 지역을 색으로 표시해 도로 및 기타 지물들의 침수 여부를 확인할 수 있다. 또한 현재 선택된 단면의 위치도 표시하여 해당 단면 주변의 범람 양상을 관찰할 수 있다(그림 8). 여기에 포함된 보조메뉴로 화면의 확대·축소 및 이동이 가능하게 하여 원하는 위치의 정보를 자세하게 알 수 있도록 하였다(그림 7).

## 5. 홍수 사상의 동적 가시화 예

그림 10은 본 프로그램을 이용하여 비조절 방류시 200년 빈도의 홍수 사상에 대하여 가시화 처리를 한 모습이다. 프로그램은 모의 지역 최 하류단, 즉 89번 단면의 수문 곡선과 그 단면 형상을 보여주고 있으며, 89번 단면에서의 최대 유량 발생 시간은 홍수량 유입후 18시간이 경과되었을 때라는 것을 알려주고 있다. 또한 그 때의 유량은 4944 CMS, 유속은 4.56 m/s, 수위는 89.62 m임을 표시하고 있다. 범람 양상을 나타내는 지도에서, 상류 쪽은 물이 거의 빠져나간 상태이지만 하류 쪽은 유량이 최대에 가까워져 그 침수 상태가 매우 심각함을 알 수 있다. 이는 수위 변화 그래프를 보면 더욱 확실하게 알게 된다. 상류부의 제방은 물이 거의 월류하지 않은 모습이지만 하류로 갈수록 거의 모든 제방이 물에 잠겨있음을 볼 수 있다.

이상과 같이 본 동적 가시화 프로그램으로 대략적인 범람 양상뿐만 아니라 그 침수 형태까지도 한눈에 알아 볼 수 있었으며, 시간에 따른 유량의 변화 및 수위의 변화와 범람 양상을 애니메이션화 하였기 때문에 홍수 범람의 실시간 관찰이 가능하였다.

## 6. 결론

본 프로그램의 개발로 홍수시 하천 범람 현상을 가시적으로 표현할 수 있었으며, 방대한 양의 자료를 하나의 프로그램 내에서 일괄적으로 처리하고 모든 범람 양상을 동적으로 구현하여 실시간으로 연속적인 관찰이 가능하였다. 따라서 일반인들도 홍수 범람 모형의 수치적 결과에 한층 더 쉽게 다가갈 수 있을 것이다. 향후 이 프로그램은 수문모형과 연계한 실시간 예보시스템으로 개선할 필요가 있으며, 나아가 웹 상에서도 본 프로그램이 구동될 수 있도록 한다면 관련 주민들이 홍수시 범람 현상을 실시간으로 쉽게 접하게 되어 홍수 피해를 최소화하는데 기여할 수 있을 것이다.

## 7. 참고문헌

- 1) Fread, D.L. and Lewis, J.M. (1998). "NWS FLDWAV MODEL." National Weather Service, NOAA.

- 2) 한국 수자원 공사(1999). "댐 하류 하천의 수리학적 현상 조사 연구(횡성댐 유역).
- 3) 이상엽(1998). "Visual C++ Programming Bible Ver. 6.x." 영진 출판사.
- 4) 신현주(1999). "OpenGL SUPERBIBLE." 도서출판 에프·윈.

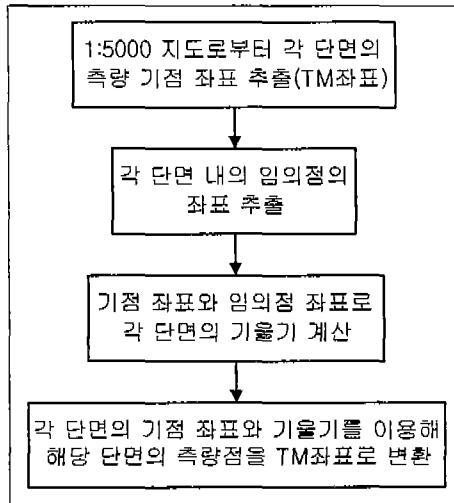


그림 1 지형자료의 구축 순서

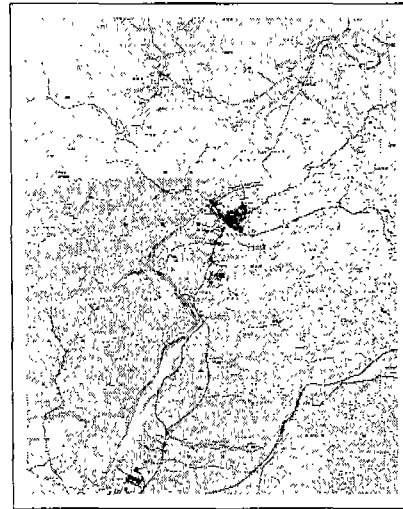


그림 2 지도의 비트맵 이미지

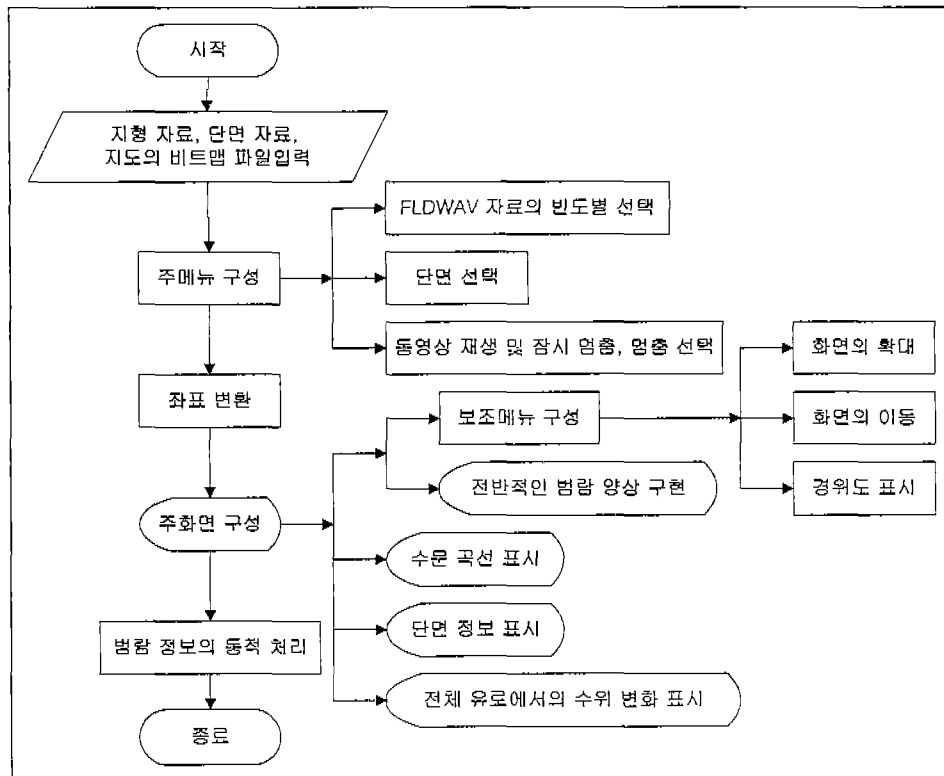


그림 3 프로그램의 흐름도

프로젝트명 : 칠성명 하류 FLDWAV 파일 경로 : C:\W200m\fl  
 200년 빈도(비조절 방류) 단면 번호 : 89 시간 : 17 유량 : 4080 CMS 유속 : 2.14 M/S 수위 : 89.03 M

그림 4 주메뉴

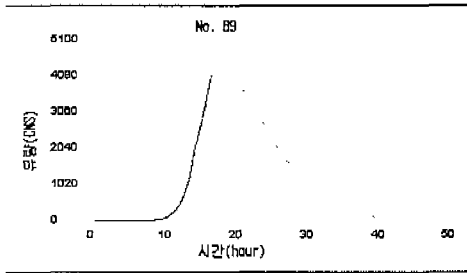


그림 5 수문 곡선

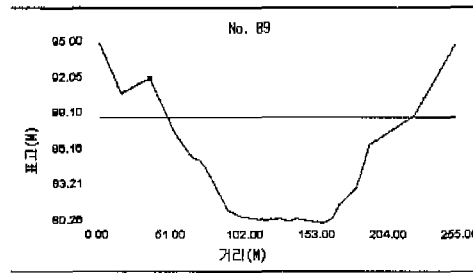


그림 6 단면 정보의 구현

정보 확대 축소 영역 이동 초기 동공 127도 52분 1초 북위 37도 20분 48초

그림 7 보조메뉴

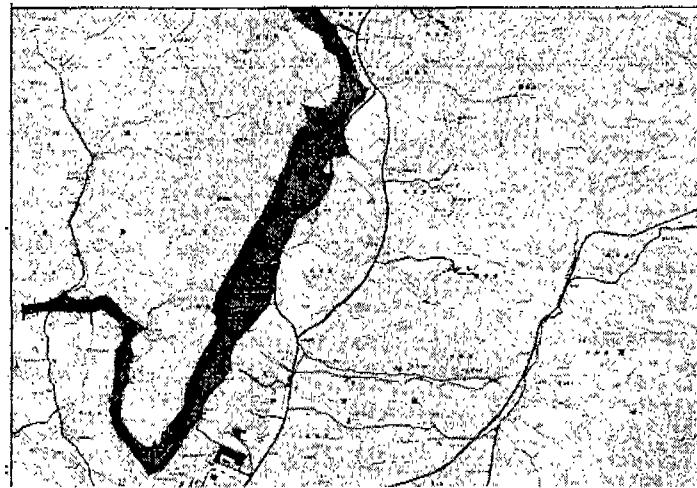


그림 8 전반적인 댐람 양상의 구현

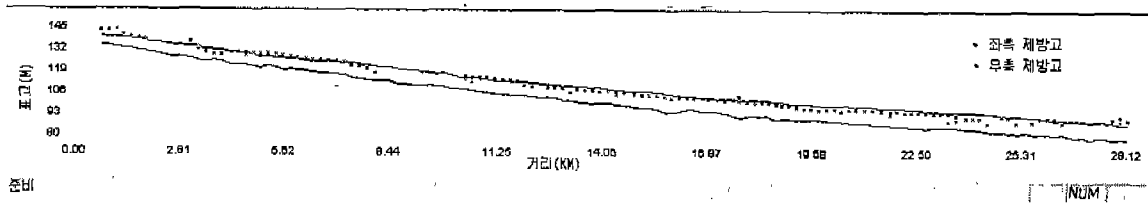


그림 9 전체 유로에서의 수위변화 그래프

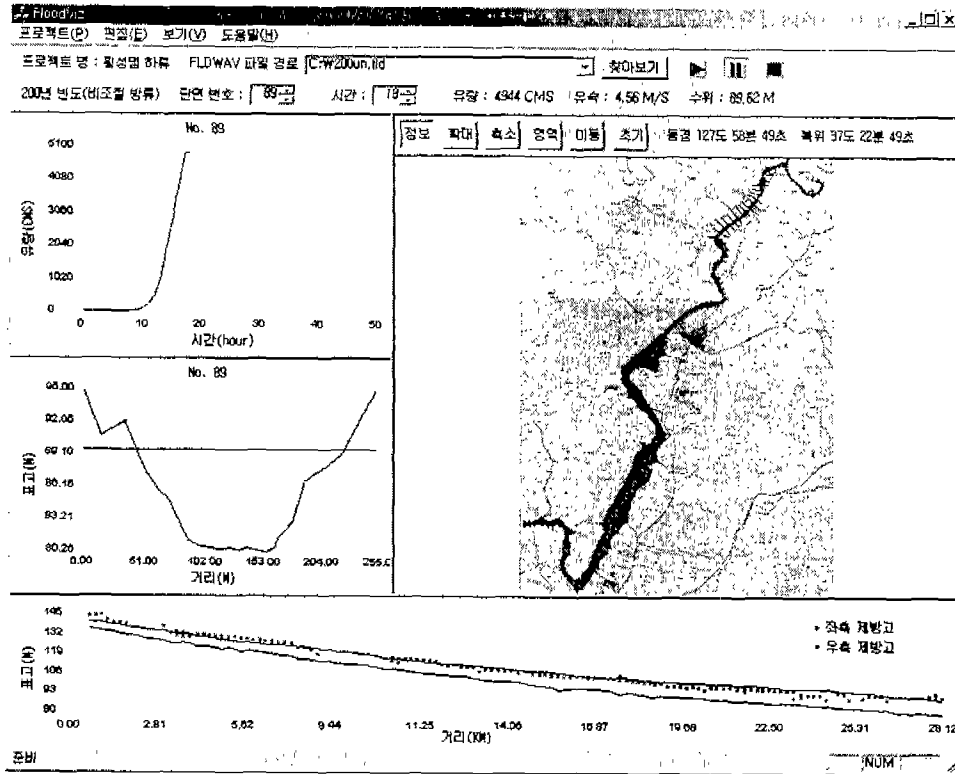


그림 10 홍수 사상의 동적 가시화 예