

홍수위 분석에 대한 방법론적 비교 연구

최채복* · 김동권** · 박세훈*** · 문영일****

1. 서론

최근 새로운 기후형태로 국지성 집중호우가 빈발하는 경향을 보이고 있고, 이에 따른 도심지 하천변 지대의 홍수피해가 증가하고 있다. 이에 홍수피해의 예측과 방어계획을 위해 과거에 제안되었던 많은 이론들이 컴퓨터의 발달과 함께 다양한 컴퓨터 프로그램으로 개발되어 복잡한 수문현상에 대해 정밀한 모의를 가능하게 했다. 이런 모형에 대하여 많은 연구가 진행되어 오고 있으나 국내에서 시행되고있는 하천정비기본계획이나 실무에서 이런 모형들에 대한 비교 검토는 거의 이루어지고 있지 않는 실정이며 측정자료의 이용이나 모형적용의 용이성을 위하여 대부분 일차원 점변부정류 해석프로그램인 HEC-Ras 모형에 의한 분석이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 홍수위 분석을 위한 모형들에 대한 비교 검토 및 적용성을 알아보고자 실측자료에 기반을 둔 HEC-Ras 모형 및 SMS(Surface Water Modeling System) 모형을 적용하였고 수치지형자료를 토대로 한 GIS 연계모형의 적용성을 검토하였다. 먼저 홍수위 추적이 비교적 간단하고 전체 대상유역에 대해 이루어지는 HEC-Ras 모형을 적용하여 유역면적이 27.67 km²의 중규모유역에 해당하는 우이천 실험유역에 대하여 빈도별 확률강수량에 따른 홍수위를 추적하였고, 분석된 결과를 토대로 하여 홍수범람의 위험이 예상되거나 심한 굴곡이나 수리구조물로 인한 수리학적 흐름에 불리한 구간을 선정하여 정교한 하천흐름의 2차원 모의가 가능한 SMS(Surface Water Modeling System)모형을 활용하여 분석하였다. 다음으로 ArcView와 HEC-GeoRAS를 연계하여 수치지형자료를 기반으로 모형의 검토 및 수문모델링 분야에서의 적용성을 검토하였다.

2. 본론

2.1 HEC-Ras 모형을 이용한 수면곡선계산

단면분할 및 조도계수, 계획홍수량 등 기본적인 입력조건은 우이천·도봉천 치수대책수립 및 실시설계 보고서를 토대로 하였고 빈도별 홍수위를 계산하기 기점홍수위는 본류인 중랑천 합류부의 계획홍수위인 $EL\ 17.05m$ 를 적용하였다. 부등류 해석기법으로 주요구간별 빈도별 홍수위를 모의하였고, 그 결과 일부구간은 20년 빈도에도 못 미치는 홍수량에도 기존 제방을 넘는 경우도 발생하였으며, 분석상의 오차를 완전히 배제할 수 없으므로 검토를 위해 이 구간을 2차원 분석에 포함시켰다.

화계천 합류구간을 기점으로 하류 100 m지점에서부터 월계508교까지의 구간에서 80년

* 한국종합기술개발공사 항만부

** 현대산업개발(주) 토목건설예산팀장

*** 한국시설안전기술공단 진단2본부 댐항만실 부장

**** 서울시립대 토목공학과 부교수

및 100년 빈도 홍수량에 대부분 범람하는 것으로 분석이 이루어졌으며, 대동천과 합류하는 하류 일부구간에서 100년 빈도 홍수량에 범람하는 것을 제외하면 상류부는 안전한 것으로 판단된다. <그림 1>은 화계천 합류구간에 대한 분석 결과를 나타내었다.

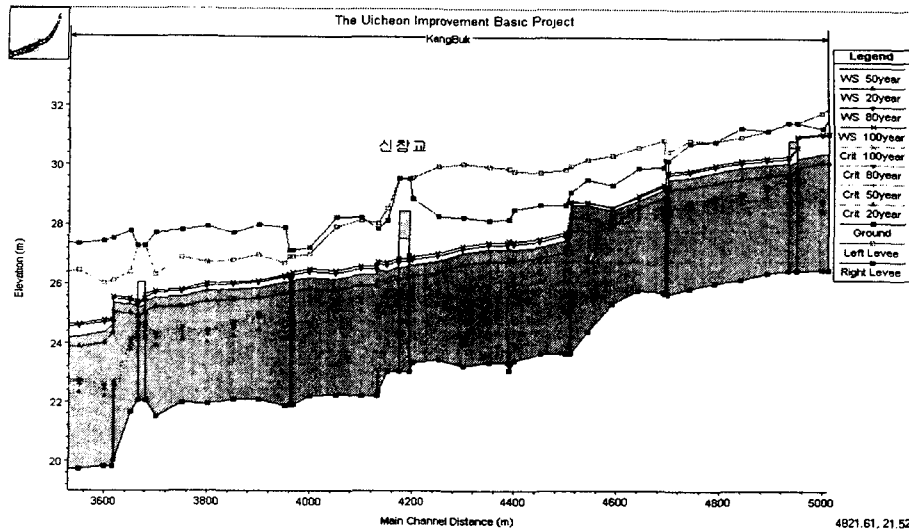


그림 1. 화계천 합류구간의 수면곡선 분석결과

2.2 SMS모형을 이용한 2차원 수리분석

본류인 중랑천과의 합류부에서의 수리영향분석을 위해 특정모의조건으로 상류단 유량을 50빈도의 계획홍수량인 $356 \text{ m}^3/\text{sec}$ 로 고정하고 하류단 수위를 16.05 m 에서 18.05 m 까지 20시간동안 변화시키면서 모의하였다. 특정조건하에서 모의된 결과를 토대로 우이천의 수위는 변화가 없는 상태에서 중랑천상류의 집중호우로 인하여 중랑천 수위가 2.0 m 상승하는 경우 우이천의 수위는 상류지점 300 m 에서 약 0.32 m 상승하는 것으로 모의되었다.

또한, 하천 내 구조물의 설치는 통수단면적을 줄이며 수위를 높이므로 이에 대한 검토가 있어야 한다. 특히, HEC-Ras 모형의 모의결과 50년 빈도 이상의 홍수량이 유입될 경우 제방범람의 가능성이 나타나는 월계2교 지점을 전후로 하여 월계508교까지를 검토구간으로 선정하였으며, 수위와 유속분포의 정확한 예측을 위하여 2차원 모형인 SMS 모형을 이용하여 모의하였다. 모형의 정확성을 위해 우이천 유역의 1/1,000 수치지도를 이용하였고, 경계조건은 50년 빈도 홍수량인 상류단의 유량 $332 \text{ m}^3/\text{sec}$ 와 하류단 수위 21.94 m 를 적용하였다. 그리고 검토구간의 조도계수는 기본조건에서 0.033을 적용하였다. 모의조건으로는 교량이 없는 경우(Case1)와 교량이 설치된 후(Case2)로 구분하였다. 모의된 결과는 <표 1>과 같고, <그림 2>에서 각각의 유속 및 수위분포를 도시하여 비교 분석하였다.

표 1. 월계2교구간의 유속 및 수위 변화

분 류	유속(m/s)		유속차(m/s)	홍수위(EL.m)		수위차(m)
	교각상류	교각하류		교각상류	교각하류	
case1	2.05	2.11	0.06	23.07	22.92	0.15
case2	1.67	2.31	0.64	24.02	23.22	0.80

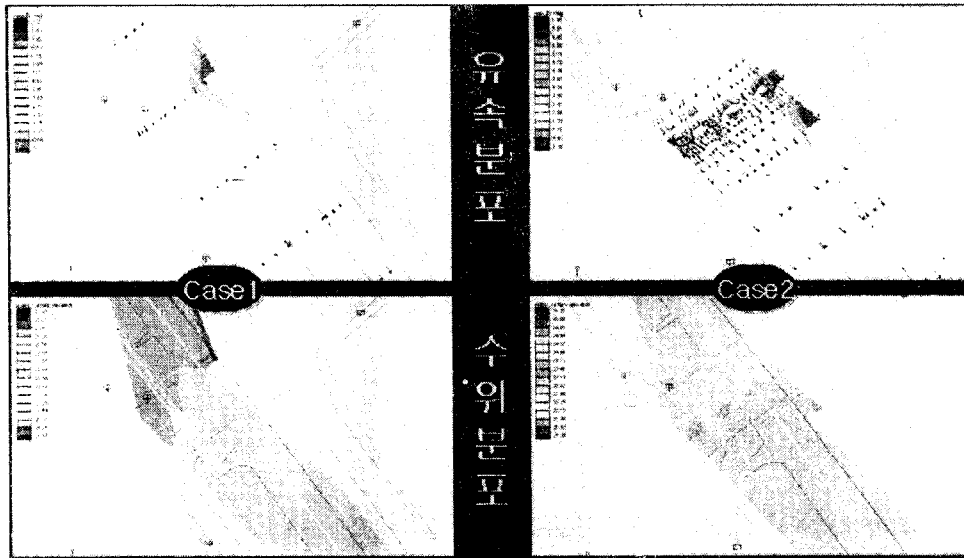


그림 2. 월계2교구간의 유속 및 수위분포

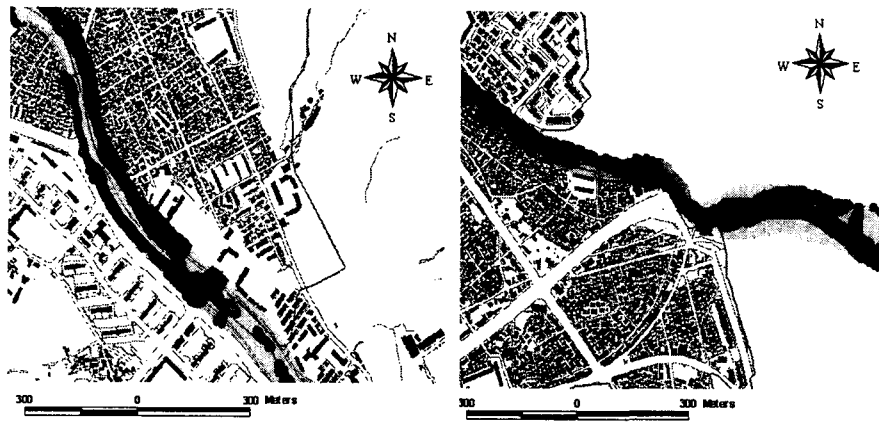
월계2교로 인하여 하천 유속은 약 0.58 m/sec 증가하고 수위는 약 0.65 m 상승한다. 하지만 HEC-Ras 모형에서 발생한 50년 빈도에서의 범람으로 인한 제방의 안전에는 이상이 없는 것으로 나타났다. 또한 좌측 제방이 불규칙하고 하류 쪽으로 월계508교와 만나게 되면서 흐름이 방해받아 일어난 것으로 판단되는 와류구간이 유속분포도에서 발견되었다. 이런 불규칙한 와류상태의 흐름은 하천흐름을 방해할 뿐만 아니라, 갈수기시 정체로 인한 수질오염의 원인이 될 수 있다.

2.3 GIS 연계모형의 적용성 검토

실측자료에 기반을 둔 수치해석 모형들은 모의수행 결과가 일회성에 그치는 반면, 두 가지 환경이 동시에 구축된 시스템 하에서는 다중성을 가지게 됨으로써 다양한 활용이 가능하게 된다. 또한, 시각적인 출력을 이용하게 되므로 좀더 직관적인 이해환경이 구축된다. 먼저 기본적인 지형에 관한 자료를 GIS소프트웨어를 통해 모형에 알맞은 자료로 가공한 후, 그 자료를 이용하여 모형을 수행한다. 모형 수행 후 나온 결과는 다시 GIS 소프트웨어를 통해 제시되는 방식이다. <그림 3>은 우이천 유역에 적용한 결과이며, 50년 빈도에 해당하는 수위분포를 나타낸다. HEC-GeoRAS 적용시의 문제점은 기존 수치 지형데이터를 이용하여 모델링할 경우 실제 단면을 정확히 모의하기 힘든 문제점을 가지고 있으며, 보정 작업이 필요하다. 또한 하천의 수공구조물은 지형데이터로부터 획득할 수 없기 때문에 구조물별로 입력해야 하는 어려움이 있다.

3. 결론

실제 도시하천에 대한 홍수위 분석을 위해, 홍수위 추적이 가능한 HEC-Ras 모형 및 2차원 하천흐름의 모의가 가능한 SMS모형을 활용하였고, 수치지형자료의 연계 분석을 적용하여 보았다. 유역면적이 27.67 km^2 의 중규모유역에 해당하는 우이천 실험유역에 대하여 적용된 HEC-Ras 모형은 가장 일반적이고 기본이 되는 모형으로 실측된 측량자료를 기반으로 하여 전체유역에 대하여 적용하였다.



(a) 화계천 합류부

(b) 중랑천 합류부

그림 3. GIS 연계모형에 의한 수위분포

그 결과 80년 빈도 이상의 홍수량에서 복개 지천인 화계천 합류부를 지나면서 제방의 범람이 발생하는 것으로 분석되었으며, 하천의 하류부인 월계 508교까지 그 영향이 나타난다. 현재 우이천은 50년의 설계빈도로 되어있고, 분석된 결과에 따르면 신우연립앞교를 중심으로 상·하류 50 m 구간에서 이에 못 미치는 빈도에도 범람의 가능성이 나타났다. HEC-Ras 모형은 실제 하천의 형태나 수리학적 유동 등을 반영하지 않는 상태에서 분석이 이루어지므로, 이런 조건들을 반영하여 실제 하천에 가까운 보다 정교한 모의가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 이에, 이 구간을 포함하는 월계2교 지점을 중심으로 유한요소 격자망으로 구성하여 SMS 모형을 적용하였다. 그 결과 교량에 의한 통수단면적의 축소로 인하여 수위는 0.65m 증가하고 유속은 약 0.58m/s 빨리지는 것으로 분석되었다. 하지만 HEC-Ras 모형에서 발생한 범람으로 인한 제방의 안전에는 이상이 없는 것으로 나타났다.

GIS를 이용한 모형을 통한 분석에서는 실제 지형을 가장 합리적으로 모식화하고 분석에서의 객관성을 유지할 수 있는 장점을 가지며 지형자료를 기반으로 하고 있기 때문에 실제 지형에 대한 개괄적인 수리학적 영향 및 범람 가능지역에 대한 분석 등에 유용하게 이용될 수 있을 것이다. 하지만 현재까지 제공되는 수치지형자료에서 추출된 단면은 실제 측량된 단면과 어느 정도의 오차를 보이며, 우이천과 같은 소규모 도시하천에 적용하기 위해서는 실측자료를 통한 보정이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 수리·수문학적 분석에 내포된 불확실성에 대해서 다양한 모형과 실제 유역에 방법론적으로 다양한 적용을 통하여 해석결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있으며, 하나의 모형으로 정형화되어 이루어지는 분석에서 간과되는 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, GIS를 활용한 수리학적 영향평가, 제방안전도 검토 및 홍수범람도 작성 등에 유용한 근거를 제공할 것으로 사료된다.

4. 참고문헌

1. HEC, HECPrePro-GIS Preprocessor for RAS. User's Guide and Reference Manual, prepared by Center for Research in Water Resources, University of Texas, 1996.
2. 한국수자원학회, 제 10 회 수공학 Workshop, SMS User's Guide and Reference, 2001.