

Virtual GIS를 이용한 침수심 분석에 관한 연구

○정인주*, 이정민**, 손인식*** 김상용****

1. 서론

최근에 수자원 분야에서는 홍수피해에 대하여 수리·수문학적 개념과 지리정보시스템을 연계하여 대책을 찾고 있다. 이처럼 GIS(Geographic Information System)는 수자원 분야에서 새로운 가능성으로 제시되고 있으며, 공간자료를 분석할 수 있는 도구로써 침수분석을 하는데 큰 도움을 주고 있다. 또한 GIS와 수문학의 연관성은 수문모형의 설계 및 검증 등의 작업에도 도움을 주고 있다.

실세계의 표현은 3차원적 공간으로 구성되어 있다. 이러한 공간을 수문학 분야에서는 주로 불규칙삼각망(Triangulated irregular network, TIN)과 수치표고모형(digital elevation model, DEM)을 이용하여 지형을 표현하고 있다. 본 논문에서는 델로니 삼각망 알고리즘을 이용하여 불규칙삼각망을 구축하여 생성된 삼각형 각각에 대하여 체적을 산정하는 방법을 제시함으로써 침수량을 표현하는데 오차를 줄일 수 있었다. 강우에 의한 침수량을 지형 위에 표현하기 위해서는 좀더 참값에 근사한 지형의 체적이 필요하다. 즉 이러한 지형의 체적은 Virtual GIS를 활용하여 3차원적인 수문량을 표현하고 침수에 대한 피해를 분석하기 위해서는 무엇보다도 필요하다 하겠다. 따라서 본 연구에서는 하천주위에 있는 도시주거단지의 홍수범람 및 침수피해를 방지하기 위하여 체계적인 하천관리를 통하여 이상기후 등에 의한 홍수위의 변화 및 제내지의 침수상황 등을 미리 재현해 봄으로써 피해를 예방하고, 또한 위험한 지역을 미리 예측할 수 있도록 3차원적인 공간으로 표현하였다. 본 연구에서 개발된 시스템은 3차원 GIS를 이용하여 실시간 상황을 재현함으로써 실제 피해상황을 좀더 세밀하게 예측할 수 있으므로 재해를 최대한 방지할 수 있고, 이상기후로 인한 자연재해발생 시 대책을 수립하는데 도움을 줄 수 있다고 본다.

2. 불규칙삼각망을 이용한 지형의 표현

지형을 표현하는데는 주로 불규칙삼각망을 이용하고 있다. 불규칙 삼각망은 불규칙하게 분포된 점(x, y, z)들의 표고를 추출한 후 삼각형의 모양으로 점들을 연결하여 지형을 표현하는 방식이다. 본 연구에서는 대상유역인 부산광역시 수영강 유역내에 위치하는 반여 및 수영·망미지구에 대하여 불규칙삼각망을 구축하여 3차원 지형을 표현하였다. 이때 불규칙삼각망은 델로니삼각망 알고리즘을 C++언어에 의하여 구축하였다.

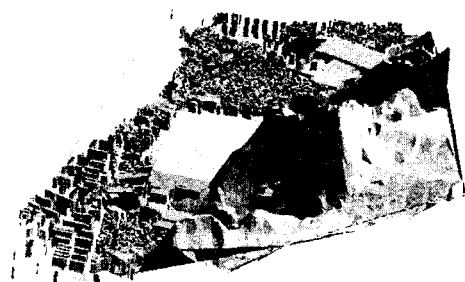


그림 1 지형의 표현

* 정회원 · 부경대학교 토목공학과 박사수료 · 공학석사 · 051-623-8812(E-mail:ijjeong@mail1.pknu.ac.kr)
** 정회원 · 부경대학교 토목공학과 박사과정 · 공학석사 · 051-623-8812(E-mail:andrew4502@orgio.net)
*** 정회원 · 부경대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 051-620-1447(E-mail:shonis@pknu.ac.kr)
**** 정회원 · 부경대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 051-620-1443(E-mail:kimsang@pknu.ac.kr)

3. 지형체적 산정식 개발

불규칙삼각망으로 구축된 지형 위에 침수량을 표현하기 위해서는 좀더 정확한 체적을 산정해야 할 필요가 있다. 체적을 표현하는데 오차가 적다는 것은 다시 말하면 침수량을 지형 위에 표현하는데 있어서 오차가 적다고 할 수 있다. 그래서 본 연구에서는 델로니삼각망에 의해서 불규칙삼각망을 구축하여 구축된 각각의 삼각형에 대해서 체적을 산정하는 식을 개발하였다.

삼각형에 대한 체적은 그림 2와 같이 세 개로 구분하여 산정할 수 있었다. V_0 는 삼각기둥으로써 밑면적과 높이를 곱하여 체적을 계산할 수 있으며, V_s 는 삼각뿔의 형태라써 밑면적과 높이를 곱한 값에 1/3을 곱해주면 된다. 그리고 V_p 의 계산은 그림에서 보이

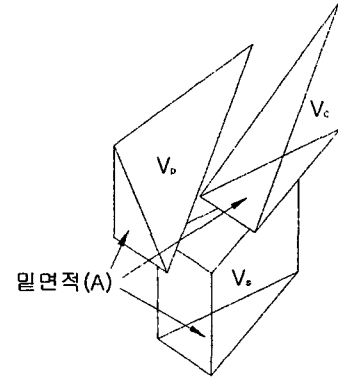


그림 2 삼각형 체적의 분할

는 옆면의 직각삼각형을 밑면으로 보았을 때 높이는 $c \cdot \sin \theta$ 가 된다. 먼저 V_0 의 체적은 $V_0 = A \cdot h_1$ 으로 산정할 수 있다. 여기서, 밑면적 $A = \frac{1}{2} a \cdot c \cdot \sin \theta$ 이다. V_s 의 체적은 $V_s = \frac{1}{3} A(h_2 + h_3)$ 이다. 나머지 삼각뿔의 체적은 옆면에 빗금친 부분이 밑면적으로 하는 체적이 된다. V_p 의 체적을 산정하면 $V_p = \frac{1}{3} \left\{ \left(\frac{1}{2} b \times h_2 \right) \times c \sin \theta \right\}$ 이고 여기서, 밑면적은 $A' = \frac{1}{2} b h_2$ 이다. 따라서 전체체적(V_t)은,

$$\begin{aligned} V_t &= V_0 + V_s + V_p \\ &= Ah_1 + \frac{1}{3} Ah_2 + \frac{1}{3} Ah_3 + \frac{1}{3} \left(\frac{1}{2} b c \sin \theta \times h_2 \right) \\ &= Ah_1 + \frac{1}{3} Ah_2 + \frac{1}{3} Ah_3 + \frac{1}{3} Ah_2 \\ &= Ah_1 + \frac{2}{3} Ah_2 + \frac{1}{3} Ah_3 \\ &= A \left\{ h_1 + \frac{2}{3} h_2 + \frac{1}{3} h_3 \right\} \end{aligned}$$

이다.

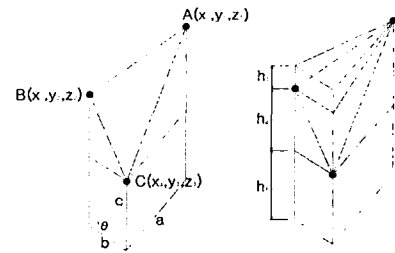


그림 3 대표 삼각형의 체적

4. 시스템 인터페이스

수문순환에 의한 수문현상을 수치 값으로 나타내는 것은 매우 어려우나 지금까지 여러 연구들을 통하여 접근을 하고 있다. 강우로부터 유출에 의한 재내지에 미치는 영향까지 해석을 하기에는 여러 수문모형과 수리학적 모형을 통해서 얻을 수 있다. 그러한 분산된 과정을 본 시스템을 통하여 통합 관리할 수 있도록 하였으며, Virtual GIS를 통하여 3차원 해석을 함으로써 침수심 분석을 하는데 공간상의 수문인자를 획득할 수 있었으며, 특히 침수량, 침수면적, 침수심, 침수건물 등의 정보를 쉽게 얻을 수 있었다.

그림 4는 본 시스템의 메인화면을 소개한 그림이다. 메인화면에서는 확률강우량을 입력데이터로 하여 유출모형(Clark, Nakayasu, Nash, SCS)을 이용하여 홍수량을 산정할 수 있으며, 산정된 홍수량은 시스템에서 자동으로 HEC-RAS모형의 입력데이터를 생성시킨다. 이렇게 생성된 홍수량 자료를 이용하여 홍수위를 산정하였으며 본 시스템에서 개발한 틀에 의하여 GIS와 응용하여 화면에 표현하였다.



그림 4 시스템의 메인화면

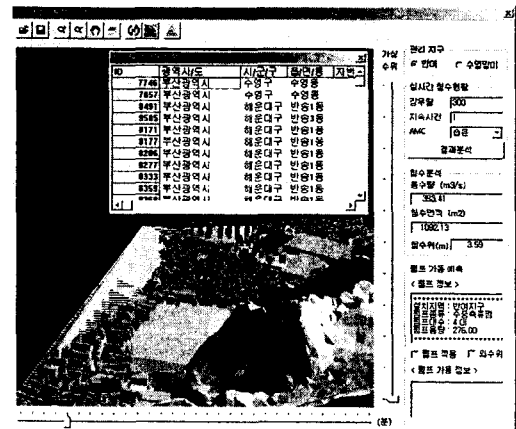


그림 5 실시간 침수분석 시스템

침수분석 시 건물의 현황은 건물 polygon에 대한 dxf format을 ARX에 의해 ID를 부여하고 Access DB 데이터와 연계시켰다. 건물의 높이 값(Elevation)의 결정은 Arc/Info를 이용하였으며, 건물 polygon의 중심을 찾아서 주위에 있는 등고 및 표고의 정보를 받아들여 높이를 결정하였다. 그리하여 침수위에 의하여 건물이 침수가 되는지를 조회하며, 그림 5에서와 같이 flexgrid form에 의하여 결과를 볼 수 있다.

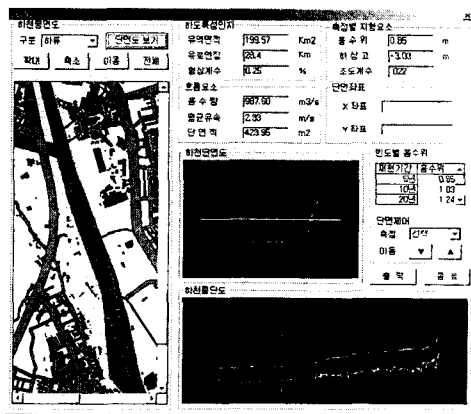


그림 6 수영강 단면현황

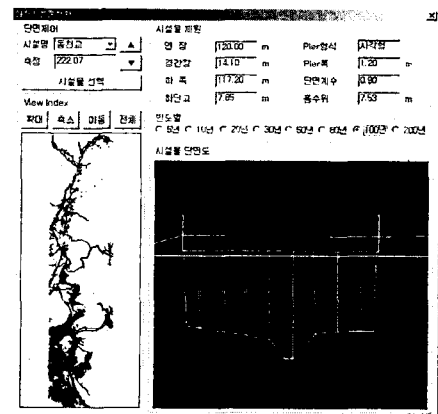


그림 7 수영강 하천시설물현황

실시간 침수분석 시스템은 부산광역시 수영강 유역내에 위치하고 있는 반여지구와 수영·망미지구를 대상으로 하여 구축하였으며, 유출모형인 ILLUDAS모형을 시스템에 추가하였다. 따라서 실제 예상되는 강우량과 지속시간을 입력할 수 있으며 선행토양함수(AMC)조건을 추가로 입력할 수 있다

록 하였다. 이렇게 얻어진 유출량은 대상구역의 지형 위에 표현이 되면서 침수심, 침수면적, 침수량을 동시에 산정할 수 있다. 이때 체적산정식을 선정하는데 있어서 점고법을 이용하였으나 유출모형에 의해서 산출된 유출량을 지형에 표현할 때 오차가 크게 나타나 수위를 제대로 나타내지 못하였다. 그래서 본 연구에서 제시한 체적산정식 $V_t = A \left\{ h_1 + \frac{2}{3} h_2 + \frac{1}{3} h_3 \right\}$ 을 이용하여 체적을 산정하였다.

지금까지 소개한 시스템은 MFC로 구현을 하였으며, AutoCad社에서 제공하는 ARX, Map&You社의 DViewer.ocx, OpenGL로 개발한 3DViewer.ocx, ESRI社의 MapObject 등을 추가하여 시스템을 구축하였다.

5. 결론

수문학에서 지형을 표현하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 지형을 불규칙삼각망에 의하여 표현하였으며, 본 연구에서 제시한 $V_t = A \left\{ h_1 + \frac{2}{3} h_2 + \frac{1}{3} h_3 \right\}$ 식을 이용하여 지형의 체적을 산정함으로써 침수량을 지형위에 표현할 때 오차를 줄일 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제시한 불규칙삼각망에 의한 지형체적 산정식은 수문분야 및 토목분야에서 체적을 산정하는데 도움이 될 것이라고 생각된다. 지형체적의 정확도는 GIS를 이용하여 3차원적인 해석을 하는데 중요한 인자라 할 수 있다. 이렇듯 지금까지 수문학분야에서는 GIS와 연계시켜 수문해석을 하기 위해 노력해 왔다. 최근에는 GIS를 이용함으로써 3차원 해석이 가능해졌으며, 결과를 표현하는데 있어서도 시스템 사용자 및 비전문자도 이해를 쉽게 할 수 있도록 하였다. 그리고 지형정보와 수문정보를 연계시킴으로 필요한 정보를 실시간에 대하여 신속하게 획득할 수 있었다. 특히 3차원 공간상의 수문인자(침수량, 침수심, 침수면적 등)를 쉽게 획득함으로써 향후 계속되는 GIS와 수문학의 연계있는 연구에 큰 도움이 되리라고 사료된다.

참고문헌

1. 김의명, 이석균, 김태균, 2000, "방사삼각망알고리즘을 이용한 불규칙삼각망의 생성과 경사분석", 대한토목학회논문집, 제20권 6-D호.
2. 신봉호, 양승룡, 송왕재, 김용태, 정성훈, 1999, "불규칙삼각망을 이용한 수치지형모델 구축", 건설기술연구소 논문집, 제18호 1권.
3. 이인엽, 1999, "지형공간정보체계를 이용한 유역분석." 연세대학교 산업대학원 환경공학 전공, pp.1~22
4. 최영재, 1999, "지형공간정보체계에 의한 수문분석용 지형자료 관리 인터페이스 개발." 강원대학교 대학원 토목공학과, 공학박사학위논문, pp.1~16
5. 이석찬, 고영호, 이창경, 최병길, 1994, "비정규삼각망 데이터구조에 의한 지형의 수치화", 대한토목학회논문집, 제14권 2호, pp328~329.
6. 건설부, 1991, "수자원관리기법개발연구조사 보고서," pp.228~244
7. Samuel Peterson, "Computing Constrained Delaunay triangulations", University of Minnesota Undergraduate.