

GIS와 연계한 하천홍수범람시스템의 구축

한 건 연*, ○김 상 호**, 최 현 상**, 이 흥 래***

1. 서 론

최근에 들어 이상강우와 집중호우 등의 영향으로 하천에서 범람구역에 대한 정확한 추정이 필요로 하게 되었고 이는 하천에서의 각종 피난대책의 수립 등 치수계획시의 중요한 과제로 대두되고 있다. 국내에서 하천의 홍수범람예측을 위한 종래의 연구는 주로 과거 범람상황으로부터의 유추, 지형도를 통한 추정 등이 있을 수 있으나 모두 수리학적인 기초이론에 근거하지 못하였으므로 범람 홍수파의 시간에 대한 전파양상이나 범람수심의 분포 양상을 정확하게 예측하지 못하였다.

이를 위해서 본 연구에서는 DWOPER 모형에 제방월류 및 붕괴에 따른 홍수해석, 제내지에서의 범람 해석 등을 처리할 수 있도록 프로그램을 대폭적으로 개선, 보강한 모형을 개발하였고, 이를 남한강에서 홍수범람의 경우에 대해서 적용하였다. 홍수범람에 따른 해석결과는 지리정보시스템과 연계하여 제내지의 범람예측도를 시간별로 작성할 수 있는 해석기법을 제시함으로써 과학적인 범람홍수의 관리가 이루어질 수 있도록 하였다.

2. 홍수범람예측 시스템의 개발

본 연구에서는 기존의 DWOPER 모형에 대해서 하천에서의 제방월류 및 붕괴에 따른 월류량의 산정과 이에 대한 제내지에서의 범람해석 등을 처리할 수 있도록 프로그램을 대폭적으로 개선, 보강한 모형을 개발하였으며, 홍수범람예측 시스템의 구축을 위해 범람모의모형과 Arc/Info를 연계한 홍수범람시스템의 구축과정을 다음과 같이 구성하였다. 1 단계로서 대상유역에 대한 수치지도자료를 Arc/Info에서 구축하고, 2 단계로서 대상유역에 대한 홍수범람을 모의하며, 3 단계로서 계산결과의 비교검토를 통한 모형의 검정을 실시한다. 또한 4 단계로서 계산결과를 Arc/Info상에서 도시하며, 5 단계로서 홍수범람시스템의 유지관리를 실시하는 과정으로 구성하였다.

* 경북대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 경북대학교 공과대학 토목공학과 박사과정

*** 한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원

본 홍수범람예측시스템(Flood Inundation Analysis System)은 Arc/Info의 AML을 이용하여 구성하였다. AML을 통한 Menu의 구성 및 이를 통한 모의 수행은 사용자의 요구나 편의에 맞게 손쉽게 재구성될 수 있으며, 유지보수가 편리하다는 장점이 있다. 특히, Arc/Info의 출력을 구성하는데 많은 명령어들이 사용되는 단점을 보완하여 AML을 통해 일괄처리 함으로써 손쉽게 시각화 할 수 있을 뿐만 아니라, 모형 입·출력의 데이터베이스화, 모의모형과 Arc/Info 시스템을 연결하는 인터페이스를 자동화하는데도 응용할 수 있다.

3. 남한강 유역에 대한 적용

여주지역은 남한강 본류에 유입하는 각 지류하천의 부실한 제방이 여유고의 부족으로 대신면, 북내면, 여주읍, 강천면으로 월류하였으며, 양서천 등은 기성제 일부가 유실되었다. 이 지역의 강우상황은 1995년 8월 홍수시 여주 수위표 지점 유역내 면적평균 강우량은 8월 19일~20일 기간 중 122.2 mm, 8월 23일~27일 기간 중 286.3 mm를 기록하였으며, 특히 8월 23일~24일 이틀동안에 214.9 mm의 강우량을 보였다. 이와 같은 양상은 1990년 9월 9일~12일까지 4일간의 중부지방 집중호우 이후 가장 큰 피해를 초래하였다.

'95년도 여주 홍수의 홍수범람 양상을 규명하기 위해서 DWOPER 모형에 의한 홍수파 해석을 실시하였다. 대상구간은 상류단을 여주 수위표 지점, 하류단을 양평수위표 지점으로 하여 해석하였다. 홍수파의 해석을 위하여 적용되는 유한차분해석을 위하여 대상하도에 대해 하도격자망을 구성하였는데, 각 격점간의 평균거리 Δx 는 약 0.77 km이며 평균하도 경사는 약 1/2400이었다. 조도계수 n 는 1995년 충주~팔당댐 구간에 대한 최적 조도계수 산정결과를 참고로 하여 구간 및 유량규모별로 0.0250~0.0904의 범위가 사용하였고, 계산시간간격 Δt 는 0.1 hr가 적용되었다.

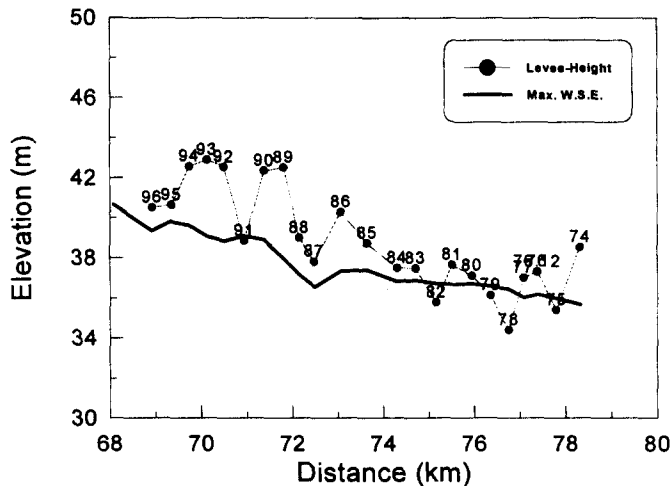


그림 1. 최고 홍수위와 제방고의 비교

그림 1은 본 연구구간에 대해 홍수와 해석을 실시하여 제방에 대한 월류 양상을 파악하기 위하여 계산된 최고수위와 우측제방고를 비교한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 지점번호 82, 79, 78, 75 등에서 계산된 최고수위는 우측제방고에 비해서 각각 0.937 m, 0.458 m, 2.040 m, 0.578 m 만큼 높게 나타나 그 당시 이들 지점에서 하천제방을 월류가 크게 나타났었음을 확인할 수 있었다.

그림 1에서 구한 제방의 월류지점 No. 82, 79, 78, 75 지점에 대해서 제내지에서의 범람 홍수해석을 실시하였다. 그림 2~그림 5는 No. 82, 79, 78, 75 지점에서의 제방을 통한 범람유량을 나타낸 것이다. No. 82 지점에서의 범람상황은 범람시작은 86.2 hr이었고, 91.1 hr에 최대 404 m³/sec 가 월류되었으며, 96.7 hr에 범람이 종료되었다. No. 79 지점에서의 범람시작은 88.9 hr이었고, 91.2 hr에 최대 80 m³/sec 가 월류되었으며, 93.7 hr에 범람이 종료되었다.

한편 No. 78 지점은 그림 1에서 보는 바와 같이 제방고가 34.4 m로 가장 낮은 지점으로서 범람시작은 83.6 hr이었고, 89.6 hr에 최대 1003 m³/sec가 하도부에서 제내지로 월류되었다. 91.8 hr에는 흐름이 역전되어 제내지에서부터 하도부로 유량이 복귀하는 양상을 나타내기 시작하여 96.4 hr에 최대 -306 m³/sec가 나타났고 167 hr에 하도부와 제내지 간의 유량교환이 종료되었다. No. 75 지점에서의 제방고는 35.4 m로서 제내지로의 범람량은 35 m³/sec로 작게 나타났으나 제내지에서 제방으로의 범람량은 91.0 hr에 최대 -524 m³/sec로 나타났고, 96.4 hr에 유량교환은 종료되었다.

그림에서 보는 바와 같이 No. 82 지점에서의 범람시작 시간은 86.2 hr이나, 제방의 높이가 가장 낮은 No. 78 지점에서는 83.7 hr로 가장 먼저 범람이 발생하는 것을 알 수 있으며, 역류의 발생은 No. 78 지점에서는 91.8 hr에서, No. 75 지점에서는 89.6 hr에서 각각 역류가 발생함으로써 하천의 수위가 가장 낮은 하류지점에서 가장 먼저 하도부로의 역류가 발생함을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 개발된 모형은 동시 다발적으로 발생하는 범람현상과 하도-제내지 간의 월류량의 교환도 합리적으로 계산하고 있음을 확인할 수 있었다.

하도부의 수위가 증가함에 따라 각 월류지점에서 발생하는 제내지로의 월류량과 제내지의 수위가 하도부의 수위보다 높아짐으로 인한 역류량과 함께 계산되는 저류량은 모형의 계산 종료시간에 얻게 되는 제내지의 저류량과 정확하게 일치하고 있었다. 이로써 본 연구에서 개발된 모형은 동시 다발적으로 발생하는 범람현상과 하도-제내지간의 월류량의 교환도 합리적으로 계산하고 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 모형의 수행 결과 범람발생은 83.7 hr에 시작되었고, 91.0 hr 일 때 최대 593.9 ha의 범람 피해지역이 발생하였으며, 이 경우 범람 최대수위는 36.11 m로 나타났다. 이로써 하도부 수위, 제내지 수위 및 제방고에 따른 월류현상과 수위변동에 따른 범람유량의 계산이 당시의 상황을 합리적으로 반영하고 있었음을 알 수 있었다.

4. Arc/Info와의 연계해석

본 남한강 여주군 지역에서의 홍수범람 해석을 실시하기 위해서 대상지역의 제내지 지역에

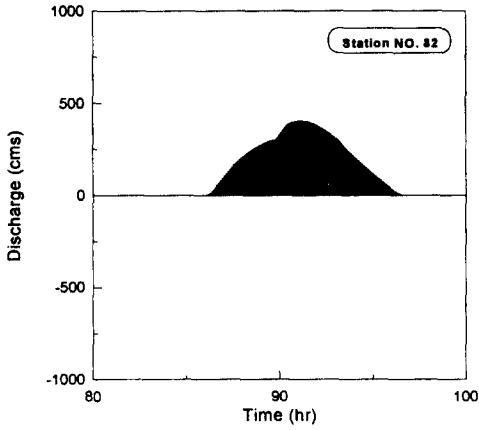


그림 2. No. 82 지점의 범람유량

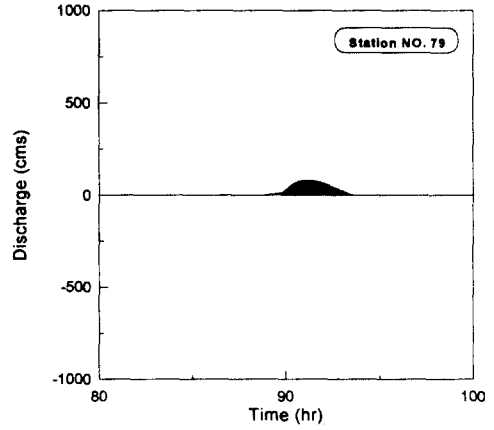


그림 3. No. 79 지점의 범람유량

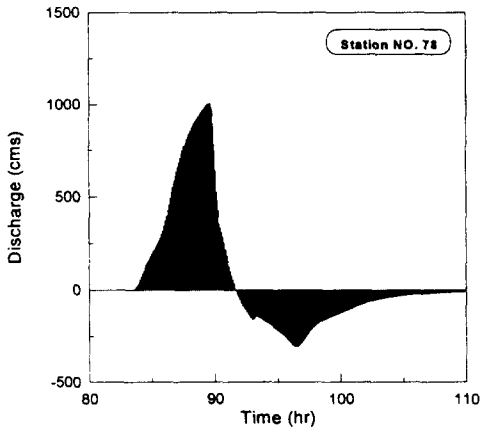


그림 4. No. 78 지점의 범람유량

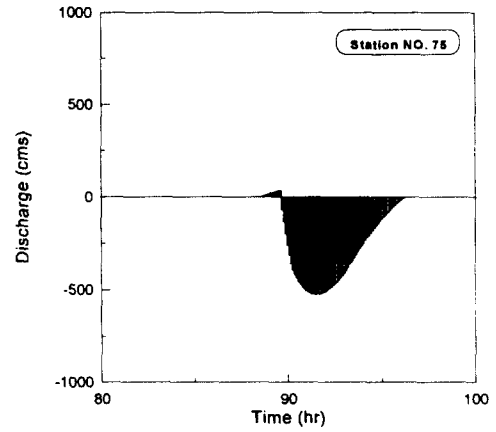


그림 5. No. 75 지점의 범람유량

대한 수치지도작성작업규칙에서 정하고 있는 규정에 따라 기본도의 벡터화를 실시하였고, 제내지 3차원 지형자료를 구축하였다. 구성된 3차원 지형형상은 자연하도의 형상에 따라 사용자의 편의대로 구성하였고, 실제 좌표를 이용하여 구성하므로 좀 더 정확한 모의가 가능하다는 장점이 있다. 본 연구의 제내지의 기하학적 양상의 구성에 사용한 기초자료는 현지 세부측량도, 기존의 1/5,000 지형도 및 하천정비기본계획상 종횡단도 등의 지형도를 사용하였다. 수치기본도를 기본도면으로 고려하고 필요한 구간에 대한 TIN 자료를 구성하였으며, 구성된 유한요소망의 각 노드에 대한 x, y 좌표값을 텍스트파일로 변환하여 본 연구모형에 적용가능한 형식으로 구축하였다. 지점별 x, y 좌표와 이에 해당하는 표고 자료를 포함한 수치모형 입력자료를 결정하고, 남한강 본류의 지형에 대한 지형도 자동독취과정을 이용하고, MicroStation에 의해서 구간의 격자와 절점을 선정하였다. 홍수범람 피해지역을 중심으로 상류부와 하류부에 대한 지형 자료를 조합하였고, 상이한 축척자료를 동일한 축척으로 조합하였으며 대상구간을 포함한 해석 하도 구간에 대한 수치지도를 합성하였다.

그림 6은 Arc/Info 상에서 계산 모의결과를 도시한 것으로서 범람홍수로 인한 제내지에서의 범람수심 36.11 m에 대한 2차원 홍수범람도로서 전체적인 범람범위는 피해이후 여주군에서 조사된 남한강수계 침수방지대책 기본조사의 범람범위와 잘 일치하고 있었다. 또한 본 연구수행과정을 통해서 실시된 현지주민들과의 광범위한 면담자료를 통해서 얻은 자료와도 잘 일치되는 결과를 얻을 수 있었다.

6. 결 론

본 연구에서는 하천제방의 월류 및 붕괴로 인한 하천범람에 따른 해석을 위해서 침수범위 및 침수위의 추정, 예상피해규모를 예측할 수 있는 수치해석 모형을 개발하였고, 이를 지리정보시스템과 연계하여 홍수범람도를 작성하였다.

이를 위해서 본 연구에서는 DWOPER 모형에 제방월류 및 붕괴에 따른 홍수해석, 제내지에서의 범람 해석 등을 처리할 수 있도록 프로그램을 대폭적으로 개선, 보강한 모형을 개발하였으며, 이를 '95년 8월 남한강의 여주지역의 홍수범람 양상을 규명하기 위해 적용하였다. 홍수과해석에 의한 평균 홍수위와 제방고와의 비교 결과 No. 82, 79, 78, 75 지점 등에서 월류가 크게 발생하였다. 이로 인한 제내지에서의 범람 수위는 36.11 m로 나타났으며, 최대 593.9 ha의 범람 피해지역이 발생하였다. 이러한 범람범위는 홍수범람피해 이후 여주군에서 조사된 남한강수계 침수방지대책 기본조사의 범람범위와 잘 일치되고 있었으며, 현지 주민들과의 면담자료를 통해서 얻은 자료와도 잘 일치되는 결과를 얻을 수 있었다.

홍수범람에 따른 해석결과를 Arc/Info와 연계하여 처리할 수 있는 홍수범람시스템(Flood Inundation Analysis System)을 구축함으로써 제내지의 범람예측도를 시간별로 작성할 수 있는 해석기법을 제시하였다. 본 연구모형은 과학적인 범람홍수의 관리와 함께 국내 하천유역의 홍수범람구역 예측분야에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단되었다.

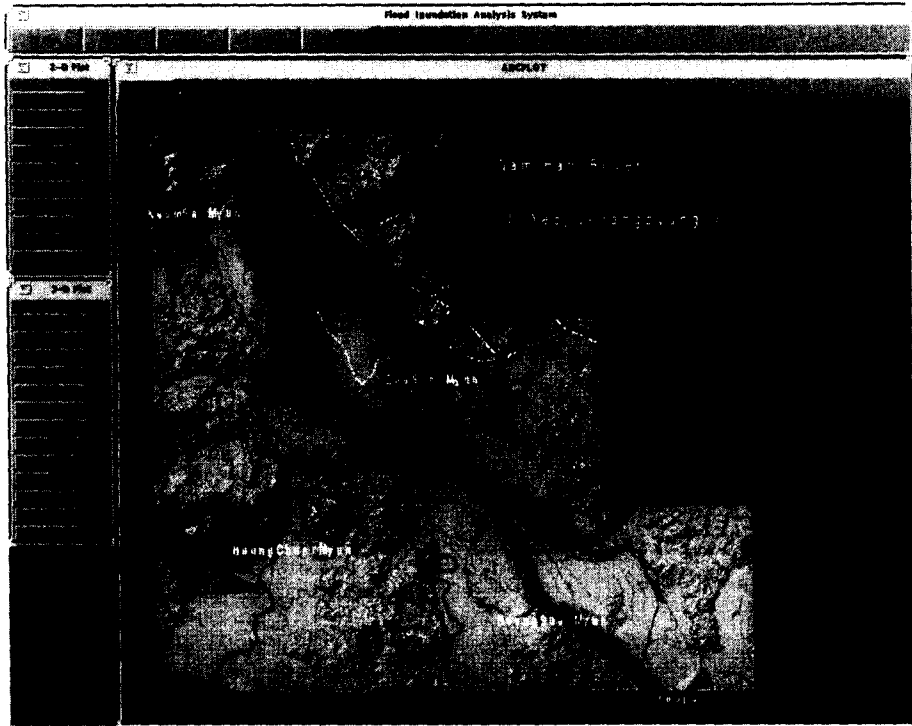


그림 6. '95년 홍수시 대상구역의 2차원 홍수범람도

6. 참고문헌

- 내무부. (1996). '95 수해흔적 및 피해원인 조사 보고서.
- 여주군. (1996). 남한강 수계 침수방지대책 기본조사 보고서.
- 이종태, 한건연 (1989). "하천제방의 붕괴로 인한 제내지의 침수예측 모형." 한국수문학회논문집 제22권, 제2호, pp. 223-231.
- Estrela, T., and Quintas, L. (1994). "Use of a GIS in the modeling of flows on floodplains." *Proc. of Second International Conference on River Flood Hydraulics*, March 22-25, 1994, York, England, pp. 177-183.
- Lee, J.T., and Han, K.Y. (1989). "A dynamic levee breach model and its applications to hypothetical and actual flood." *Proc. of the XXIII Congress of International Association for Hydraulic Research*, Aug. 21-25, 1989, Ottawa, Canada, pp. B.441-B.448.
- Syme, W.J., and Paudyal, G.N. (1994). "Bangladesh flood management model." *Proc. of Second International Conference on River Flood Hydraulics*, March 22-25, 1994, York, England, pp. 167-176.