

웹 기반의 공간정보예측시스템을 이용한 통합적 하수도 관리 시스템의 개발 및 적용

김준현 · 한영한

강원대학교 공과대학 환경·생물공학부

An Integrated Sewer Management System using Web Based Predictive Spatial Information System

Kim, Joon-Hyun · Han, Young-Han

Division of Environmental and Biological Eng., Kangwon National University

Abstract

Web based integrated sewer management system was developed for the analysis of sewer flow and for the optimal operation of sewer works using ArcView and SWMM. SWMM and ArcView were dynamically linked together using Avenue in order to construct user-friendly information management system. The developed system was applied to the residential area in Choonchun city to verify its utilities. All the relevant field data were analyzed on the basis of the developed system, and the modeling of sewer flow was implemented using RUNOFF, EXTRAN, TRANSPORT in SWMM. This system is now in the process of connection to the management system of stormwater, surface and subsurface environment 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 network and wastewater treatment plant. As this system can provide comprehensive prediction of flow and pollution profiles, it could serve as a tool not only for the optimal management, but also for the decision support system to examine the efficiency of planning and implementation of sewer projects.

Keyword: Web, Sewer, Integrated management system, SWMM, ArcView, Decision support system

I. 서론

국내의 하수도 시설은 공사부실 및 노후화로

인해 시설의 관리 상태가 매우 부실하여 하수의 누수, 불명수의 유입, 강우시 월류수 방류 등의

문제점을 가지고 있으며 이로 인해 하수처리 효율저하, 상수 및 지하수의 오염, 하천 및 연안 등 방류수계의 부영양화 문제를 초래하고 있다. 또한, 운영요원의 비전문성, 시설 대장의 부정확, 관리체계의 미흡 등의 문제점을 안고 있어서, 하수도 시설의 적절한 관리가 시급히 필요하다.^{1),2),3),4)} 이러한 하수도 시설의 문제점을 개선하기 위한 사업을 효과적으로 수행하기 위해서는 사업에 관련된 각종 현장 조사를 상세히 분석하고 장래 변화를 예측할 수 있는 전산시스템이 필요하다.⁵⁾ 하수도에 관련된 현장조사는 각 유역별 강우수 및 하수의 유동 및 수질 특성, 불명수의 유입, 누수, 월류수의 발생 현황 등의 분석을 포함한다. 이외에도 하수발생량, 하수관로 상태, 강우, 수리·수문, 유역의 자연 현황 등에 대한 조사를 포함한다.⁶⁾ 이러한 조사자료는 시·공간적으로 변동적이며 자료의 양이 방대하므로 데이터베이스, 전산모형 및 지리정보시스템을 연계하여 효과적으로 해석하는 방안을 도출하는 것이 바람직하다. 특히 하수도시설의 공간정보 및 속성정보를 효율적으로 분석하여 사용자가 편리하게 사용할 수 있는 종합적인 관리 도구를 개발하는 것이 필요하다.⁵⁾

본 연구에서는 이러한 필요성을 충족시키기 위

해, 방대한 분량의 속성 및 공간자료를 효과적으로 저장·관리하고, 하수의 변화를 입체적으로 해석하여 하수도시설을 최적 운영할 수 있도록, SWMM(Storm Water Management Model) 모형과 ArcView GIS를 이용하여, 사용자가 시·공간적 제약 없이 사용할 수 있는 웹 기반의 통합 하수도 관리시스템을 개발하였다.

본 시스템은 하수발생원으로부터 최종처분지인 하수방류수계에 관련된 모든 하수정보 및 관리시설을 통합적으로 일관되게 관리하기 위한 전문가 시스템이다. 본 하수도 관리 시스템에 관련된 부분은 유역, 지표수, 지하수, 방류수계의 4개 분야의 환경정보와 유역의 강우유출수 및 오염물 부하를 저감하기 위한 강우수 관리 시설, 하수 이동 경로인 하수관거, 수로, 하천 등의 하수 유동 경로, 하수를 처리하기 위한 하수처리장, 하수의 최종 방류수계의 관리 시설 등을 최적으로 관리하기 위한 예측적 최적 제어 시스템을 포함한다(그림 1). 최종적으로 개발된 시스템은 이러한 8개 각 분야별로 개발된 시스템, 관련 보고서 및 문헌자료, 슬라이드 등의 다양한 자료가 포함되어, 사용자가 편리하게 관련 정보를 이용할 수 있도록 구성하였다(그림 2).

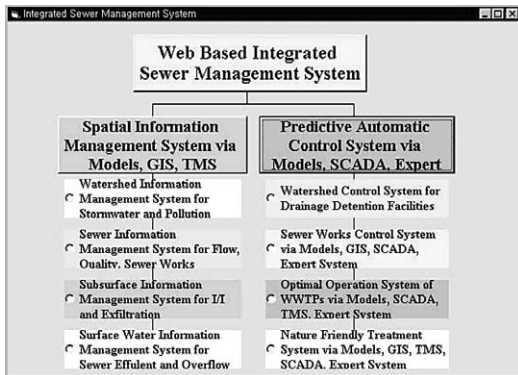


그림 1. 통합적 하수도관리시스템의 구성도 (정보처리 및 시설제어의 8개 분야)



그림 2. 통합적 하수도관리시스템의 각 분야별 보고서, 슬라이드, 개발된 시스템

II. 연구방법

1. 기초조사

본 연구의 목적인 하수도 시설을 최적으로 관리할 수 있는 시스템을 개발하기 위하여, 연구대상지역의 건기 및 우기시 하수 유동, 배수구역에서의 강우유출, 하수관로의 누수, 불명수 유입 등을 조사하였다. 현장 답사 및 하수대장 등의 문헌 조사를 통해 춘천시 후평동의 주공 2단지 지역의 합류식 하수관로를 조사지역으로 선정하였으며, 하수관로에 대한 유량 및 수질조사를 건기 및 우기에 대해 총 5회('97년 3회, '98년 2회) 실시하였다. 유량은 매 20분 간격으로 24시간 측정하였으며, 수질은 매 2시간마다 시료를 채취하여 현장 및 실험실 분석을 수행하였다. 또한, 춘천시 하수도 관리대장 및 현장조사를 근거로 하여 시설정보 입력, 하수발생량 산정, 불명수의 유입 및 누수확인을 위한 하수관로내 내부 목측 및 촬영, 불명수(I/I: Inflow/Infiltration) 산정, 불명수 유입 및 누수를 평가 등을 수행하였다. 모든 자료는 개발된 시스템을 이용하여 분석되었다.

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)모형을 사용하였다. SWMM은 미국 EPA에서 개발하였으며, 유역에서의 강우유출 및 하수관거내 유량 및 오염물의 이동을 모델링할 수 있는 범용적인 모형으로서, 1969년에 개발이 시작되어 도시지역의 지표유출 해석에 광범위하게 사용되었으며, 유역내의 우수관로, 합류식관로, 자연배수로 등에서의 배수의 유속, 수위, 오염물 농도 등을 해석한다.¹¹⁾

SWMM은 유출, 이동, EXTRAN, 저류 및 처

리 등 4개의 계산 모형 및 한 개의 실행 모형으로 구성되어 있다. 실행모형은 각 모형간 자료를 구성하고, 입출력을 제어한다. 유출모형은 강우에 의해 유역내에서 발생하는 지표유출과 오염도 변화를 추적하여, 수문 곡선과 오염도 곡선을 출력한다. 유출모형의 계산결과를 다른 모형에서 이용하여 모델링을 수행한다. 이동모형은 하수관거내 유동 및 수질변화를 계산한다. EXTRAN 모형은 하수관망에서의 유량 및 수심 등의 유동 상황을 추적한다. 저류 및 처리 모형은 수리, 수질에 대한 저류 및 처리장치의 효율을 평가한다.¹¹⁾

SWMM의 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 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, 하수관거내 유동은 연속방정식과 운동방정식을 연계하여 해석한다. 본 모형은 하수방류수계의 수질해석을 위하여, MFEMWASP⁹⁾, ¹⁰⁾, WASP, DYNHYD, HEC, STORM, QUAL-II 등의 모형과 연계 적용이 가능하다.¹¹⁾

3. ArcView를 이용한 통합시스템 구축

본 연구에서는 자료처리 및 저장능력이 뛰어나고, 자체개발언어의 사용이 편리한 Avenue를 내장하고 있어 필요에 따른 개발환경을 용이하게 제공하며, 또 사용자에게 쉬운 사용환경을 제공하는 ArcView를 GIS 도구로 이용하였다. ArcView는 미국 ESRI사에서 개발한 대표적 GIS 소프트웨어로서 다양한 자료 저장 및 처리, 편리한 GUI(Graphical User Interface), 공간정보의 다

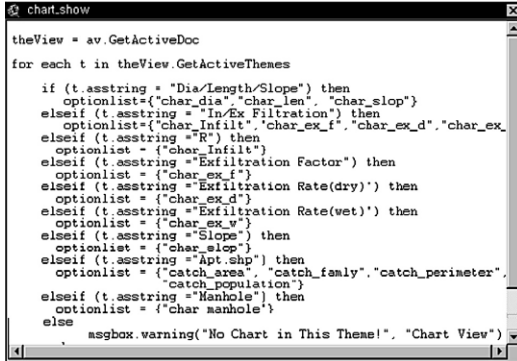


그림 3. 하수도 시설의 정보 검색을 위한 Avenue Script의 구성

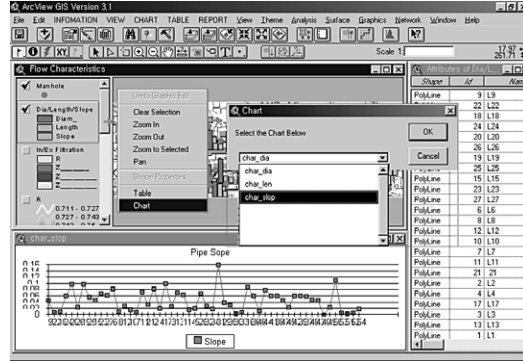


그림 4. Avenue를 이용한 하수도 시설의 구축 정보 검색

양한 검색 및 분석도구를 제공하며, Avenue를 이용한 시스템(응용소프트웨어) 개발과 타 시스템과의 연계 운영이 가능하다.¹²⁾ ArcView내의 고유 시스템 언어인 Avenue는 객체지향적인 프로그래밍 언어로서 사용자의 사용환경을 단순화시키며, 특정 목적의 응용에 대해 새로운 가능성을 부여할 수 있다.¹³⁾ 본 연구에서는 Avenue를 사용하여 사용자가 ArcView에서 직접 모델링이 가능하도록 시스템을 개발하였다.

Avenue의 이러한 기능성은, 하수도시설에 대한 시설정보 검색 및 시설 분석을 용이하게 하고, 다른 응용프로그램과 연계 운영하기 위하여 이용되었다. 그림 3에 하수도 시설별로 구축된 자료를 검색 및 분석하기 위하여 구성한 Avenue Script의 일례를 나타내었으며, 이를 통해 선택된 각각의 하수도 시설에 대한 각종 정보가 표시되는 것을 그림 4에 나타내었다. 연구대상지역은 유역 면적이 비교적 작기 때문에 대축척 수치지도를 사용하여 유역현황을 재현하는 대신에 맨홀의 공간좌표 및 고도값으로부터 등고선을 생성하여 이용하였다. 또한 하수관로와 맨홀 등의 도면자료를 구성하고 하수대장을 이용하여 각각의 도면에 대한 속성정보를 입력하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 유역 및 환경질 현황

본 조사 지역은 주거지 중심의 도시 하수 배출 특성의 55개의 맨홀, 54개의 관거, 관경 250mm-800mm, 평균경사 46%, 총 관거 길이 1,713.5m, 유역면적 52,020m², 총 인구 2,108명, 가구수 660호로 구성된 유역이다. 배수유역은 소규모 지역이기 때문에 단일 유역으로 구분되며 각각의 자료는 MS-Excel로 작업하여 ArcView에 저장하였다. 하수관거내로 잠행하여 수행한 관거 내부 목측 결과는 데이터베이스에 연결하여 원하는 지점을 검색하여 확인할 수 있도록 하였다(그림 9 참조). 하수관거내 수질항목(BOD, COD, DO, T-N, NH₃-N, NO₃-N, T-P, PO₄-P, SS, TDS, pH, Cl-, E-coli, 수온 등) 및 유량자료에 관한 측정지점, 항목 및 분석 결과를 ArcView에 도시하였으며, 모델링의 기본자료로 이용하였다(그림 5).

2. GIS 및 수리모델링을 이용한 I/I 및 누수를 평가

하수발생량은 GIS에 정의된 집수유역도와 인구현황도를 중첩하여 인구를 산정하고 하수발생

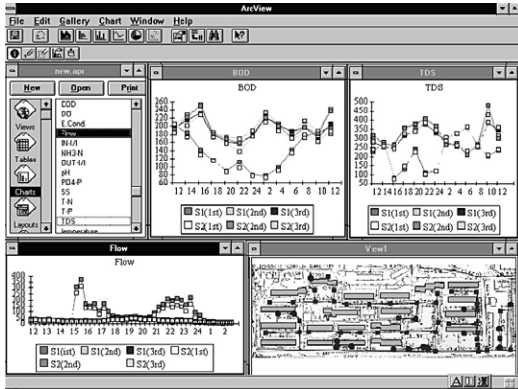


그림 5. 배수구역내 수질 및 유량자료(건기 및 우기)의 구축

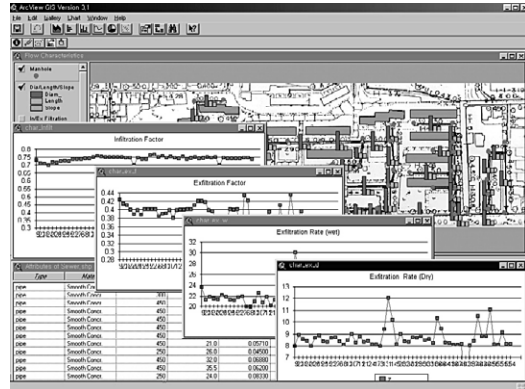


그림 6. 불명수 유입계수, 누수계수(건기 및 우기)의 해석

원단위(227L/인·일)를 곱하여 하수발생량을 산정하였다. I/I는 다음과 같은 식으로 구하였다.

$$\text{하수유량} = \text{하수발생량} + \text{불명수(I/I) 유입량} - \text{하수누수량}$$

(하수발생량 - 하수누수량)은 건기시 하수관거 내 하수유량이다. 따라서, I/I의 양은 우기와 건기시 하수관내 하수유량을 계측함으로써 구하였다. 이러한 I/I의 양은 강우강도가 클수록 늘어나고, 불명수 유입계수 α 는 하수관거에 관련된 소유역별 토양피복도, 식생, 토질 등 유역의 특성에 관계되는 유입특성계수이며 다음과 같이 산정하였다.¹⁾

$$\alpha = (I/I)/(iA) = (774.73\text{톤/일})/(20\text{mm/일})/(52020\text{m}^2) = 0.7445 = 74\%$$

α 계수는 지표유출모형의 (1-유출계수) 값보다 약간 높은 수치를 나타내고 있어, 본 유역의 I/I의 양은 높은 것으로 계산되었다. 장래의 각 하수관거별 I/I의 양은 위에서 계산된 유입계수 R에 강우강도 i^* 와 배수대상면적 A를 곱하여 산정된다.

하수의 누수량은 하수관로의 결함 정도에 따라 달라질 것이다. 따라서 하수누수량은 지역별로 하수관로의 특성에 따라 결정되며 누수계수는 다음 식으로 정의된다.¹⁾

$$\beta = \text{누수량} / iA$$

누수계수를 추정하기 위하여 누수량을 계산하

였다. 누수량은 '97년 1차조사시는 130.19톤/일, '97년 2차조사시는 86.96톤/일, 우기에는 428.36톤/일이었다. 누수량은 강우량에 따라 늘어난다는 것을 알 수 있었다. 위에 제안된 식을 적용하여 본 연구대상지역의 누수계수를 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\beta = EiA (428.36\text{톤/일})/(20\text{mm/일})(52020\text{m}^2) = 0.4114 = 41\%$$

따라서, 본 지역에서 전체 강우에 의해서 발생되는 누수율은 41% 정도로 매우 높은 것을 알 수 있다(그림 6). 이러한 수치는, 본 조사지역에 100mm의 강우가 내릴 경우, 누수량은 약 2141.8톤/일에 해당하는 상당한 양으로 평가되었다.

3. 종합적 하수도시설의 정보 구축

배수구역내의 하수관거에 대한 속성정보(관경, 구배, 길이 등), 맨홀에 대한 속성정보(형상, 위치, 고도), 건물에 대한 속성정보(동, 주거인구, 세대수, 상수사용량 등)를 구축하여 종합적인 하수도시설의 정보관리체제를 구축하였다. 하수도시설내의 수질, 유량, 유동특성, I/I, 누수율 등의 환경질 관련 속성정보를 하수도 시설정보와 결합하여 환경영향인자를 종합적으로 분석할 수 있도록 하였다. 일반 사용자는 구축된 시스템을 이용하여

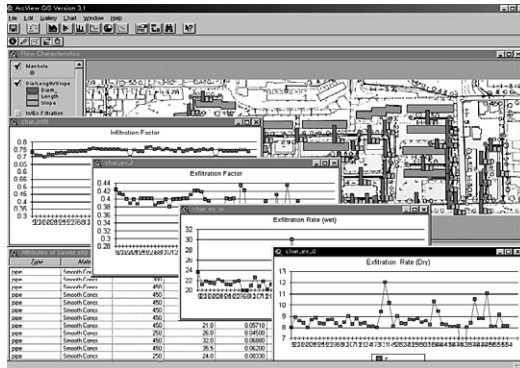


그림 7. 하수관거별 구배, 길이, 직경, 맨홀고도 등의 시설정보 검색

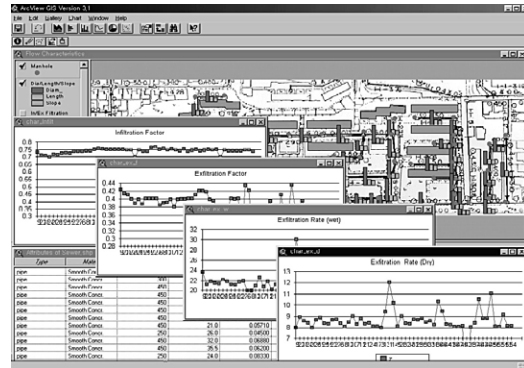


그림 8. 하수도시설 분석 (거리, 면적, 위치측정, 버퍼링, 윤변연산, 인접성분석, 중첩연산)

하수도의 신·증설 공사시 하수관거의 위치, 매설깊이, 관경, 길이 등에 관한 공간 및 속성정보를 쉽게 확인할 수 있고, 변경 사항이 있는 경우는 변경 권한을 지닌 사용자(관리자 그룹)가 직접 하수도 시스템 정보를 GUI를 이용하여 갱신하여 신속·정확하게 업무를 처리할 수 있다(그림 7). 또한, 입력된 시설정보를 이용하여 구역의 면적측정, 윤변연산, 버퍼링, 인접성분석, 중첩연산 등의 공간 연산 및 통계기능을 수행하여 시설관리 및 관리방안 수립 등에 관한 참고자료로 이용할 수 있다(그림 8). 하수도 관리자는 관거내부 모니터링을 통하여 하수관로의 파손, 관이음불량, 지관의 접합실패, 지하수의 유입 등 하수도의 이상유무를 확인하고 필요한 조치를 취할 수 있다. 본 시스템에서는 구축된 하수도 시설정보에 이미 지 자료를 결합하여 원격에 위치한 하수관거 내부 및 맨홀 상태를 하수도관리시스템의 GUI를 이용하여 확인할 수 있도록 하였다(그림 8). 이와 같이 본 시스템은 단순한 텍스트정보 뿐만 아니라 멀티미디어 정보를 데이터베이스화하여 자료관리의 다양성을 확보하였다. 이러한 자료는 2차원 이미지 정보뿐만 아니라 3차원 동영상정보를 포함한다. 본 시스템은 하수의 수질, 유동, 불명수 및 누수 관리에 효과적으로 이용할 수 있을 뿐만 아니라 구역도 및 인구현황도 등을 공간 연산하

여 하수발생량 등을 산정하여 환경질의 기초자료로 이용할 수 있다. 이러한 모든 업무는 GUI를 이용하여 공간검색, 연산, 자료관리도구를 이용함으로써 절차를 단순화시켰다. 또한 개별적인 업무를 하나의 시스템으로 통합하여 담당자가 효율적으로 이용할 수 있으며 업무의 일원화를 통해 관련 경비를 절감할 수 있다.

4. SWMM 모형과 ArcView의 통합모델링

본 연구에서는 사용의 편의성 및 통합적 관리시스템의 구축이라는 목적을 가지고 지리정보시스템과 모형을 결합시켰다. 본 연구에서는 공간자료의 입력은 벡터라이징 또는 디지털라이징하여 생성된 CAD파일을 Arc/Info에서 Coverage로 변환하여 수정, 보완하였으며, CAD파일 또는 Coverage를 ArcView에서 Import하여 사용하였고 속성정보는 ArcView에서 직접 입력하거나 Excel에서 생성한 자료를 dbf로 변환하여 Import하여 사용하였다.

입력된 공간 및 속성정보는 데이터베이스로 구축되고 공간분석을 통해 새로운 자료를 생성한다. 생성된 자료는 SWMM의 입력자료로 사용되기 위해 dbf 또는 ASCII파일로 변환되어 모형으로 Import된다. 모형의 계산결과는 파라미터 분석

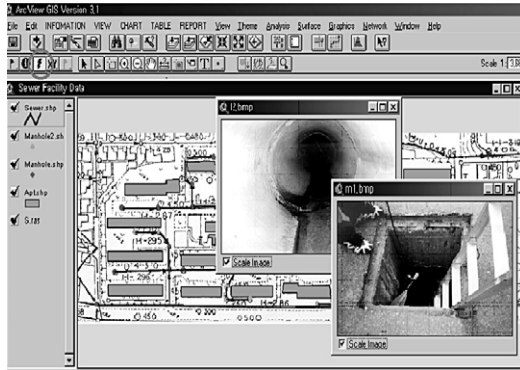


그림 9. 하수시스템의 시설 정보 (하수관거 내부 및 맨홀 모니터링)

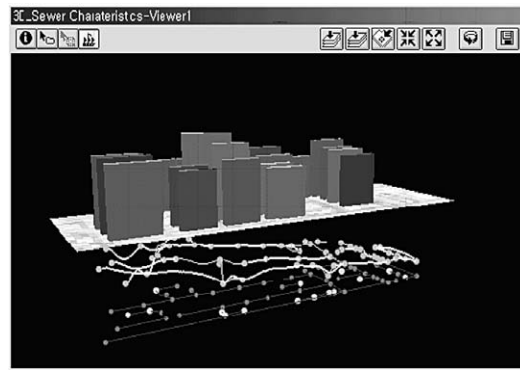


그림 10. 유역의 하수발생량(인구현황) 및 하수관거별 불명수 유입 분석

과정을 거쳐 다시 ArcView로 입력되어 도면, 그래프, 도표 등 다양한 형식으로 분석된다. 자료의 교환에는 Avenue로 설계된 윈도우 메뉴방식을 이용할 수도 있고 수작업으로 자료를 변환할 수도 있다. 결과의 분석에서도 다양한 방식의 윈도우 메뉴를 이용할 수 있다.

SWMM의 모델링을 위한 기본자료로서 유역 현황, 유동특성, 하수도 시설 정보 등을 ArcView 상에 입력하였다. 유역의 지형을 재현하기 위해 맨홀의 x, y좌표 및 고도속성(z-factor)을 이용하여 등고선(Polyline)을 생성하여 수치지도로 이용하였다. 등고선의 생성은 내부적으로 Spline나 IDW 같은 보간법을 사용하며, TIN (Triangulated Irregular Network) 기법을 통해 생성된 등고선의 고도값을 3차원 지표면으로 보간하여 유역의 지형현황을 나타내었다. 생성된 3차원 지표면은 3D Scene을 이용하여 조감도 형식으로 가시화함으로써 유역의 형상을 보다 직관적으로 해석할 수 있게 하였다. 이러한 기능으로 등고선이나 음영을 해석할 필요가 없고 유역의 경사도를 시각적으로 확인할 수 있다. 유역내의 인구현황은 아파트의 동별 인구수를 아파트의 고도값으로 나타냄으로써 인구분포를 시각적으로 해석할 수 있도록 하였다(그림 10). 이와 같은 3차원 가시화 기법은 지하에 매설된 하수관거 등의 지하구조물의 특성

을 해석하는데 효과적이다. 이와 같이 각종 모델링 입력자료 및 결과는 3차원으로 가시화되어 입력자료 분석 및 결과치의 변화 양상을 해석하는데 효율적으로 이용된다.

하수 유동상황을 모델링하기 위하여 지표 및 맨홀고도, 유입유량, 하수관 직경 및 길이, 구배, Manning의 조도계수, 맨홀의 형태 등의 입력자료를 사용하였으며, 실제의 하수관거 및 맨홀을 단순화시켜 11개의 맨홀 및 10개의 관거로 하수관망을 구성하였다. 유입지점은 1, 3, 27, 28번 맨홀이며 배출지점은 38번 맨홀이다. 각 유입지점별 유입량은 실측 자료를 기초로 하여 결정하고, 원 그래프로 유입량을 도시하여 유량의 차이를 보이는 것을 쉽게 알 수 있다(그림 11). 하수관망내 하수의 유동 추적을 위하여 USEHP 및 EXTRAN 모형을 사용하였고, ArcView의 Script Language인 Avenue를 사용하여 GUI를 만들고 시스템상에서 직접 모델링할 수 있도록 SWMM을 연계시켰다(그림 12).

12:00에서 24:00시까지 12시간 동안 모델링을 수행하여, ArcView의 Theme 속성중 Chart 기능을 이용하여 시간에 따른 유량, 유속 및 수심의 변화를 하수관거별로 나타내었다(그림 13). 시간별로 보면 12시대와 8시를 전후로 하여 유량 및 유속이 높고 일정한 주기를 보이는 것을 알 수

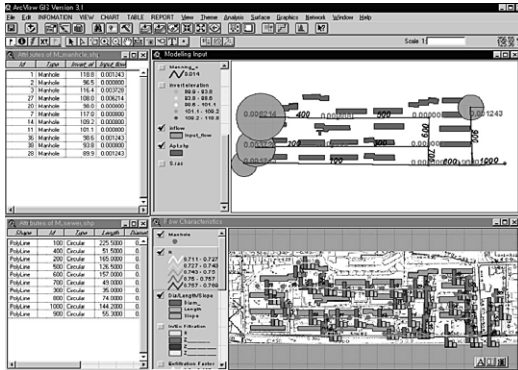


그림 11. SWMM모형의 입력자료(유입구별 유입유량 및 불명수 유입 계수)

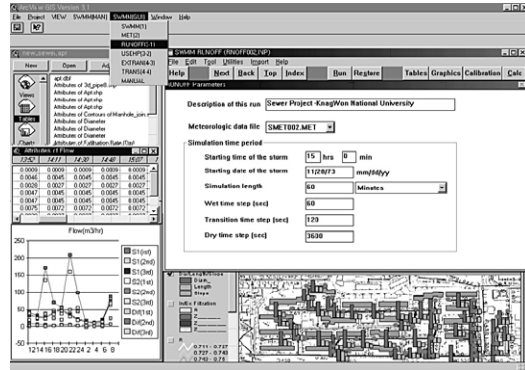


그림 12. ArcView상에서 SWMM 모형의 연계 운영

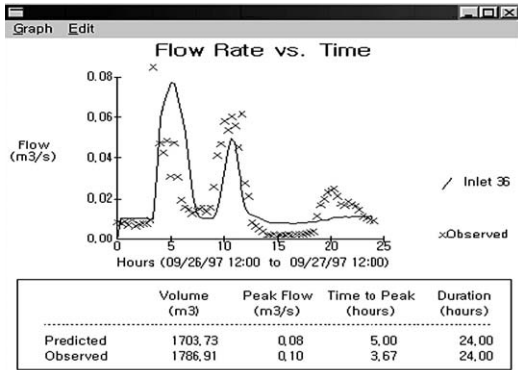


그림 13. 하수유량의 모델링 및 보정(Inlet 32)

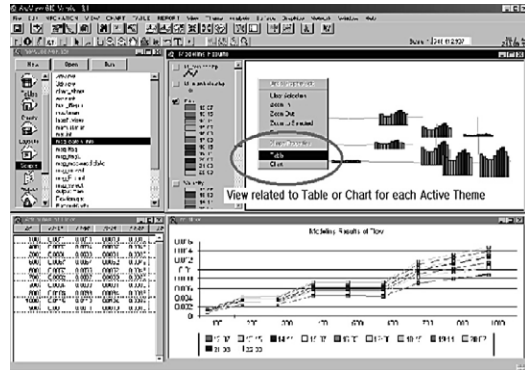


그림 14. SWMM모형의 모델링 결과(유량 및 수질)

있다. 하수관거별로는 하류로 갈수록 유량이 많아지며 유속은 관거의 직경 및 구배, 유량 등의 원인으로 600번 관거가 가장 빠르다. 이러한 결과는 모델링시 불명수의 유입이나 하수의 누수를 고려하지 않았기 때문이다. SWMM 모형은 불명수와 누수에 대한 해석 기능이 없으므로, 본 연구진은 현재 새로운 모형을 개발하고 있다. 유역에서 발생하는 지표유출과 오염도 변화를 추적하여 수문곡선과 오염도 곡선을 출력하기 위하여 기후, 유출 모형을 사용하였고, 그 실행결과를 이동 모형에 입력하여 하수시스템에내의 유량 및 수질 변화를 모델링하였다(그림 14).

SWMM의 모델링 결과는 텍스트형태의 Output을 제공하기 때문에 MS-Excel을 연계하여

dBaseIV 형식의 데이터베이스 파일로 저장하여 ArcView에 입력하였다. 입력된 결과는 View, Table, Layout, Chart 및 3차원형상으로 재구성되어 그래픽 자료, 테이블자료, 통계 그래프 등의 시각적인 해석을 시도하였다. 한편, 모델링 결과를 별도의 데이터베이스 서버에 저장하고 본 시스템과 연결하면, SQL로 검색하여 dBASE, INFO, ASCII-delimited 파일로 저장할 수 있는데, 이러한 자료들은 ArcView로 직접 처리가 가능하기 때문에 SQL 검색이 필요없이 편리하게 사용할 수 있다. 본 시스템에서는 폴다운메뉴, 팝업메뉴, 툴바, 대화상자 등의 이용으로 문서로 구성된 모델링 결과를 보다 신속하고 효율적으로 해석할 수 있도록 하였다.

5. 웹 기반의 통합 하수도 관리를 위한 웹 GIS 및 웹 모형의 구축

Avenue는 Visual Basic, C++, Java 등과 같은 객체지향언어로서 윈도우 개발환경을 지원하며, 특정 응용에 대한 새로운 기능성 구현 등의 자체 개발 기능뿐만 아니라, 이미 개발되어 있는 전산 모형과 기타 응용프로그램을 연계하여 운용할 수 있다. 이러한 기능은 전체 시스템의 구축 및 변경을 용이하게 하였다. Avenue는 여러 운영체제에서 표준 프로토콜을 통해 응용 시스템과 통신을 가능하게 하여 클라이언트와 서버 양쪽 모두의 역할을 수행할 수 있게 해준다.

Window2000내의 Terminal Service Client 기능, ArcIMS, ArcView IMS, MapObject IMS 등의 다양한 기능을 사용하여 인터넷에 GIS를 구축하여 시·공간적인 제약 없이 시스템을 운영 및 구축할 수 있도록 하였다. 이러한 기능들을 이용하여 본 연구에서 목표로 삼고 있는 웹 기반의 GIS형 하수도시설관리, 원격 모델링 및 하수도시설제어 등의 시스템을 구축하는데 유용하게 이용하였다. MS사의 Window2000 터미널서비스를 이용한 원격관리체제를 구축한 결과를 그림 15에 나타내었다. 그리고, 하수도관리시스템의 기능과 사용자

범위를 고려해 컴포넌트 웨어인 MapObject를 이용하여 Visual Basic으로 시스템을 설계하고 ActiveX Control로 전환하여 웹문서에 참조(embedding)시키는 방식을 이용한 결과를 그림 16에 나타내었다. 또한, 시스템 개발 및 구축이 용이한 상업용 맵서버인 ESRI사의 ArcView IMS를 적용한 결과를 그림 17에 나타내었다.

이러한 연구 결과를 통해 본 연구에서 구축된 모든 시스템은 웹 기반에서 운영될 수 있으며, 일반 사용자는 시스템 운영에 필요한 ArcView 등의 필요 시스템을 구축하지 않아도 인터넷을 통해 시간과 공간상의 제약 없이 실시간으로 정보 취득 및 분석이 가능하다.

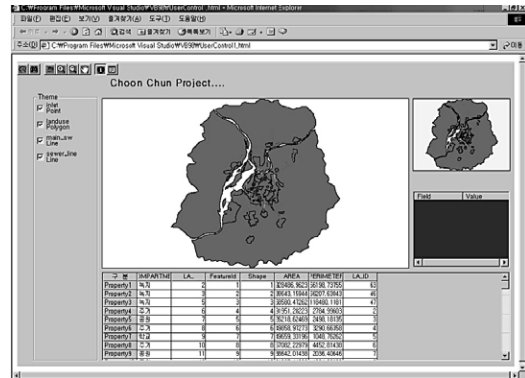


그림 16. ActiveX Control을 이용한 Web GIS의 구현

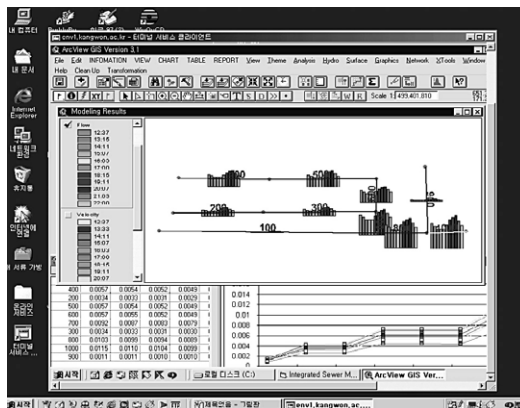


그림 15. Window2000의 터미널서비스를 이용한 시스템의 원격관리

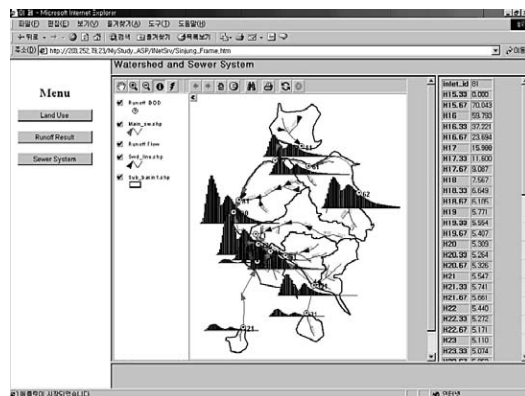


그림 17. ArcView IMS(Internet Map Server)를 이용한 Web GIS의 구현

IV. 결론

최근 정부의 막대한 재원의 투자에도 불구하고, 자체적으로 많은 문제점을 지니고 있으며 또한 방류수계, 지하수 및 토양에 대한 오염 현상을 유발하고 있는 하수도 시설에 대한 문제점을 극복하기 위하여 하수도 시설 관련 사업의 효율적인 수행을 위한 웹 기반의 통합 하수도 관리 시스템을 개발하였다. 일반 사용자가 쉽게 사용하면서 효율성이 높은 시스템을 개발하기 위해, GIS 도구는 범용성이 뛰어나면서도 사용이 쉬운 ArcView를, 강우유출 및 하수 해석 모형은 국제적으로 그 타당성을 널리 인정받은 SWMM 모형을 이용하였다.

춘천시의 연구 대상 지역에서 수행된 현장 및 문헌 조사 결과를 바탕으로 하수관거내 수리 및 수질 변화를 모델링하였으며, ArcView를 이용하여 각종 현장 조사 자료 및 계산 결과를 GIS 기반에서 해석하였다. 이러한 시스템은 사용자 환경에 적합한 GUI 방식으로 설계되었다.

건·우기시 하수유량, 수질, 불명수의 유입, 누수, 모델링 결과를 분석하였다. 하수관거 시설을 효과적으로 관리하기 위하여 하수관거내 카메라 검층 등의 멀티미디어 자료, 통계 그래프, 도면, 속성테이블 등을 이용하여 시설의 관리 현황을 분석하고 공간검색 및 연산기능으로 관리효율을 높일 수 있도록 설계되었다. 특히 입체적인 분석을 위하여 3차원 분석 기능을 활용하였다. Avenue를 이용하여 모형 연계 및 시스템 구축에 개발 인력 및 시간을 절약할 수 있었다.

웹기반의 시스템으로 구축하기 위해 Window 2000내의 Terminal Service Client 기능, ArcIMS, ArcView IMS, MapObject IMS 등의 다양한 기능을 사용하였으며, 이를 통해 시·공간적인 제약 없이 일반 사용자가 필요한 정보를 취득 및 분석할 수 있도록 하였다.

본 시스템은 하수도 모델링 및 시설관리 통합

운영방안을 제시하여 하수도 시설 설계 및 운영에 이용될 뿐만 아니라 하수 유동 해석 및 예측을 수행하여 최적관리방안을 도출하고 장래 하수도계획 등의 의사결정도구로 이용될 수 있을 것이다. 또한, 통합 하수도 관리 시스템은 단순히 하수도 관련시설 뿐만 아니라 방류수계 보전 및 지하수, 토양오염 방지를 위한 적극적인 관리체제로 운영될 수 있을 것으로 기대된다. 현재 유역 관리시스템, 지하환경관리시스템, 하수처리장 제어시스템 등의 수환경 관련 여러 시스템과 통합하여 웹 기반의 통합환경관리시스템을 구축하는 연구가 진행되고 있다. 또한, SWMM의 제한점인 하수관거수, 불명수 유입 및 누수에 대한 해석을 위해서 유한요소법을 이용하여 새로운 하수관망 해석모형을 개발하고 있다.

사 사

본 연구는 1996-1997년도 국립환경연구원 환경기초 및 기반기술개발사업(하수도 시설) 및 1998-1999년도 국립환경연구원 공공기반기술개발과제(G7)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 국립환경연구원, 1997, 하수도 시설개축 및 기능개선 전략 연구, 1차년도 최종보고서.
2. 국립환경연구원, 1998, 하수도 시설개축 및 기능개선 전략 연구, 2차년도 최종보고서.
3. 국립환경연구원, 1999, 통합환경관리시스템의 개발 및 적용 - 통합하수도 관리시스템의 개발 및 적용 -, 환경기술연구개발사업 1차년도 최종보고서.
4. 국립환경연구원, 2000, 통합환경관리시스템의 개발 및 적용 - 통합하수도 관리시스템의 개발 및 적용 -, 환경기술연구개발사업 2차년도

- 최종보고서.
5. 김준현, 한영한, 1998, SWMM과 ArcView를 결합한 하수도 시설 관리 시스템의 개발, 대한환경공학회 추계 학술대회 논문초록집, 대한환경공학회, pp. 243-244.
 6. 김준현, 1998, 하수누수 및 지하오염도 평가 기법, 한국수질보전학회 춘계발표회 논문초록집, 한국수질보전학회, pp. 177-180.
 7. 김준현외 4인, 1998, 하수관거의 I/I 분석을 위한 GIS 및 수리모델링 결합기법, 한국수질보전학회 춘계발표회 논문초록집, 한국수질보전학회, pp. 77-80.
 8. 김준현외 4인, 1998, 하수의 I/I 및 누수의 간이 평가 방법의 개발, 대한환경공학회 춘계 학술대회 논문초록집, 대한환경공학회, pp. 459-460.
 9. 김준현, 1999, 영월다목적댐 건설사업 기본 및 실시설계: 환경분야 조사연구, 현대엔지니어링주식회사.
 10. 김준현외 6인, 2000, 영월댐 조사 결과 보고서 (환경), 국무총리실 수질 개선 기획단, pp. 181-434.
 11. EPA, 1995, *SWMM Windows Interface User's Manual*.
 12. ESRI, 1998, ArcView GIS.
 13. ESRI, 1998, Customization and Application Development for ArcView GIS.
 14. Gelormino, M.S., N.L. Ricker, Model predictive control of combined sewer overflows, *International Journal of Control*, vol. 59, no.3, pp. 793-816, 1993.
 15. Hurber, WC. and Dickinson. RE, *Storm Water Management Model : User's Manual (Ver4.3)*, EPA, 1988
 16. Peng, Ahong-Ren, "An assessment of the development of Internet GIS", *Proceeding of the 1995 ESRI Conference*, 1995
 17. Speer, E., R. Swarner, M.S. Gelormino, and N.L. Ricker, Real time control for cso reduction, 1996.
 18. Strand, Eric J, "GIS takes two roads to the internet : ActiveX and Java", *GIS World*, pp. 32-34, 1997
 19. Swarner, R., E. Speer, M. Gelormino, N. L. Ricker, Implementing predictive control to reduce CSOs in Seattle, 1996.
 20. Swarner, R, and Z. Vitasovic, Simulation of large urban wastewater conveyance system, *Proceeding of 16th Annual Conference of Water Resources Planning and Management*, Sacramento, CA., pp. 222-225, 1989.
 21. Warwick, JJ, and Hanness, SJ, "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