

소하천 홍수 해석 및 GIS 범람 모형 기법 연구

Analysis of Small Stream Floods and GIS Inundation Model Method

신 현석* / 이재혁** / 박무종**

1. 서론

최근 잦은 홍수로 인한 범람피해가 급증하여 홍수범람구역을 설정하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 홍수 범람 해석을 위해서는 홍수량의 산정, 홍수위 산정 및 홍수 범람 지역의 결정 등의 순으로 모형화가 수행되어야 하며, 이들은 서로 연계되어야 한다.

특히 유역면적이 작고 경사가 급격한 산지의 소하천에서는 홍수파의 특성이 상당히 복잡하며, 또한 정상류 보다는 부정류 해석을 통한 범람 구역의 시간적인 해석이 필수적이다. 본 연구에서는 이러한 소하천의 홍수 해석 및 범람 구역 결정을 위한 통합 모형을 구축하였다. 특히, 홍수 범람 구역의 결정을 위해 GIS기법을 사용하여 부정류 수리 해석 모형과의 연계를 시도하여 홍수에 따르는 실시간 홍수 범람 예측이 가능하도록 하였다. 이를 통합 모형은 실제 하도에 적용하여 실험하여 보았다.

2. 적용모형의 개요

2.1 HEC-HMS

HEC-HMS 모형은 미 공병단에서 개발되어 강우에 의한 유역의 지표면 유출을 모의하기 위해 사용된다. HEC-HMS 모형은 강우·유출현상의 수리, 수문학적 과정을 상호 연결하여 유역의 응답을 나타내도록 설계된 모형이다.

HEC-HMS 모형은 사용자의 편의를 위한 원도우 환경을 기반으로 통합 수문해석, 데이터의 저장과 관리, 계산결과의 출력 등 모형의 사용이 용이하게 구성되어 있다. 그리고, 데이터 저장 시스템인 HEC-DSS(Data Storage System) 모형은 시계열 자료에 대한 저장과 수정, 두 개의 자료계열간의 함수관계, 격자망으로 구성된 자료 등을 위해 사용된다. 모형을 사용하는 방법에 그래픽 사용자 환경(GUI)을 도입함으로써 결과의 검토 및 소유역, 하도, 합류 점과 같은 수문학적 요소와 유역특성에 관한 자료를 입력하는데 있어 편리함을 제공하며, 기준에 사용되어오던 HEC-1의 입력파일로부터 모형입력자료를 구성할 수도 있다.

2.2 FLDWAV

FLDWAV 모형은 NWS (National Weather Service)에서 1980년대 중반에 DWOPER(Dynamic Wave Operational Model)와 DAMBRK(Dam Break Flood Forecasting Model)의 기능을 통합한 모형으로, 현재에도 NWS에서 기능향상을 더하고 있다.

* 부산대학교 토목공학과 조교수

** 부산대학교 토목공학과 석사 과정

*** 한서대학교 토목공학과 조교수

Saint-Venant 공식을 부정류에 대한 지배방정식으로 사용하여 방정식의 해는 반복, 비선형, 가중 4점 음해 유한차분법에 의해서 구하게 된다. FLDWAV모형은 상류, 하류, 혼합류, Newtonian Flow, Non-Newtonian Flow에 대해 각각 적용이 가능하다. 또한 댐·교량 등의 하천구조물, 지류, 하천만곡, 제방, 조수효과등에 대해서도 계산이 가능하다.

2.3 GIS

GIS(Geographic Information System)는 방대한 지리정보를 컴퓨터를 이용하여 정보시스템을 구축함으로써 공간문제를 해결하기 위해 고안된 기술이다. 거의 모든 수자원자료가 공간과 관련되어 있으므로 GIS는 전통적인 데이터구조보다 훨씬 훌륭한 데이터 모형을 제공한다. GIS에서는 수문학적 모형에서 사용되는 유역특성을 수치적으로 나타낼 수 있도록 지원하며 지표면 자료를 지형자료 및 지리좌표와 관련된 다양한 속성정보와 연결한다. 수문학 시스템내에서의 속성정보는 토양, 토지이용, 토지피복, 지하수조건 및 인공구조물이 될 수 있다. GIS의 수자원 분야에 대한 응용은 수문학적 경향의 합성과 특성화로부터 수문학적 사건에 대한 반응의 예측에 이르기까지 다양하다.

3. 홍수범람 해석절차

하천의 홍수범람 모의검토를 위하여 HYDROFRQ, HYDROGIS, HEC-HMS, FLDWAV모형을 연계한 홍수범람모형을 제시하였다.

HEC-HMS 모형을 이용하여 유출분석을 하였고, 유출해석을 하는데 필요한 지형특성 인자들은 DEM자료를 사용하여 HEC-HMS 모형입력에 적합하게 수행하였다. HEC-HMS에서 산정된 빈도별 홍수량을 FLDWAV모형의 경계조건으로 사용하여 대상하천의 빈도별 홍수위를 계산하였다. 산정된 홍수위를 다시 GIS 범람해석의 입력자료로 구성하여 홍수범람도를 작성하였다. 각 모형들의 연계구조를 나타낸 것이 그림 1이다.

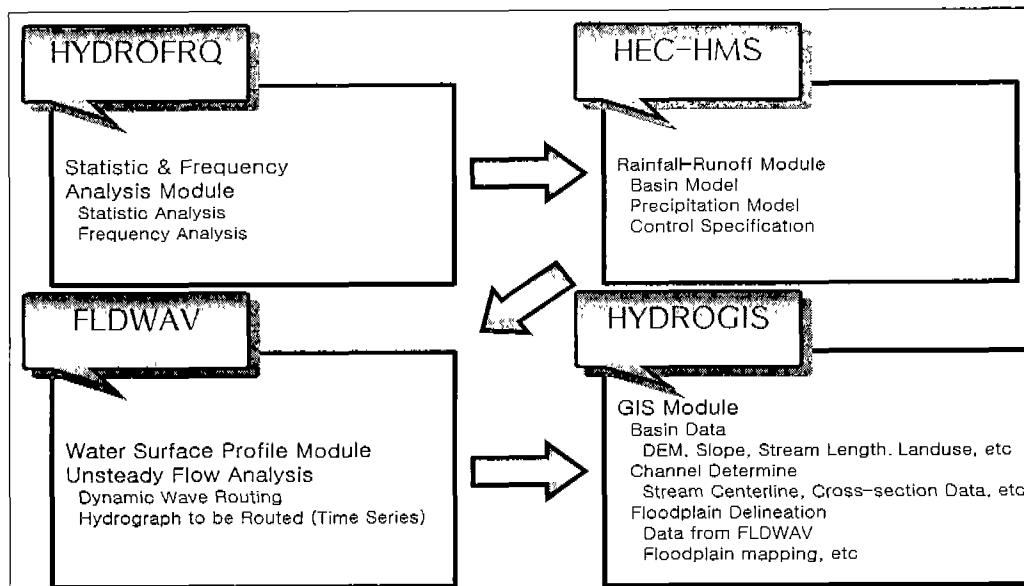


그림 1. 하천 홍수범람도 작성을 위한 모형 개요도

4. 모형의 적용

4.1 대상유역의 현황

본 연구의 적용대상 유역인 화남천 유역은 경상북도 상주군 화남면의 동경 $127^{\circ} 53' 00'' \sim 127^{\circ} 58' 25''$, 북위 $36^{\circ} 25' 10'' \sim 36^{\circ} 29' 20''$ 사이에 위치하며, 유역의 북은 봉황산, 남으로는 천택산, 동으로는 상주군 내서면, 서로는 구산과 접하고 있으며, 경북 화서면 상현리에서 발원하여 서하하면서 화남천의 주를 이루며 유역면적 약 35km^2 하천연장 약 7.83km 이르는 상주군의 소하천이다.

4.2 모형의 적용결과

화남천의 수원으로부터 3곳의 지류합류점과 유역의 유출특성 분석에 필요한 지점을 그림과 같이 4개의 소유역으로 분할하였고 또한 각 소유역 및 전체유역의 유역면적, 유로연장, 유로경사, 유역 평균폭 및 형상 계수 등과 같은 기하학적인 특성을 1 : 50,000 지형도를 이용하여 분석하였다.

유출량 산정을 위해 연최대 계열에 대해 24시간 지속시간, 재현기간 100년에 대한 확률 강우량을 산정하였으며, 산정된 확률 강우를 Mononobe의 분포로 설계강우를 강우 지속시간 내에 분포시킨후, Clark 유역추적법과 Muskingum-Cunge의 하도 추적법에 의해 대상유역에 대한 흥수 수문곡선을 도시하였다. 그림 2와 그림 3은 GIS모형을 이용하여 구축한 유역자료중 토양도, 토지이용도이다.



그림 2. 대상유역의 토양형 분포도

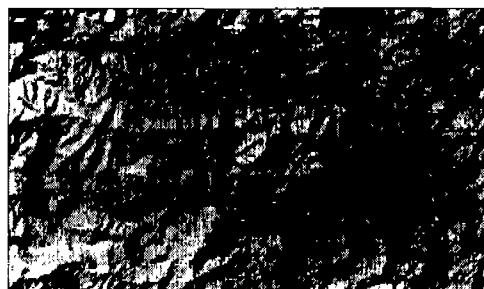


그림 3. 대상유역의 토지 이용도

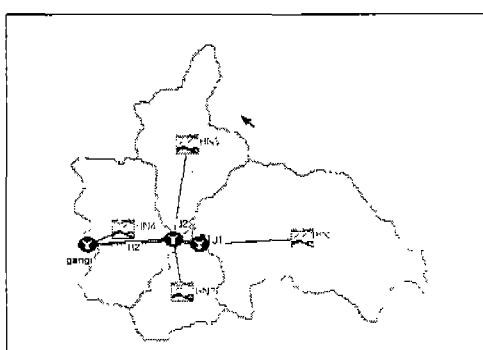


그림 4. HEC-HMS 모형의 유역도

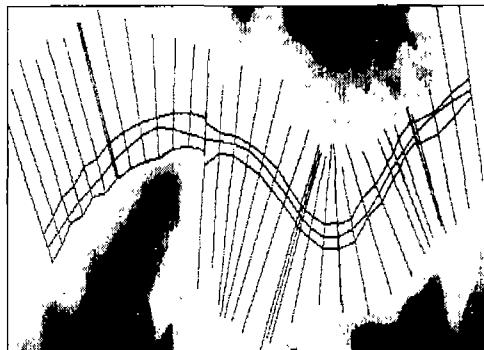


그림 5. DEM과 재추출된 횡단면 결합

HEC-HMS 모형의 유역도를 그림 4에 나타내었으며, 수치고도모형과 횡단면, 제방점들을 연결한 모습을 그림 5에 나타내었다. 산정된 강우량과 홍수량을 그림 6에 도시하였고, 홍수량에 대한 각 시간별 범람지도를 1시간 간격으로 작성하였다.

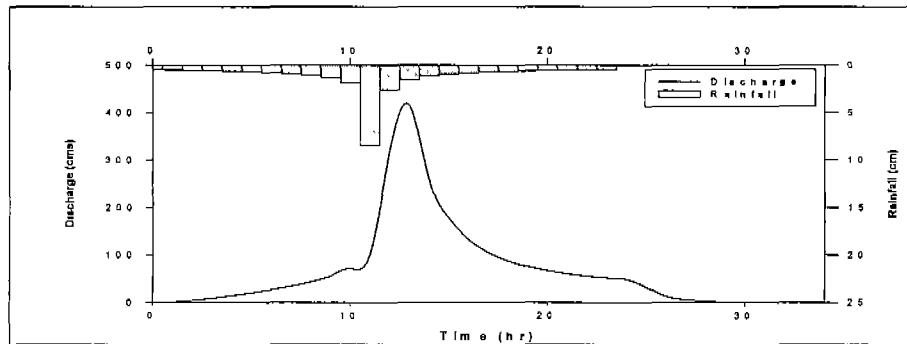


그림 6. 대상유역의 강우량 및 홍수량(100년빈도)

각 시간에 대한 홍수 범람지도를 작성한 것이 그림 7 ~ 그림 14이다. 홍수량의 시간에 따른 부정류 특성을 자동적으로 GIS 모듈에서 침수구역의 정도를 가시적으로 확인할 수 있으며, 설정된 침수구역은 거의 평지에 가깝기 때문에 DEM자료의 높은 해상도보다는 횡단면의 확장이 요구된다.

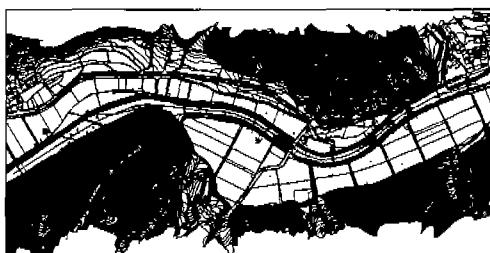


그림 7. 홍수범람도($t=5\text{hr}$)



그림 8. 홍수범람도($t=11\text{hr}$)



그림 9. 홍수범람도($t=12\text{hr}$)



그림 10. 홍수범람도($t=13\text{hr}$)



그림 11. 홍수범람도($t=14\text{hr}$)



그림 12. 홍수범람도($t=17\text{hr}$)

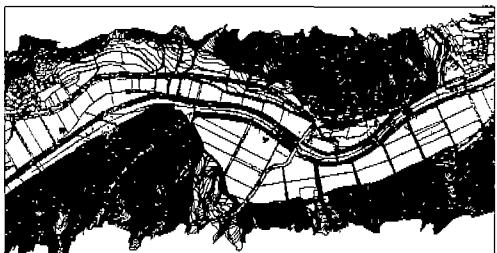


그림 13. 홍수범람도($t=23\text{hr}$)

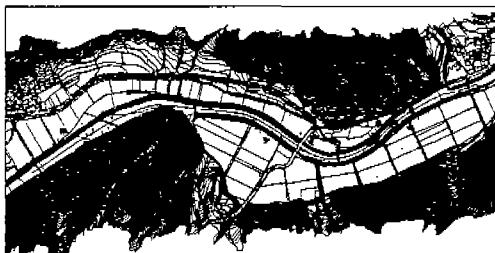


그림 14. 홍수범람도($t=26\text{hr}$)

5. 결론

본 연구는 소하천에서의 부정류 홍수 해석 및 홍수범람지도의 실시간으로 구축할 수 있는 수문-수리-GIS 통합 모형을 구축하였다. 여기서 사용된 수문-수리 모형은 HEC-HMS, FLDWAVS 등의 이미 적용성이 입증된 범용 모형을 사용하였고, 홍수 범람 구역 결정을 위해서는 GIS 모듈을 개발하였다. 이는 최근 소하천 조사 및 관리를 위한 필수적인 사항들을 통합적인 모형을 통하여 구현하였다는 데 의의가 있을 것이다. 또한, 실제 유역에의 적용을 통하여 제시된 모형의 적용성을 입증하였다. 차후 홍수 해석에 따르는 보다 정량적인 정보를 제시할 수 있는 방향으로의 연구가 수행될 것이다.

6. 참고문헌

1. NWS (1998). "NWS FLDWAV MODEL". National Weather Service.
2. ESRI (1997). "ArcView 3D Analyst". Environmental Systems Research Institute.
3. ESRI (1996). "Avenue". Environmental Systems Research Institute.
4. HEC (1998). "HEC-HMS Hydrologic Modeling System".
Hydrologic Engineering Center.
5. David R. Maidment (1993). "Handbook of Hydrology". McGraw-Hill, INC.
6. 한건연, 정재학, 이을래 (2000). “홍수터에서의 범람 홍수류에 대한 2차원 수치 모의”,
한국수자원 학회 논문집, 33권, 4호