

전산모형과 지리정보시스템을 결합한 Web 기반의 유역 및 하수도 관리시스템의 개발

Development of Web based Watershed and Sewer Management System using Computational Model and GIS

김 준 현* 박 형 춘** 한 영 한***

Kim, Joon Hyun Park, Hyung Choon Han, Yung Han

Abstract

A web based watershed and sewer management system was developed for the analysis of stormwater runoff and sewer flow, and for optimal operation of sewer works using ArcView and SWMM. SWMM and ArcView were dynamically linked together using Avenue and Visual Basic in order to construct user-friendly management system. The developed system was applied to Choonchun city to verify its utilities. All the relevant field data were analyzed on the basis of developed system, and the modeling of runoff and sewer flow was implemented using RUNOFF and TRANSPORT blocks in SWMM. This system was connected to the management system of surface and subsurface environment management system in order to develop an integrated environmental management system. Furthermore, this system will be a critical part of overall control system of sewer works including sewer line and wastewater treatment plant. As this system can provide comprehensive prediction of flow and pollution profiles and analytical tool equipped with Web-GIS, it could serve widely as a tool not only for optimal management, but also for decision support system to examine the efficiency of planning and implementation of sewer projects.

키워드 : 웹기반의 지리정보시스템, ArcView, SWMM, Avenue, Visual Basic

Keywords : Web-GIS, ArcView, SWMM, Avenue, Visual Basic

1. 서론

최근 하수관망시설은 계속적인 증가 추세에 있으나 이에 따른 하수도 관련자료는 문서 및 도면 자료 포함하고 있어 그 양이 방대하고 복잡하여 관리 및 자료의 갱신이 어려운 실정이다. 이로 인해 정확한 현황 파악이 곤란하여 건설 및 유지관리

계획시 활용도가 낮으며 관리체계가 미흡하고 운영요원의 부족 및 비전문성으로 적절한 관리가 이루어지지 못하고 있어 운영상의 문제점으로 지적되고 있다. 이러한 시점에서 현재 수작업으로 관리되고 있는 하수관망 시설정보의 관리체계를 전산화하여 효율적인 관리가 요구된다.[1][3][6][7]

한편 도시유역은 수문학적 특성 및 배수체계의 변화로 인해 총유출량 및 침투유량의 증가되며 폭우시 하천범람, 하수도용량초과 등의 문제점을 안고 있으며, 방류수의 수질악화 및 하수도의 효율저하를 초래한다. 또한 비점오염원은 유입지점이 불

* 강원대학교 환경·생물공학부 교수, 공학박사

** 강원대학교 대학원 환경공학과 석사과정

*** 강원대학교 대학원 환경공학과 박사과정

명확하고 유입량과 수질에 변화의 폭이 크기 때문에 관리하기도 어렵다.[9]

이 문제의 개선을 위해 GIS를 이용한 정확한 유역의 특성분석 및 하수도시설정보의 전산화가 선행되어야 하며, 강우유출 및 하수관망 모형과 연계하여 정확한 수량 및 수질을 해석하여야 한다. 지리정보시스템은 유역의 모형화 과정에서 필수적인 광범위한 공간자료의 입력, 저장, 갱신, 해석, 그리고 이의 표현에 유용한 기능을 제공한다. 그러나 계산기능이 충분하지 못하므로 모형과 연계시킬 때 좀더 효율적이다. 따라서 GIS와 전산모형의 결합이 많이 시도되었고 유용성 또한 입증되었다. [14]

본 연구는 복잡한 하수관망시설 및 유역의 현황을 데이터베이스로 구축하여 이를 효율적으로 관리할 수 있는 기능과 하수유량 및 수질을 효율적으로 계산할 수 있는 분석 및 예측기능을 포함한 하수도관리시스템의 개발에 목적이 있다. 따라서 하수도시설물 및 수량·수질 데이터베이스, 관망관리기능, 분석 및 예측기능 등을 주요 구성요소로 하고 있으며 GIS기반에 구축되었다.

그러나 GIS의 하드웨어와 소프트웨어는 대부분 고가이므로 공동활용이 요구되며, 사용자가 쉽게 이용할 수 있도록 구축하여야 한다. 이러한 공동활용을 위해서는 GIS를 인터넷상에 구축하는 것이 바람직하며 시설물의 원격관리에 그 기능을 확장할 수 있을 것이다. Web기반의 지리정보시스템은 실무자 또는 정책결정자가 정보이용시 시간과 공간상 제한없이 사용자가 어디 있던 실시간으로 정보를 이용할 수 있다. 한편 Web GIS는 단순한 정보이용 뿐만 아니라 문서, 도면, 동영상 등 다양한 자료의 등록 및 갱신, 분석 및 처리가 가능하다. 이러한 종합적인 기능으로 침수예방, 수질관리, 도시지역의 하수관망 설계 및 관리를 지원하여 국가 예산의 효율적 운용을 지원할 수 있다.

2. SWMM의 이론연구

본 연구에서는 하수도 유동 및 유역 유출 모형 중 세계적으로 가장 많이 사용되고 있으며 많은 적용사례로부터 비교적 그 정확성이 높은 것으로 평가된 SWMM(Window Ver. 4.3)모형에 대한 연구를 수행하였다. 1969년에서 1994년에 걸쳐 미국 EPA에서 개발된 SWMM은 도시지역의 지표유출 해석에 광범위하게 사용되었으며, 유역내의 우수관로, 합류식관로, 자연배수로 등에서의 유동, 수위, 오염물 농도 등을 해석한다.

SWMM은 RUNOFF, TRANSPORT, EXTRAN, USEHP 등 4개의 부모형 및 한 개의 실행 모형으로 구성되어 있다(그림 1). 실행모형은 모델링을 제어하는 기능을 수행한다. 즉, 각 모형

간 자료를 구성하고, 입출력을 제어한다. RUNOFF 모형은 강우에 의해 유역내에서 발생하는 지표유출과 오염도 변화를 추적하여, 수문곡선과 오염도 곡선을 출력한다. 유출모형의 계산결과를 다른 모형에서 이용하여 모델링을 수행한다. TRANSPORT 모형은 우기 및 건기의 하수시스템으로의 침입수량을 계산하고, 하수관로내 유동 및 하수의 수질변화를 계산한다.

적용 대상 유역은 도시유역 및 인위적 배수계통을 갖는 소유역이며, 단일 및 연속강우에 의한 계산이 가능하며, 강우간격은 임의로 설정할 수 있다. 소 배수유역에서 큰 배수유역까지 적용이 가능하며, 배수유역은 최대 200개의 소유역, 수로 및 관로로 구성될 수 있으며, 배수유역의 합성 및 분리가 가능하다. 강우 및 용설에 의한 유출을 해석할 수 있으며, 비선형 저류방정식을 사용하여 유출을 해석하고, 침투량 산정에는 Horton 또는 Green-Ampt 식을 사용하고, 하수관로내 유동은 연속방정식과 운동방정식을 연계하여 해석한다. 본 모형은 하수방류수계의 수질해석을 위하여, WASP, DYNHYD, HEC, STORM, QUAL-II 등의 모형과 연계 적용이 가능하다.[8][10][11]

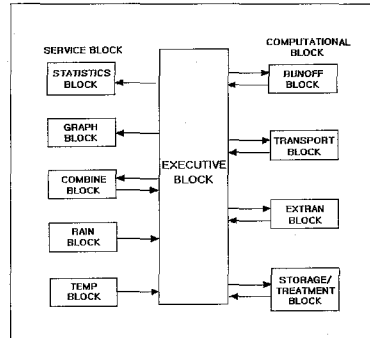


그림 1. SWMM 모형의 구조

3. GIS 데이터베이스 구축

3.1 주제도 작성 및 유역의 수문분석

SWMM의 적용을 위해 필요한 GIS공간자료는 입력요소를 포함하고 있는 여러 가지 주제도(격자형태의 고도자료, 토지이용도, 토양도, 하수관망도)로부터 획득하였다. 소유역의 유출구를 하수도 유입구로 이용하고 전체유역의 수문특성을 각각의 소유역으로 분산시켜 모형에 적용하고자 GIS 수문분석 기법을 이용하여 전체유역을 소배수유역으로 분할하였다(그림 2). 표고 및 경사도는 TIN으로부터 생성된 DEM을 춘천시 경계지역으로 질출하여 분석하였다. 분석결과 춘천지역은 표고 100m이하가 58.5%, 100이상인 48.5%로 산악분지형태를 이

룬다. 경사도는 5%이하가 전체지역의 36.2%, 경사도 5~10%가 14.9%, 그 이상이 48.9%로 분석되었다.

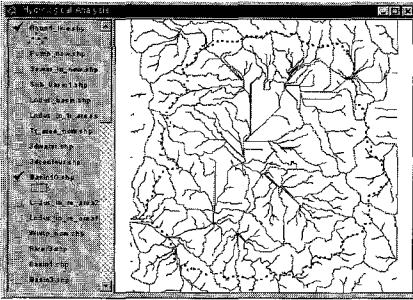


그림 2. 춘천시의 소유역 및 하도망

3.2 대상유역의 선정 및 분석

대상유역의 범위는 춘천시의 하수처리구역(98)으로 그 범위를 설정하였다. 이에 따라 대상유역의 토지이용도 및 소유역분할도를 기존 처리구역으로 절출(clip)하였다. 전체면적 1549.2ha중 토지이용은 주거지가 62.9%, 녹지 14.4%, 상업 8.7%, 공업 7.8%, 학교 6.2%로 구성되어 있다. 모형의 정확한 결과를 위하여 그림 2에 나타난 소유역도에 기존 하수처리구역으로 절출된 유역분할도 및 토지이용도를 중첩하여 45개의 소매수유역으로 재분류하였다(그림 3). 재분류된 소매수유역은 고유의 토지이용도를 가지며 구성된 도형정보에 면적 및 윤변, 고유번호 등의 속성정보를 포함한다.

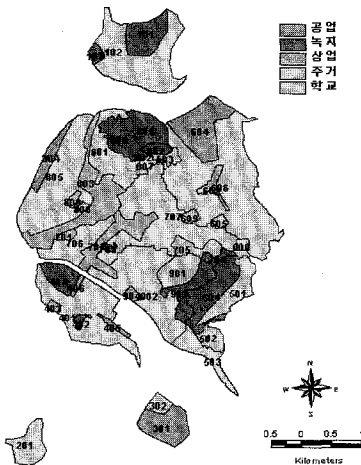


그림 3. 토지이용도로 재분류된 소매수유역

3.3 배수관로의 구성

배수관로는 유역의 수문분석을 통해 얻어진 유

로망(Stream Network)을 중첩분석하여 배수관의 흐름을 자연배수와 유사하게 재현하였으며, 각 소유역에서의 토지이용에 따른 유출특성을 반영하기 위해 소유역내의 각 토지이용별 배수구역을 연결할 수 있도록 구성하였다. 배수관으로부터 유입되는 하수 및 강우유출수는 각 차집관로 연결부에 위치한 맨홀을 유입구로 사용하였다.

3.4 종합적 하수도시설 정보 구축

배수유역내의 하수관거에 대한 속성정보(관경, 구배, 길이 등), 맨홀에 대한 속성정보(형상, 위치, 고도), 건물에 대한 속성정보(동, 주거인구, 세대수, 상수사용량 등)등을 입력하고 배수유역 정보와 연계하여 종합적인 하수도시설 정보관리체제를 구축하였다. 하수도시설내의 수질(BOD, COD, DO, T-N, NH₃-N, NO₃-N, T-P, PO₄-P, SS, TDS, pH, Cl⁻, E-coli, 수온 등), 유량, 유동특성, I/I, 누수율 등의 환경질 관련 속성정보를 하수도 시설정보와 결합하여 환경영향인자를 종합적으로 분석할 수 있도록 하였다(그림 4).

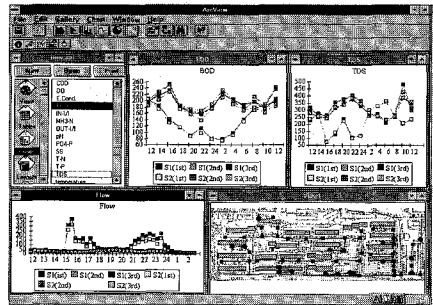


그림 4. 하수도 시설 정보 구축

사용자는 구축된 시스템을 이용하여 하수도의 신·증설공사시 하수관거의 위치, 매설깊이, 관경, 매설깊이, 길이 등에 관한 공간 및 속성정보를 쉽게 확인할 수 있고, 변경사항이 있는 경우는 사용자가 직접 하수도 시스템 정보를 GUI를 이용하여 갱신하여 신속·정확하게 업무를 처리할 수 있다 또한, 입력된 시설정보를 이용하여 유역의 면적측정, 윤변연산, 버퍼링, 인접성분석, 중첩연산 등의 공간 연산 및 통계기능을 수행하여 시설관리 및 관리방안 수립 등에 관한 참고자료로 이용할 수 있다. 하수도 관리자는 관거내부 모니터링을 통하여 하수관로의 파손, 관이음분량, 지관의 접합실태, 지하수의 유입 등 하수도의 이상유무를 확인하고 필요한 조치를 취해야 한다. 본 시스템에서는 구축된 하수도 시설정보에 이미지 자료를 결합하여 원격에 위치한 하수관거 내부 및 맨홀 상태를 하수도관리 시스템의 GUI를 이용하여 확인할 수 있다

복 하였다. 이와 같이 본 시스템은 단순한 텍스트 정보 뿐만 아니라 멀티미디어 정보도 데이터베이스화하여 자료관리의 다양성을 확보하였다. 향후 3차원 동영상을 정보를 구축하여 시스템상에서 실시간으로 모니터링 할 수 있을 것이다(그림 5). 본 시스템은 현재 수질 및 유량, 유동특성, 불명수 및 유입수 관리에 효과적으로 이용할 수 있을 뿐만 아니라 집수유역도 및 인구현황도 등을 공간 연산하여 하수발생량 등을 산정하여 환경질의 기초자료로 이용할 수 있다. 이러한 모든 업무는 GUI를 이용하여 공간검색 및 연산, 자료관리도구를 이용함으로써 절차를 단순화시켰다. 또한 개별적인 업무를 하나의 시스템으로 통합하여 담당자가 효율적으로 이용할 수 있으며 업무의 일원화를 통해 관련 경비를 절감할 수 있다.

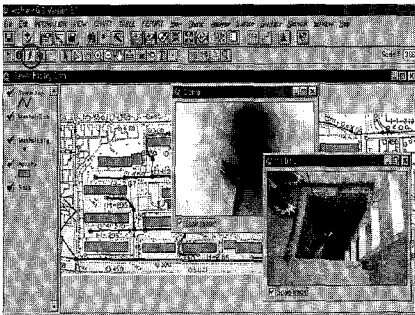


그림 5 구축된 시설정보의 검색

4. 전산모형과 지리정보시스템을 결합한 모형의 적용

SWMM과 ArcView를 결합하기 위하여 Avenue, Visual Basic 등을 이용하였으며 사용자 인터페이스 설계 및 기능확장 등으로 하수도관리 시스템의 편의성과 가능성을 향상시켰다(그림 6).

유역의 지형정보, 토지이용상태 등의 유역특성 정보 및 하수도시설의 공간 및 속성정보를 지리정보시스템에 구축하였다. 지리정보시스템을 이용한 지형도의 수문분석으로 강우시 유로의 흐름, 소유역의 분할, 각각의 소유역의 경사도, 면적, 폭 등의 정보를 추출하였으며, 토지이용도로부터 불투수비, 토지이용상태 등의 정보를 얻었다. 추출된 정보를 모형에 적용하여 시간에 따른 유량 및 수질의 양상을 분석하였다. 한편 유출량 및 수질의 영향인자를 선정하여 예민도를 분석하여 예민도관계식을 산출하였다. 산출된 관계식을 이용하여 모형의 매개변수 최적화 방법을 개선하였다.

GIS의 이용은 복잡한 입력자료 구성에 질적, 양적으로 강력한 분석기능을 제공하므로 많은 연구자들에 의해 시도되어 왔고, 수문자료를 GIS로

부터 효과적으로 추출할 수 있으며, 양호한 결과와 효율성을 모두가 인정한 바 있다.[15] 본 연구에서 사용할 GIS 소프트웨어는 다양한 자료호환 및 도시 기능, 공간분석기능, 사용자환경 설계, 모형, 타 시스템, DB, 인터넷 서버 등과의 결합성 등을 기준으로 미국 ESRI사의 ArcView GIS를 선정하였다.

전산모형은 도시유역에 적합하고 강우유출 및 하수도관망의 수량·수질을 동시에 예측할 수 있으며 많은 적용사례로 그 정확성이 높은 것으로 알려져 있는 SWMM을 선정하였다. 강우유출해석은 SWMM모형의 부모형 RUNOFF모형으로, 하수도관망해석은 TRANSPORT모형으로 해석하였다.

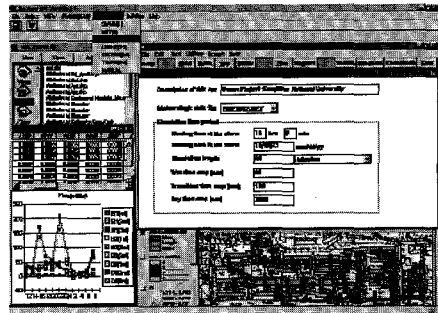


그림 6. 풀다운 메뉴를 사용한 SWMM과 ArcView의 통합 모델링

4.1 기상모형(MET)

강우자료는 춘천시 기상대에서 획득한 1997년 9월 25일 12:00시 - 27일 12:00시 까지의 강우자료를 20분 단위로 144개를 읽어 입력자료로 사용하였다. 또한 증발량은 모형의 기본값을 사용하였고, 용설에 대한 고려는 하지 않았다.

표 1. 강우사상에 따른 강우량

강우날짜	총강우량 (mm)	지속 시간 (min)	시간 최대 강우량 (mm)	계량 지역
'97.9.25	10.3	990	2.3	춘천 기상대
'97.9.26	19.8	470	6.4	
'97.9.27	0.2	40	0.2	

4.2 유출모형(RUNOFF)의 입력자료

SWMM은 유역특성의 공간적 변화를 반영하기 위하여 전체 유역을 소유역으로 분할하여 각 소유역의 유출을 계산하고, 각 소유역의 유출을 관거망을 통해 추적함으로써 전체유역의 유출을 계산한다. 실제유역은 직사각형으로 개념화되고 면적, 폭, 경사도 등의 적절한 파라미터에 의해서 실제유역의 특성을 반영할 수 있다. 소유역은 기본적으로

수치고도모형(DEM, Digital Elevation Model)로부터 얻어진다. 배수관로의 구성은 소유역에 수문분석을 통해 얻어진 유로망(Stream Network)을 중첩분석하여 배수관의 흐름을 자연배수와 유사하게 재현하였으며, 각 소유역에서의 토지이용에 따른 유출특성을 반영하기 위해 소유역내의 각 토지이용별 배수구역을 연결할 수 있도록 구성하였다(그림 7). 배수관로부터 유입되는 하수 및 강우유출수는 각 차집관로 연결부에 위치한 맨홀을 유입구로 사용하였다.

면적, 운변, 경사도를 지리정보시스템을 사용하여 추출하였고 기타 파라미터는 일반적으로 제안되는 값을 사용하였다. 불투수지역의 조도계수는 0.014, 투수지역의 조도계수는 0.30, 불투수지역의 비율은 토지이용도에 비례하여 주거지역은 60~70%, 공장지역은 80~90%, 상업지역은 95~99%로 가정하였다.

수질항목의 계산은 TS, SS, BOD5, COD, Total Coliform, NH3-N, PO4-P등에 대해 실행하였다. 오염물의 축적식은 Power-linear, 유실율식(washoff formulation)은 power-exponent법을 사용하였고, 침투식은 Horton식을 이용하였다.

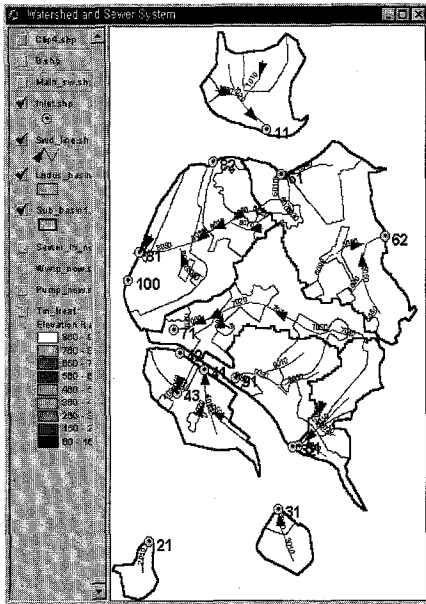


그림 7. ArcView를 이용한 RUNOFF 모형의 유입구/관거의 입력자료 분석

4.3 유출모형(RUNOFF)의 적용 결과

춘천시 기상대에서 측정된 24시간('97.9.26. 12:00 ~'97.9.27. 12:00) 동안의 강우사상을 대상지역에 적용하여 강우주상도, 전체유역의 유출수문곡

선과 침투량 등을 계산하였다(그림 8, 그림9). 유출량이나 오염물농도는 각 소유역의 유입구에서 그 결과를 나타내기 때문에 공간적인 분포에 따른 결과를 비교하기가 일반적인 그래프만으로는 한계가 있으므로 GIS의 범례차트(Legend Chart)기능을 이용하여 다른 유량이나 농도의 변화양상을 전체적으로 파악하기가 용이하고, 속성테이블 등을 이용해서 값을 확인할 수 있도록 ArcView상에 이러한 기능을 구현하였다(그림 10, 그림 11).

표 2. 강우유출 모델링 결과 요약

Component	Quantity (m ³)
Total Precipitation	309,793.2
Total Infiltration over the Pervious Area.	12,628.3
Total Evaporation	38,220.6
Total Water remaining in Surface Storage	1,4080.9
Surface Runoff from Watersheds	245,587.8

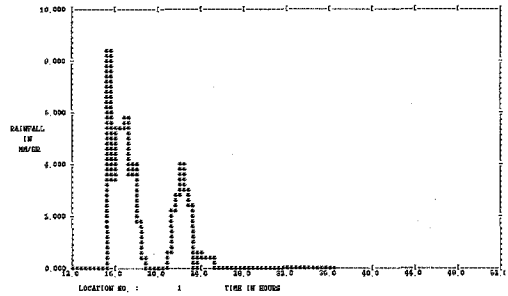


그림 8. 강우주상도 (mm/hr)

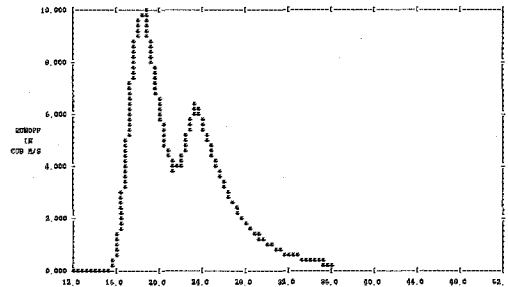


그림 9 유출수문곡선 (m³/s)

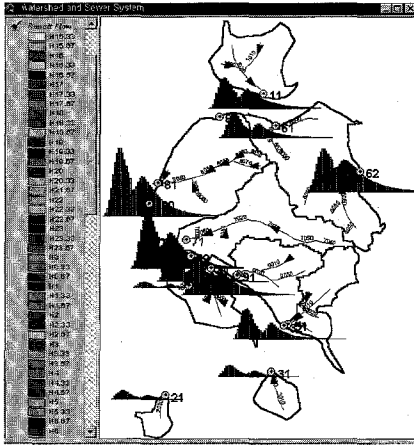


그림 10. 각 소유역의 유출수문곡선

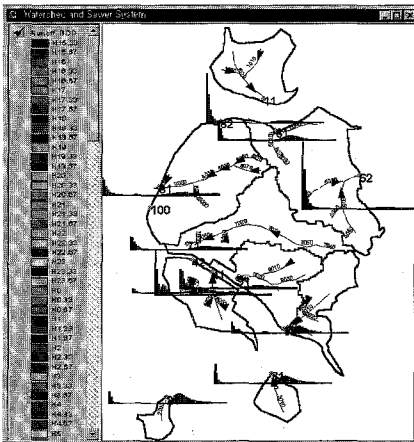


그림 11. 각 소유역의 오염농도(BOD) 곡선

에 대한 파라미터의 예민도는 불투수면적비, 유역폭, 유역경사, 조도계수의 순으로 나타났다. 불투수면적비, 유역폭, 유역경사는 유출량과 비례하여 증가하고 조도계수는 감소하는 양상을 보인다. 침투유량은 불투수면적비, 유역경사, 유역폭, 조도계수 순으로 분석되었다.

(3) 오염부하율(BOD₅) 분석 결과

BOD₅의 오염부하율은 소유역에 적용된 각각의 파라미터를 기준으로 파라미터 변화율은 25%, 변화범위는 -50~+50%로 하여 예민도를 분석하였다. 축적계수 QFACT(3,K)는 기준결과의 -4.593~4.938%, 선행청천기간은 -4.4~4.3%, 불투수면적비는 -4.820~3.105%, 유역폭은 -4.21~1.39%, 유역경사는 -1.83~0.753%, 조도계수에서는 0.221~ -0.222%의 변화가 있었다. BOD₅의 변화량은 축적계수 QFACT(3,K), 선행청천기간, 불투수면적비, 유역폭, 유역경사, 조도계수의 순이며, 축적계수, 선행청천기간, 불투수면적비, 유역폭, 유역경사는 오염부하율과 비례하여 증가하고 조도계수는 감소하는 양상을 보였다.

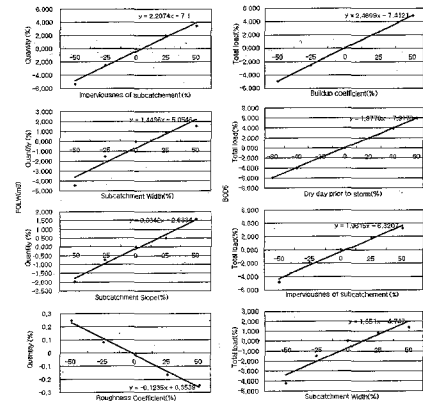


그림 12. 전체 유출량 및 BOD부하율의 예민도 관계식

4.4 강우유출모형의 예민도 분석

(1) 주요 파라미터의 선정

예민도 분석을 수행한 주요 파라미터중 유출량 관련 파라미터는 유역폭, 불투수면적비, 유역경사, 조도계수 등이며, 오염부하율에 영향을 미치는 파라미터는 축적계수, 선행청천기간, 불투수면적비, 유역폭, 유역경사 등이다.

(2) 유출총량 및 침투유량 분석 결과

유출총량은 소유역의 유출모델링에 적용된 각각의 파라미터를 기준으로 파라미터 변화율 25%, 변화범위를 -50~+50%로 하여 예민도를 분석하였다. 불투수면적비는 기준결과의 -5.354~3.549%, 유역폭은 -4.45~1.56%유역경사는 -1.98~1.576, 조도계수는 0.247~-0.247%의 변화를 보였다. 유출량

(4) 예민도분석 결과의 활용

유출해석과정에서 모형의 검증이나 검증시 적정 파라미터값을 결정하는데 좀더 합리적인 방법을 제시할 수 있으며, 동일 파라미터의 모형별 비교에 의 활용수 있고 도시개발시 중요한 평가요소인 유출억제 및 수질안정 대책 수립에 활용할 경우 합리적인 방안을 제공할 수 있을 것이다.

4.5 하수도모형(TRANSPORT) 입력자료 구성

(1) 차집관거의 입력자료

차집관거의 입력자료는 출천시의 차집관거를 모형의 적합하게 단순화하였으며 각 차집관거를

연결하는 맨홀은 9개 소유역의 강우유출수 및 오폐수를 동시에 유입되도록 구성하였으며 최종유입구는 하수종말처리장(100번 유입구)이다. TRANSPORT모형에서 관로/유입구에 대한 입력자료는 관거번호, 연결관거/유입구, 관거형식, 연장, 직경, 경사, 조도계수 등이며 이미 구축된 지리정보시스템의 도면 및 속성정보를 이용하여 입력하였다(그림 13). 구성된 입력자료의 효과적인 분석을 위해 지도상에 관거의 연결도를 도시하고 속성정보를 각 관거위에 표시하였다. 속성값에 따라 분류된 심볼이나 색깔을 이용해 전체적인 값을 파악하기가 용이하도록 구성하였으며 관거가 밀접한 지역은 확대기능과 관거의 정보를 도표나 그래프를 이용하여 구체적인 분석을 수행할 수 있도록 시스템을 구성하였다

(2) 하수량 및 수질 인자

하수도모형(TRANSPORT)은 유출모형(RUNOFF)과 연계하여 강우유출수 및 오·폐수의 유입에 따른 하수도 관내의 유량 및 수질을 동시에 계산한다. 따라서 하수도모형의 계산 시작시간도 유출모형의 계산시간과 같으며 각 유입구로 유입되는 강우유출량과 오염부하량은 RUNOFF모형의 계산결과가 이용된다.

TRANSPORT는 건기시 하수량(오·폐수) 및 수질을 계산하기 위해서 하수처리면적, 토지이용별 면적, 인구밀도, 물가지수, 가정의 평균수입, 평균 하수량 및 수질 등의 자료를 입력하였다. 1996년 춘천시의 계획하수량 및 처리시설유입 수질을 이용하였다. 계산할 수질항목은 BOD, SS, COD, TP 등이다.

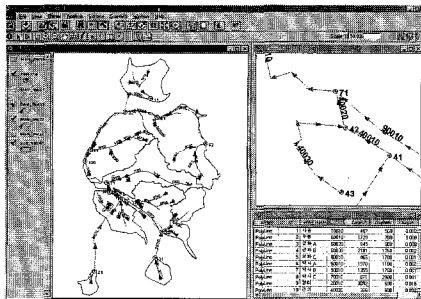


그림 13 TRANSPORT의 관거/유입구 입력자료의 구성

4.6 하수도시설(TRANSPORT) 모델링 결과

하수도시설에 대한 모델링은 강우유출수 및 유입·오폐수에 대한 유량, 수질, 오염부하량을 시간에 따라 동시에 모델링하였다. 최종 유입구 및 각각의 유입구에서의 유동상황을 전체적으로 분석하기 위해 지도차트, 심볼 및 색, 그래프등 다양한

방법으로 모델링 결과를 분석할 수 있으며 각각의 유입구로 유입되는 유량 및 농도(BOD₅)의 시간에 따른 변화량, 각 관거에서의 수심의 시간에 따른 변화량, 각 관거에서의 평균유속, 침투속도 등을 분석할 수 있도록 시스템을 구성하였다.(그림 14, 그림 15)

표 3. TRANSPORT모형의 적용 결과 요약

Component	Quantity (m ³)
Sum of wet weather Inflow	245,587
Sum of dry weather Inflow	84,810
Sum of infiltration Inflow	347
Sum of remaining volume in conduits	7,249
Total inflow at inlet 100	338,000

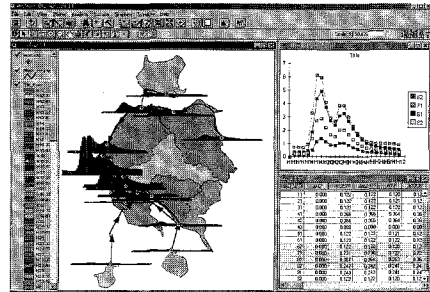


그림 14. 각 유입구에서의 시간에 따른 유입유량

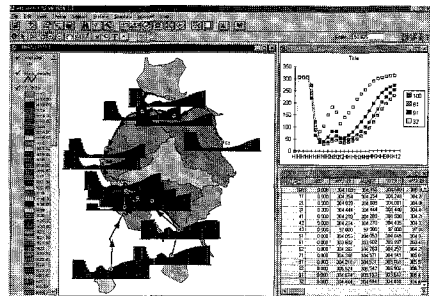


그림 15. 각 유입구에서의 시간에 따른 유입농도(BOD)

4.7 하수도관리시스템의 원격관리를 위한 Web-GIS

(1) Web-GIS의 정의 및 구현기술

인터넷 구현기술을 GIS와 결합하여 인터넷 또는 인트라넷 환경에서 지리정보의 입력수정, 조작, 분석, 출력 등의 작업을 처리하여 네트워크 환경에서 GIS데이터와 서비스를 제공할 수 있도록 구축된

특별한 종류의 GIS를 말한다.[12] 현재 Web GIS를 구현하기 위한 사용자시스템 개발의 방향은 CGI 기반, Plug-in, ActiveX 기반, Java 기반의 네 가지로 나누어 볼 수 있다.[12][13]

(2) Web-GIS의 특징

Web GIS는 시스템 측면과 입력 및 운영조직체 측면에서 요약해서 그 특징을 설명 할 수 있다. 첫째, 시스템 측면에서는 네트워크환경의 클라이언트/서버 시스템으로 클라이언트에서 질의를 하면 서버측에서 그 결과를 클라이언트에 넘겨서 클라이언트에서는 그 질의를 처리할 수 있으며, 대용량의 지형공간자료를 저장관리할 뿐 만 아니라 자료를 분산 관리·처리할 수 있다. 다중사용자의 접속을 통해 공동활용을 통해 고가의 GIS S/W 및 H/W 비용을 절감할 수 있다. 한편, Web-GIS는 Hyper-Map을 지원하는 시스템으로써, 인터넷에서 지원하는 웹의 하이퍼링크 기능과 통합적으로 구축되어 벡터 맵, 래스터 맵, 음성 및 동화상 등 멀티미디어데이터, 보고서 자료 등 과 같이 지형공간 자료의 표현뿐만 아니라 분석결과의 처리라든지, 그것을 효과적으로 전달할 수 있는 방법이나 의사 전달체계, 그리고 업무의 흐름까지 일련의 처리가 가능하도록 한다.

둘째, 입력 및 운영조직체의 측면에서 살펴보면 정보이용시 시간과 공간상의 한계를 극복할 수 있어 사용자가 어디 있던 실시간으로 정보취득이 가능하다. 동적 대화형 시스템이기 때문에 양방향 통신이 가능하여 단순한 형태의 정보이용 뿐만 아니라 자료의 등록 및 갱신, 분석 및 처리가 가능하다.

(3) 구축된 시스템의 적용

구축된 시스템의 공동활용을 위해서는 GIS를 인터넷상에 구축하는 것이 바람직하며 시설물의 원격관리에 그 기능을 확장할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 하수도관리시스템의 기능과 사용자 범위를 고려해 컴포넌트웨어인 MapObject를 이용하여 Visual Basic으로 시스템을 설계하고 ActiveX Control로 전환하여 웹문서에 참조(embedding)시키는 방식을 이용하였다(그림16). 그 외에도 시스템 개발 및 구축이 용이한 상용용 맵서버인 ESRI사의 ArcView IMS와 MS사의 Winodw2000 터미널서비스를 이용한 원격관리체제를 구축하였다(그림17, 그림 18).

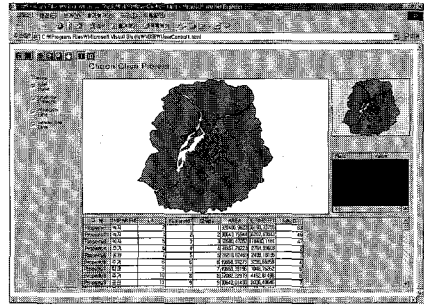


그림 16 ActiveX Control을 이용한 Web GIS의 구현

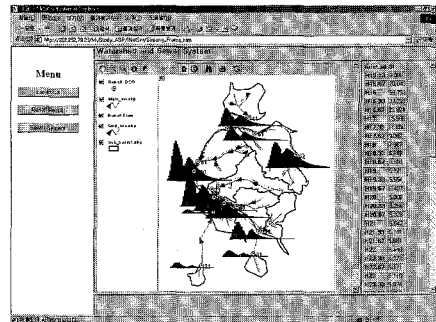


그림 17 ArcView IMS(Internet Map Server)를 이용한 Web GIS의 구현

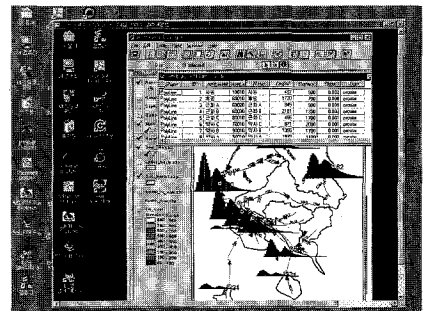


그림 18 Window 2000 터미널 서비스를 이용한 시스템의 원격관리

5. 결 론

본 연구는 GIS를 통한 유역 및 하수도관리 방안, 강우유출모의 및 하수관망의 유량 및 수질을 모의하기 위한 수문 및 하수도 모형과 GIS의 연계 방안, 인터넷을 이용한 원격관리 등에 대하여 연구하였다. 이를 위하여 전산모형과 GIS Tool은 기능이 우수하고 적용성이 검증된 SWMM과 ArcView GIS를 각각 선정하여 사용하였고, 원격관

리체제구축 및 Web-GIS를 구현을 위하여 Winodws 2000 Server, Visual Basic 및 MapObject를 활용하였다.

춘천지역을 대상유역으로 선정하여 유역의 지형 정보, 토지이용상태 등의 유역특성정보 및 하수도 시설의 공간 및 속성정보를 지리정보시스템에 구축하였다. 지리정보시스템을 이용한 지형도의 수문 분석으로 강우시 유로의 흐름, 소유역의 분할, 각각의 소유역의 경사도, 면적, 폭 등의 정보를 추출하였으며, 토지이용도로부터 불투수비, 토지이용상태 등의 정보를 얻었다. 추출된 정보를 모형에 적용하여 시간에 따른 유량 및 수질의 양상을 분석하였다. 한편 유출량 및 수질의 영향인자를 선정하여 예민도를 분석하여 예민도 관계식을 산출하였다. 산출된 관계식을 이용하여 모형의 매개변수 최적화 방법을 개선하고 타 유역에 적용시 관측치로부터 모형의 매개변수를 추정할 수 있다.

한편 Main Server에 구축된 하수도 및 유역의 데이터베이스는 Internet Map Server를 연동하여 웹브라우저를 통해 시공간에 제한 없이 사용할 수 있도록 하였다. 본 연구를 통해 지리정보시스템, 강우유출모형, 하수도 모형을 연계한 하수도관리시스템 개발, 원격제어 및 관리를 위한 다각적인 Web-GIS 구현방안을 제시하였으며 개발된 시스템의 적용성 및 효용성을 검증하였다.

이 시스템은 향후 하수도 관련시설 뿐만 아니라 방류수계 보전 및 지하수, 토양오염 방지를 위한 적극적인 관리체제로 운영될 수 있을 것으로 기대된다. 현재 지표수 환경관리시스템, 지하수 환경관리시스템, 하수처리장 제어시스템 등의 수환경 관련 여러 시스템과 통합하여 Web기반의 통합환경관리시스템을 구축하는 연구가 진행되고 있다.

사 사

본 연구는 1998 ~ 1999년도 국립환경연구원 공공기반기술개발과제(통합 환경 관리 시스템의 개발 및 적용)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

[1] 김준현, 박형춘, "Modeling of Stormwater Runoff and Sewer flow using SWMM and ArcView GIS", 제 4차 통합환경관리 국제심포지움 초록집2000

[2] 김준현, 한영한, 박형춘, 한미덕, "기상, 유출, 하수관로 유동 모형과 ArcView GIS를 결합한 하수도 시설 관리 시스템의 개발 및 적용", 한국GIS학회 추계발표회 초록집, 1999

[3] 김준현, 박형춘, 한영한, 한미덕, 문현생, 강상

혁, "공간정보예측시스템을 이용한 통합환경 관리시스템의 개발 및 운영 : IV. 통합 하수도 관리 시스템", 한국환경영향평가학회 춘계발표회 논문집, 1999

[4] 김준현, 박형춘, 한영한, "Integrated Sewer Management System for SO, I/I, Exfiltration, Facility Management and Automatic control of Stormwater", 제3차 통합환경관리 국제심포지움 초록집, 1999

[5] 김준현, 한영한, "SWMM과 ArcView를 결합한 하수도 시설 관리 시스템의 개발", 대한환경공학회 추계학술대회 논문초록집, 대한환경공학회, pp.243-244, 1998.

[6] 국립환경연구원, 하수도 시설개축 및 기능개선 전략 연구, 1차년도 최종보고서, 1997

[7] 국립환경연구원, 하수도 시설개축 및 기능개선 전략 연구, 2차년도 최종보고서, 1998

[8] 이종태, 강태호, 김정환, "도시유역에서의 배수계통 설계를 위한 SWMM 모형", 제4회 수공학위탁 교재, pp.97-204, 1996

[9] David, F. K., *Urban Stormwater Hydrology*, Washington, D.C.:American Geophysical Union, 1982

[10] EPA, *SWMM Windows Interface User's Manual*, EPA, 1995.

[11] Hurber, W. C. and Dickinson R.E., *Storm Water Management Model : User's Manual (Ver4.3)*, EPA, 1988

[12] Peng, A. R., "An assessment of the development of Internet GIS", Proceeding of the 1995 ESRI Conference, 1995

[13] Strand, E. J., "GIS takes two roads to the internet : ActiveX and Java", GIS World, pp.32-34, 1997

[14] Warwick, J. J., and Hanes, S. J., "Efficacy of ARC/INFO GIS Application to Hydrologic Modeling, Journal of Water Resources Planning and Management", ASCE, Vol.120, No.3, pp.366-380, 1994

[15] Winifred, H. and Marjorie, L., "Linking the Armsed watershed process model with the GRASS Graphic Information System", Proceedings international symposium, ASCE. 1988