

기상, 유출, 하수관로 유동 모형과 ArcView를 결합한 하수도 시설 관리 시스템의 개발 및 적용

김준현 · 한영한 · 박형춘 · 한미덕
강원대학교 공과대학 환경공학과

Abstract

An integrated sewer management system was developed for the analysis of sewer flow and for optimal operation of sewer works using ArcView and SWMM. SWMM and ArcView were dynamically linked together using Avenue in order to construct user-friendly management system. The developed system was applied to a residential area in Choonchun city to verify its utilities. All the relevant field data were analyzed on the basis of developed system, and the modeling of sewer flow was implemented using MET, RUNOFF, TRANSPORT in SWMM. As this system can provide comprehensive prediction of flow and pollution profiles, it could serve 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.

Keywords : ArcView, SWMM, Avenue, MET, RUNOFF, EXTRAN

I. 서론

국내의 하수도는 공사부실 및 노후화로 인해 시설의 상태가 매우 심각하여 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, 하수도관리에 있어서도 운영요원의 비전문성, 시설물대장의 부정확, 관리체계 미흡 등 운영상의 문제점을 안고 있다.^{1),2)} 이러한 문제점을 개선하기 위하여 적절한 하수도 관리 사업이 필요하다. 이러한 사업을 효과적으로 수행하기 위해서는 각종 현장조사를 입체적으로 분석할 수 있는 전산시스템이 필요하다. 하수도에 관련된 현장조사는 각 유역별 하수관거내 유동특성, 수질특성, 불명수의 유입, 누수, 월류수의 특성 등을 분석하기 위해 유역현황, 하수관로 상태, 강우, 수리·수문, 하수발생량 등을 포함한다. 이러한 조사자료는 시·공간적으로 변동적이며 자료의 양이 방대하므로 데이터베이스, 전산모형 및 지리정보시스템을 연계하여 효과적으로 해석하는 방안을 도출하는 것이 바람직하며, 특히 하수도시설의 공간정보 및 속성정보를 효율적으로 분석하여 사용자가 편리하게 사용할 수 있는 종합적인 관리도구를 개발하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 이러한 필요성을 충족시키기 위해, 방대한 속성 및 공간자료를 효과적으로 저장·관리하고, 하수의 변화를 입체적으로 해석하여 하수도시설을 최적 운영할 수 있도록, SWMM 모형과 ArcView GIS를 이용한 하수환경 예측 시스템을 개발하였다.

II. 본 론

1. 기초조사

개발된 시스템을 적용하기 위하여 건기 및 우기시 하수관로의 누수, 불명수 유입, 하수관로내 유동 및 배수유역에서의 유출 등을 조사하였다. 현장 답사 및 하수대장 등의 문헌조사를 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) 실시하여 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) 산정, 불명수 유입율 및 누수율 평가하였으며, 모든 자료는 ArcView에 도시하였으며 이를 모델링의 기본자료로 사용하였다.

본 연구대상지역은 주거지 중심의 도시하수 유출특성을 가지고 있다. 하수관로는 55개 맨홀 및 54개 관거로 구성되어 있으며 총 관거 길이는 1713.5m, 관경 250mm~800mm, 평균경사 46‰, 유역면적은 52,020m², 총 인구 2,108명, 총 가구수 660호에 이른다.

2. 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 입력하여 종합적인 하수도시설 정보관리체제를 구축하였다. 하수도시설내의 수질, 유량, 유동특성, I/I, 누수율 등의 환경질 관련 속성정보를 하수도 시설정보와 결합하여 환경영향인자를 종합적으로 분석할 수 있도록 하였다(Fig. 1). 또한, 입력된 시설정보를 이용하여 공간 연산 및 통계기능을 수행하여 시설관리 및 관리방안 수립 등에 관한 참고자료로 이용할 수 있다. 하수도 관리자는 원격에 위치한 하수관거 내부 및 맨홀 상태를 하수도관리 시스템의 GUI를 이용하여 확인할 수 있도록 하였다(Fig. 2). 본 시스템은 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.

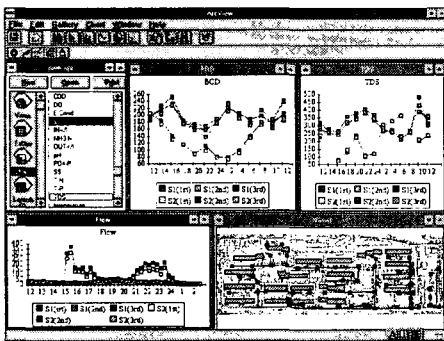


Figure 1. 배수유역내 수질 및 유량자료 (건기 및 우기) 구축

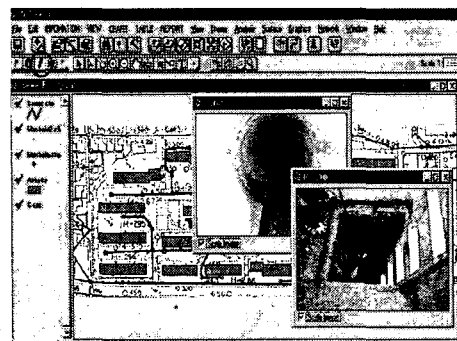


Figure 2. 하수시스템의 시설 정보

3. SWMM 모형과 ArcView의 통합 모델링

본 연구에서는 하수도시설 뿐만 아니라 전산모형을 이용한 통합적 관리 체계를 구축하기 위하여 SWMM과 ArcView와의 연계운영방안을 모색하였다. SWMM은 인위적 배수계통을 갖는 도시 소유역에서의 강우유출 및 하수관로내 유량 및 오염물의 이동을 모델링할 수 있는 범용적인 모형으로 비교적 그 정확성이 높은 것으로 평가되어 본 연구에 이용하였다. SWMM의 모델링을 위한 기본자료로서 유역 현황 및 유동특성, 하수도 시설정보 등을 ArcView상에 입력하였으며, TIN 기법을 통해 3차원으로 나타내어 형상자료를 보다 직관적으로 해석할 수 있게 하였다(Fig. 3).

배수유역의 유출유량 및 수질변화를 모의하기 위하여 강우우량도, 선행강우조건, 토지이용도, 지형도(유역면적, 폭, 지면경사, 조도계수, 불투수면적) 등의 자료를 이용하였다. 전체유역을 10개의 부분유역으로 나누었다. 하수관로의 유동상황을 모델링하기 위하여 지표 및 맨홀고도, 하수관 직경 및 길이, 구배, Manning의 조도계수, 맨홀의 형태 등의 입력자료를 사용하였으며. 실제의 하수관거 및 맨홀을 단순화시켜 11개의 맨홀 및 10개의 관거로 하수관망을 구성하였다.

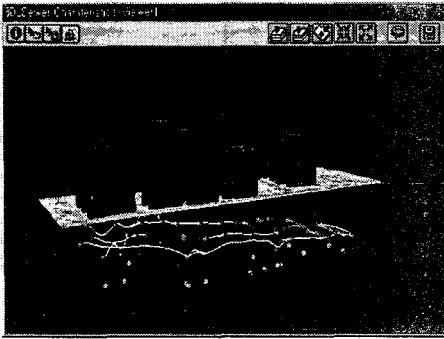


Figure 3. 유역의 하수발생량(인구현황) 및 하수관거별 불명수 유입 분석

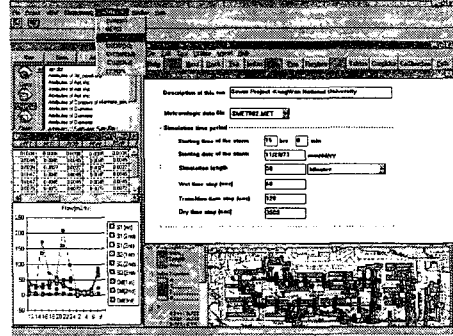


Figure 4. ArcView상에서 SWMM 모형의 연계 운영

본 연구에서는 강우에 의해 유역내에서 발생하는 지표유출과 오염도 변화를 추적하여 수문곡선과 오염도 곡선을 출력하기 위하여 MET, RUNOFF모형을 사용하였고, 그 실행결과를 TRANSPORT 모형에 입력하여 하수시스템내의 유량 및 수질변화를 12:00부터 익일 12:00까지 24시간 모델링 하였다. 상기한 모든 작업을 시스템상에서 직접 수행 할 수 있도록 ArcView의 Avenue를 사용하여 GUI를 만들고 SWMM을 연계하여 전체시스템을 구축하였다(Fig. 4). Avenue는 윈도우 개발환경을 지원하며 전산모형 및 응용프로그램을 연계하기가 용이하고, 클라이언트와 서버 양쪽 모두의 역할을 수행할 수 있게 하는 장점이 있으며, ArcIMS, MapObject IMS, ArcView IMS 등을 이용하면 인터넷 기반의 GIS 시스템을 구축할 수 있다. 이러한 기능들은 본 연구진이 목표로 삼고 있는 Web 기반의 GIS형 하수도시설관리, 원격 모델링 및 하수도시설제어 등의 시스템을 구축하는데 유용하게 이용되고 있다.

SWMM의 모델링 결과(Fig. 5)는 ArcView의 View, Table, Layout, Chart 및 3차원형상으로 재구성되며, 풀다운메뉴, 팝업메뉴, 툴바, 대화상자 등을 제작하여 Document로 구성된 모델링 결과를 보다 신속하고 효율적으로 해석 할 수 있도록 하였다(Fig. 6).

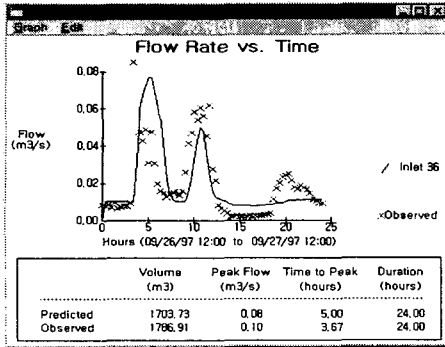


Figure 5. 유량 예측결과 보정 (Inlet 36)

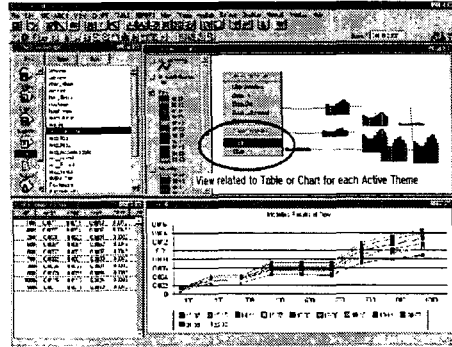


Figure 6. SWMM모형의 모델링 결과 (유량 및 수질)

IV. 결론

최근 정부의 막대한 재원의 투자에도 불구하고, 자체적으로 많은 문제점을 지니고 있으며 또한 방류 수계, 지하수 및 토양에 대한 오염 현상을 유발하고 있는 하수도 시설에 대한 문제점을 극복하기 위하여 하수도 시설 관련 사업의 효율적인 수행을 위한 통합 하수도 관리 시스템을 개발하였다. 춘천시의 대상 배수구역의 유출유량 및 하수관로에 대한 수질 변화를 모델링하였으며, ArcView를 이용하여 각종 현장 조사 자료 및 계산 결과를 GIS 기반에서 해석하였다. 이러한 시스템은 각종 대응량자료의 처리 및 저장에 유리하고 3차원분석기능으로 시설의 형상을 실제와 유사하게 재현하고 공간검색 및 연산기능으로 관리효율을 높일 수 있도록 하였고 사용자 환경에 적합한 GUI 방식설계되었다.

본 시스템은 하수도 모델링 및 시설관리 통합운영방안을 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.

참 고 문 헌

1. 국립환경연구원, "하수도 시설개축 및 기능개선 전략 연구", 1차년도 최종보고서, 1997.10
2. 국립환경연구원, "하수도 시설개축 및 기능개선 전략 연구", 2차년도 최종보고서, 1998.12
3. 김준현, 한영한, "SWMM과 ArcView를 결합한 하수도 시설 관리 시스템의 개발", 대한환경공학회 추계학술대회 논문초록집, 대한환경공학회, pp243-244, 1998.
4. 김준현, "하수누수 및 지하오염도 평가 기법", 한국수질보전학회 춘계발표회 논문초록집, 한국수질보전학회, pp.177-180, 1998.
5. 김준현, 이찬기, 한상욱, 최윤정, 한영한, "하수관로의 I/I 분석을 위한 GIS 및 수리모델링 결합기법", 한국수질보전학회 춘계발표회 논문초록집, 한국수질보전학회, pp77-80, 1998.
6. 김준현, 한영한, 최윤정, 이찬기, 한상욱, "하수의 I/I 및 누수의 간이 평가 방법의 개발", 대한환경공학회 춘계학술대회 논문초록집, 대한환경공학회, pp459-460, 1998.