

# GUI를 이용한 도시홍수 예경보시스템의 구성

## Development of Urban Flood System using GUI

이 범희\*, 김 성원\*\*  
Beum Hee Lee, Sung Won Kim

### 요 지

최근 도시의 발달은 하상공간에 대한 이용도를 높이는 방향으로 개발이 진행되어가는 추세이며, 하상도로 및 하상주차장의 이용은 이제 도시 내에서 이용 가능한 마지막 여유 공간으로 인식될 정도로 그 의존도가 높아져가고 있다. 그러나 하상공간의 활용도가 높아져갈 수록 도시홍수의 발생으로 인한 대피문제가 발생하게 되고 돌발홍수로 인하여 하상도로의 차단 혹은 하상 주차장에 주차된 차량의 소거가 늦어지는 경우 고스란히 피해를 보게 되는 등 그 부작용도 계속 증가되고 있다. 도시홍수의 특성을 살펴보면 국지성 돌발 강우에 의한 유량의 급격한 증가와 짧은 유하시간, 작은 유역면적 등에 의하여 주요 예보지점까지의 도달시간이 매우 짧아 수문학적 홍수예측 모형을 이용하여 홍수예측 업무를 수행하는데 선행시간을 충분히 확보할 수 없다는 단점을 지니고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 기존의 하천시스템에 대한 모의모형을 통하여 홍수 예경보를 발령하기에는 선행시간의 확보(대피시간의 확보)라는 측면에서 상당한 어려움을 지닐 수 있으므로 시시각각으로 측정되는 실시간 수위측정 자료 및 실시간 강우자료를 이용하여 모형의 수행과정을 생략하고, 하천의 수위변동을 직접 예측하여 대피할 수 있는 통계학적 모형(회귀분석 기법) 기반의 수문모형을 개발하였다. 이를 위하여 각 관측 자료로부터 대상 지점(홍수 예보지점)의 수위를 간단한 입력 자료만으로도 직접 구할 수 있는 통계학적 기법을 활용하여 홍수예보 업무를 실시할 수 있도록 하였다. 이에 따라 강우강도 등의 강우정보, 하천 수위정보 등을 이용하여 간단한 홍수예보가 가능한 규칙을 제시하였고, 홍수예보 업무에 신속하게 대응할 수 있는 시스템을 구축하기 위하여 Visual Basic 6.0을 사용한 GUI 기반의 홍수예측 수문모형을 구성하였으며, 제어변수(control variable)로는 강우 관측자료, 수위 등 유출관측 자료로 구분하여 수문모형을 구성함으로써 실무자들이 쉽게 활용할 수 있는 홍수 예경보 시스템의 기본모형을 제시하였다.

**핵심용어: 도시홍수 예경보, 통계학적 모형, GUI**

\* 정 회 원 · 배재대학교 건설환경철도공학과 부교수 · E-mail: [bhlee@pcu.ac.kr](mailto:bhlee@pcu.ac.kr)

\*\* 학생회원 · 배재대학교 건설환경철도공학과 석사과정 · E-mail: [oper109@nate.com](mailto:oper109@nate.com)

## 1. 도시홍수 예측모형의 개발

최근 하천 공간내의 하상도로 및 하상 주차장 등을 활용한 도시 활동이 늘어나는 추세에 따라 하상공간의 침수여부에 대한 관심이 더욱 증진되고 있으며, 특히 이러한 공간의 침수 경우에는 단순히 범람여부의 예측만이 아니고 하상도로 운행의 차단 및 주차된 차량의 안전지대로의 이동 등 피해감소를 위한 선행시간의 확보도 중요하게 되어 얼마나 빠른 시간에 충분한 선행시간을 두고 정확한 범람여부를 예측할 수 있는가가 더욱 중요한 관점이 되고 있다. 이러한 목적에 따라 간단한 입력자료 만으로도 홍수예측을 수행할 수 있는 통계학적인 기법을 활용하여 홍수예보 업무에 활용할 수 있도록 하였으며, 대전광역시외의 갑천 유역을 대상으로 홍수 예·경보 모형을 구성하였다.

## 2. 수문모형을 위한 통계학적 기법의 기초 구성 및 적용

회귀분석 기법을 적용하여 도시하천에서의 수위 상승을 예측하고, 가용한 한정된 정보(현재까지의 강우 및 대상지점과 상류의 수위)를 기반으로 장래 수위 및 유출을 예측하고, 홍수 경계 및 위험수위 근접 혹은 초과여부를 판단하여 홍수 예·경보를 제시할 수 있도록 하였다. 각 수위 및 강우관측소들 간의 자료들을 활용하되, 현재까지의 관측 자료들을 이용하여 1시간에서 4시간 후의 수위변화를 예측할 수 있는 모형을 구성하되. 여기에서 기상청의 강우예보 자료를 활용하지 않는 이유로는 강우에 대한 예측이 총량예보 방식으로 이루어지고 있어 예측된 강우의 지속시간이 얼마인지를 정확히 추정하기 어려웠다는 점을 들 수 있으며, 기존의 강우-유출 모형이 아닌 통계적 모형으로 홍수 예·경보 모형의 구성을 시도한 것은 강우의 형태, 강도 등에 대한 예측 정보가 없는 경우 기존의 강우-유출모형의 적용이 어렵고, 이러한 모형을 적용하는 경우에도 각종 매개변수의 추정과정이 복잡하며, 모형 수행 및 분석과정에서 돌발 홍수의 특성을 지니고 있는 도시홍수에 대한 충분한 예비시간(대피시간)의 확보가 어렵다는 점을 들 수 있다. 이에 따라 대전광역시 유역에서의 관측 및 이용 가능한 수위, 강우자료들을 활용하도록 하였으며, 회귀분석에 의한 수위 변화 예측식의 형태로는

$$h_{i,n} = b_{i,n} + \sum_{t=0}^{p_i} \Phi_{i,i,t,n} h_{i,t} + \sum_{j=1}^{u_i} \sum_{t=0}^{p_j} \Phi_{i,j,t,n} h_{j,t} \quad (1)$$

을 사용하였다. 여기에서,

$h_{i,n}$  : 수위를 예측하고자 하는 대상지점  $i$ 에서  $n$  시간 후의 수위

$b_{i,n}$  : 대상지점  $i$ 에서  $n$  시간 후의 수위를 예측하기 위한 선형회귀모형에서의 상수

$\phi_{ij,t,n}$  : 대상지점  $i$ 의 상류에 위치한  $j$  지점의  $t$  시간 수위자료와  $i$  지점에서의  $n$  시간 후의 수위자료의 회귀계수

$t$  : 기존에 관측된 자료의 관측시간. 현재시간을 0으로 두었을 때 회귀식 계산을 위하여 사용된  $i$  지점에서의  $p_i$  시간까지의 선행자료 시간 ( $t = 1, 2, \dots, p_i$ )

$u_i$  :  $i$  지점 상류에 위치하고 있는 수위관측소의 수이다.

## 2.1 유성 지점 수위변동 예측모형의 구성

대전광역시 수위지점별 수위예측기법의 적용을 설명하기 위하여 유성지점의 경우에 적용한 사례를 제시하였다. 유성지역은 상류로 가수원 수위관측소 및 용촌 수위관측소가 존재하며 각 관측소 사이에 진잠천과 두계천이 합류하여 들어오고 있다. 따라서 유성 지점에서의 수위예측을 위해서는 시간의 변화에 따른 유성지점의 수위관측 자료와 가수원 및 용촌지점의 수위관측값을 활용할 수 있으며, 현재까지의 강우자료들을 고려할 수 있다. 유성지점까지의 구간 모식도는 [그림1]과 같이 제시할 수 있다.

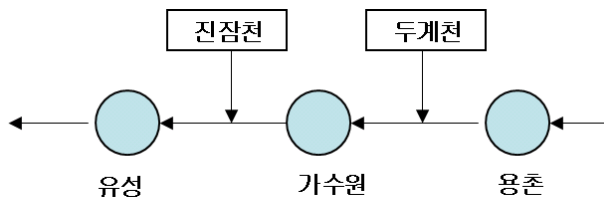


그림 1 용촌 - 인도교 구간 모식도

## 2.2 수문모형을 위한 시나리오의 기초 적용 및 평가

유성, 용촌, 가수원의 현재까지 수위관측 값과 현재 강우량을 이용하여 유성 지점에 대한 1시간 이후의 수위를 예측하고, 이를 실제수위와 비교하였다. 이에 따르면, 전반의 침투시각 및 수위는 예측수위가 2.23 m, 실제수위가 2.21 m로 수위 예측의 오차는 0.02 m(오차 0.75 %)만큼 과다 추정하였고, 침투시간은 모의 18시 및 실제 19시로 1시간 먼저 침투에 도달하는 것으로 예측하였다. 후반의 침투시간 및 침투값은 예측수위가 2.58 m, 실제수위가 2.68 m로 수위 예측 오차는 0.1 m(오차 3.79 %)이나 침투 발생시각은 공히 81시로 일치하였다.

30분 예측 선행시간을 적용한 경우에 대하여 유성지점에 대한 예측수위를

실제수위와 비교하였다. 이에 따르면, 전반의 침투 시각 및 수위는 예측 수위가 2.2 m, 실제 수위가 2.21 m로 수위 예측 값이 0.01 m(오차 0.08 %)만큼 과소 추정하였고 침투시간은 모의 17.5시 및 실제 19시로 1시간 30분 먼저 침투에 도달하는 것으로 예측하였다. 후반의 침투 시간 및 수위는 예측수위가 2.55 m, 실제수위가 2.68 m로 수위오차는 0.13 m (오차 4.7 %)이었으나 침투 발생시각은 예측 침투시각의 경우 80.5시, 실제 침투 발생시각은 모의 후 81시로서 30분 먼저 침투에 도달하는 것으로 예측하였다.

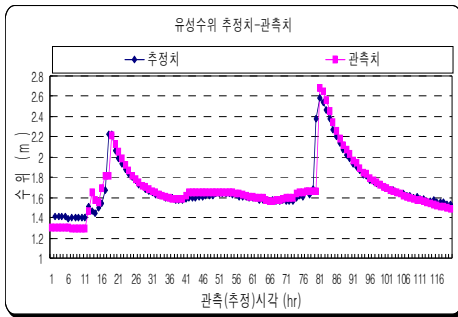


그림 2 유성수위 추정치-관측치 관계 (60분 선행모의 결과)

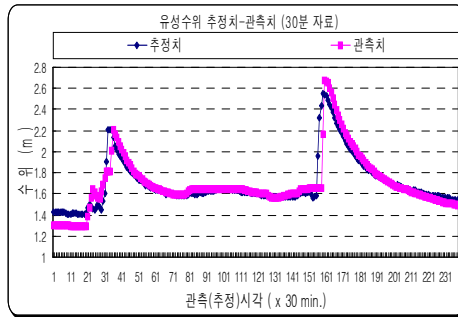


그림 3 유성수위 추정치-관측치 관계 (30분 선행모의 결과)

### 3. GUI 시스템의 구성

본 모형을 실무에 적용할 것을 가정하여 사용자가 본 모형을 실용적으로 적용할 수 있도록 GUI기법을 적용하였다. 시스템의 구성을 위한 각 화면의

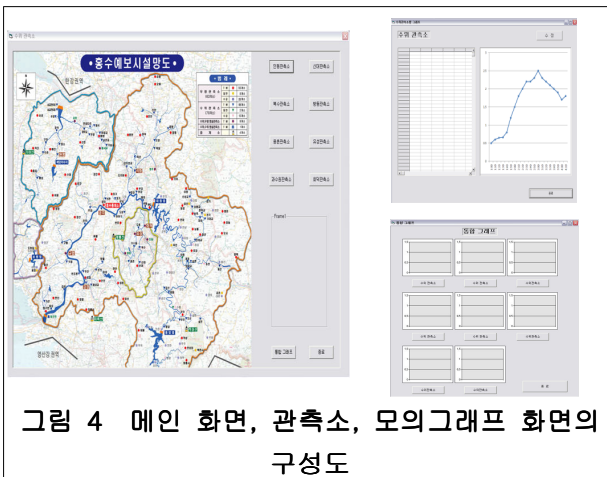


그림 4 메인 화면, 관측소, 모의그래프 화면의 구성도

구성도(site-map)를 제시하면 [그림 4]와 같다. 즉, 주화면(Main-menu)에서 각각의 수위관측소를 선택하면, 대상 수위, 강우 관측소의 자료입력, 수정 후 그래프로 표시할 수 있으며, 통합그래프를 선택할 경우 전체유역의 예측 지점에 대한 수위 예측결과를 그래프로 제시함으로써 전체 유역의 수위변동

을 한눈에 파악할 수 있도록 하였다. 이 때 통합그래프 상에 제시된 특정 수위관측소의 그래프를 클릭할 경우에는 수위관측소 모듈로 다시 넘어가 선택된 수위관측소의 자료수정 및 결과의 확인이 가능하도록 하여 전체 결과와 특정 결과를 넘나들 수 있도록 구성하였다.

#### 4. 결론

이러한 결과를 이용하여 실제 대전광역시 유역에 대하여 2006년 홍수사상에 대하여 신뢰도를 검토하였으며, 검토기준으로는 본 연구가 수위의 정확한 모의보다는 위험수위를 넘는 시간을 예측하고 이를 통하여 대피시간(선행시간)을 확보할 수 있도록 홍수경보를 발령하는 것이 목적이므로 ① 홍수경보의 발령 후 실제로 위험수위에 도달하였는지의 검토 및 ② 홍수경보를 발령할 만한 조건에 이르지 못하였는데(즉, 위험수위를 넘을 것으로 예측하지 못한 경우) 위험수위를 넘는 경우 역시 홍수경보 모형이 실패한 것으로 보았다. 이러한 조건에 따라 대전광역시 3대 하천에 대하여 홍수경보 모형을 2006년 홍수기(6월부터 9월)의 유량, 강우 조건에 적용한 결과 ②번 조건에 대한 경우는 발생하지 않았으나 위험 수위에 도달할 것으로 예측한 시간보다 실제 위험수위에 도달한 시간이 늦게 발생하는 현상(즉, 위험수위 도달 예측 시간이 실제 위험수위도달시간보다 선행하는 현상)이 간헐적으로 나타나고 있으나 앞의 조건들의 경우로 판단할 때에는 상당한 효과를 보여주고 있음을 알 수 있었다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설기술혁신사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

#### 참 고 문 헌

1. 대전광역시(2005). 대전천 유지용수 확보 기본 및 실시설계(유지용수 확보 방안 검토).
2. 서울대학교(2005). 안양천 유역의 물 순환 건전화 기술개발 - 연차보고서 -, 수자원의 지속적 확보기술 개발사업단.
3. AMIS(2005). 한국수자원공사 국가수자원관리종합정보시스템 인터넷사이트 (<http://www.wamis.go.kr>)