

전문가기법을 이용한 도시 하수용량 분석에 관한 연구*

A Study on the Analysis of the Urban Sewer Volume Using the Expert System

이규석* · 유재용**

Lee, Kyoo-seock and Yoo, jae-yong

要 旨

도시팽창 및 현대화에 따른 도시기반시설의 확충은 효율적인 도시정보관리를 위한 새로운 기법을 필요로 하게 되었으며, 최근 각종 도시기반시설 정보처리에 이용되는 토지정보체계는 좋은 예이다. 도시기반시설정보체계 중 하수정보체계 또한 업무의 효율화, 고도화를 위해 토지정보체계의 이용이 필요하며, 비 전문가의 용이한 접근을 위해서는 전문가 기법의 이용이 또한 필요하다.

본 연구는 관계형 데이터베이스의 분석 및 조회 능력과 벡터를 기본으로 하는 토지정보체계의 Chain Topology Generator 기능, 하수시설 용량산출에 관한 전문가 지식을 통합하여 사용자 편의를 도모하고, 사전정보의 제공으로 예측계획을 가능하게 하며, 하수량 분석 및 예측을 자동화한 도시 하수용량 분석 시스템을 개발하여 서울시의 사례지역에 적용하였다.

ABSTRACT

The urban expansion and the modernization of the urban infrastructure need a new technology to manage the facilities. The sewer management, one of the urban infrastructures, requires geographical information systems(GIS) for this purpose, and can be supported by the expert system. Consequently, non-professionals can use this system conveniently. In this study, the search and retrieving capacity of the relational database management system(DBMS) and the chain topology generator of the vector-based GIS were integrated into the sewer management system together with the expert knowledge. This system can predict the sewer volume charge by the simulation, and automate these procedures. This system is also user-friendly by using the user-interface. Finally, the system was applied to one of the Seoul drainage districts and tested.

1. 서 론

70년대 이후 급속한 도시팽창과 현대화는 필연적으로 도시기반시설이 확충되는 결과를 가져왔다. 하수기반시설 또한 일제시대 이후 꾸준하게 확장됨에 따라 자료의 양은 많아지고 복잡하게 되어 시간과 비용을 절감하는 효율적이고 고도화된 관리가 요구된다. 그러나, 도시성장, 생활수준의 향상 등으로 대량화, 다양화된 하수정보의 관리는 전통적인 방법으로는 한계가 있으며 이에 대한 대응방안 예측에 있어서는 더욱 어렵다. 따라서 복잡해진 하수정보관리는

데이터베이스 관리기능과 분석기능이 뛰어나고 위치자료와 속성자료를 동시에 처리가능한 토지정보체계(Geographic Information Systems, GIS)의 운영이 구미에서처럼 보편적일 것으로 예견되며, 한국실정에 맞는 효율적인 하수정보처리를 위해 첫째, 다양화된 자료의 효과적 저장, 필요한 정보의 빠른 검색 및 조회, 변화된 정보의 용이한 갱신 등 효과적인 데이터베이스의 관리가 가능한 정보체계가 필요하다. 둘째, 토지이용 변화, 재개발, 인구증가 등에 의한 하수량 변화의 신뢰도를 향상하며, 사전계획을 위한 관리자의 의사결정지원 및 관련업무의 효율화, 고도화를 위한 정보예측기능이 필요하며, 셋째 전문지식이 없는 관리자의 시스템 운용을 용이하게 하고, 용량분석 및

*성균관대학교 조경학과

**성균관대학교 대학원 조경학과

자료처리에 소요되는 시간과 노력을 절감하며, 다양한 자료와 복잡한 과정을 자동화한 사용자 편의의 시스템이 필요하다.

따라서 본 연구는 효율적인 데이터베이스관리, 예측계획을 위한 사전정보의 제공, 관련분야에 전문지식이 없는 관리자 및 시스템 운영 미숙자의 용이한 접근을 위해 토지정보체계와 전문가기법을 이용한 하수용량 분석 시스템을 개발하였다.

2. 연구사

본 연구에 관련된 문헌조사는 상하수도 시설물 구축에 관한 연구와 전문가기법을 이용한 시스템 구축에 관한 연구로 분류하여 조사하였다.

상하수도정보시스템 구축에 관한 연구로 오수와 우수의 효과적인 처리에 있어 Auto Mapping/Facilities Management(AM/FM)기법을 적용하고자 한 Johnson등(1992)의 연구는 관거의 상태를 Closed-circuit Television(CCTV)를 이용하여 각 관거의 부식 상태, 물리적 상태, 영향요소를 등급 별로 파악하고, 데이터베이스를 구축하여 각 관거의 교체우선순위, 복구 가능성, 비용 등을 분석하였다.⁵⁾ Johnson 등의 연구는 하수관거 관리에 대한 항목선정과 관리기법에 있어서 세부적이고 실제적인 조사를 바탕으로 한 관리시스템으로 하수관거의 효율적인 관리가 가능하나 이 연구는 관거의 상태에 대한 정보만을 분석 대상으로 함으로써 인구의 증가, 도시의 성장 등에 따른 관거의 확장 등에 관련되는 정보의 관리가 미흡하다. GIS를 이용한 상수도 공급관리시스템의 통합에 관한 연구에서 Cantrell 등(1992)은 상수공급시설물에 대한 모든 기록을 수치지도환경으로 연결할 수 있는 Database Management System(DBMS)을 개발하여 민원, 시설물 관리, 처리, 누수 등에 있어 작업순서를 결정할 수 있도록 하였고 지적 자료를 입력하여 사용자의 상수사용량을 알 수 있도록 하였다.¹⁾ 상수도 관리를 위한 컴퓨터 맵핑시스템의 이용에 대한 연구에서 Hasegawa(1991)는 일상 상수업무의 수준과 효율성을 향상시키고, 비상시 더 빠르고 정확한 대응, 시설계획, 관리의 표준화 등을 위해 맵기능 외에 수력학적인 분석과 수질분석이 가능한 시스템을 구축하여 일상 업무의 준비, 필요한 자료의 검색, 주민의 이해관계의

처리, 관망계획, 단수작업의 편의 등을 제공하고자 하였다. 시스템의 주기능은 네트워크 분석, 수력학 및 수질분석, 재난대책지원, 시설지원이며 수력학 분석 소프트웨어는 네트워크의 수압과 유량을 포함한 수력학적 조건들을 분석하기 위해서 사용된다.⁴⁾ 상수관리 시설 운영관리에 관한연구에서 Tourand(1991)는 광역 도시지역을 대상으로 상수도 공급시설 관리 시스템을 구축하였다. 시스템의 구성은 유지관리, 조절, GIS/CAD, 고객관리 시스템이며 주요 기능은 운영관리 및 새로운 수요 발생시 수요량과 압력분포를 모델링하여 적절한 인력관리, 비용절감, 시설운영에 관한 의사결정지원, 시설확장에 필요한 자료를 제공하는 것이다.¹²⁾ 객체지향형 데이터베이스(Object-oriented database)가 사용된 정보처리 기능이 있는 기반시설 계획에 관한 연구에서 Dorf 등(1991)은 모든 상수도관의 기록갱신, 계획, 설계, 유지관리를 위한 데이터베이스를 개발하고자 하였으며 대상물을 개별적, 또는 집합적으로 분류될 수 있도록 구조화 하였다. 이 시스템은 모든 기록을 하나의 데이터베이스로 통합하고 지속적으로 정보를 갱신하며, 다양한 축척으로 지도를 재배치하고, 정보를 공유하며, 현재 이용되지 않는 정보의 추가제공이 가능하다.³⁾ 종합적인 배수 기본계획을 만들기 위한 방법론에 관한 연구에서 Lewis (1991)는 하수처리 능력에 문제가 발생한 지역을 대상으로 종합적인 배수 계획을 수립하고자 하였으며 기초자료는 배수시설도, 배수유역도, 토지이용도를 이용하였다.⁷⁾ PC를 이용한 도시하수처리정보체계 구축에 관한 연구에서 이 동연 등(1993)은 서울시 하수시설관리에 필요한 데이터베이스 입력 항목을 결정하고, CAD와 DBMS로 각각 위치자료와 속성자료를 입력, 결합함으로써 PC에서 도시하수정보체계를 구축하여 하수시설의 개선과 유지에 대한 적절한 의사결정을 내릴 수 있도록 적시에 자료를 제공하고자 하였으며, 한국실정에 맞는 도시하수시설 정보체계를 구축하고자 하였다. 이 연구는 서울 구시가지에 적용되었으며, 도시기반시설 정보체계구축에 필요한 제도적, 기술적, 자료상의 문제를 지적하였다.¹⁰⁾⁶⁾

두번째 전문가 기법을 이용한 시스템 구축에 관한 연구로, GIS에서 전문가시스템 적용의 문제점에 관한 연구에서 Robinson 등(1987)은 전문가기법이 적용된 GIS를 Map design, Terrain/feature extration, Geog-

raphic database management, Geographic decision support system의 4영역으로 구분하고 지금까지 구축된 전문가 시스템을 고찰하여 앞으로의 연구방향을 제시했으며 앞으로 연구되어야 할 분야는 지식습득의 방법, 그리고 지식과 불확실성의 정형화라 하였다.¹⁰⁾ 토질공학분야의 KBGIS 기법응용에 관한연구에서 Usery 등(1988)은 전문가기법을 Geological Engineering Map(GEM) 제작분야에 적용하고자 GIS Processing과 GEM Production 분야를 통합한 Rule base를 개발하고자 하였다. 이 연구는 GIS Processing 내에서 전문가의 지식을 활용함으로써 사용자와의 의사교환 횟수를 감소시키고, 중간과정의 작업과정을 줄이며, 자료관리에 소요되는 시간을 최소화하고 연구와 응용을 위한 시간을 최대화하며, 한계 자원분석의 문제를 해결하는데 이용하였고, GEM이 가능한 KBGIS를 만들기 위하여 engineering geology의 이해, 지도제작 과정에 대한 이해, Geological engineer의 지도제작 과정의 분석을 전제조건으로 제시한 후 이러한 지식을 전문가 시스템에 전달하고자 하였다.¹³⁾ 전문가시스템에서 GIS의 역할에 관한 연구에서 Maggio 등(1987)은 전문가 기법에 있어서의 GIS의 기능을 연구하고자 하였다. 이 연구는 전문가기법을 특정한 분야를 수년간 연구한 전문가가 자기의 지식을 컴퓨터 언어(Computer language)를 사용하여 program화 한 것으로 정의하고, 사용자 접속기(User Interface), 추론기관(Inference engine), 특정지식기반(Specific Knowledge base)으로 구성되며, 유형은 의사결정지원 시스템(Decision support systems), 시뮬레이션 시스템이 있다고 하였다. GIS와 전문가기법을 통합하는 방법으로 난이도에 따라 3단계로 구분하고 첫번째 단계는 지식을 기초로 한 시스템과 GIS의 인터페이스, 두번째 단계로는 사용자가 시스템 인터페이스를 사용하고 GIS는 기초적인 자료를 제공하는 단계, 세번째 단계는 전문가기법과 GIS의 통합단계로 이것은 매우 어려우며 많은 시간의 투자가 요구된다.⁸⁾

3. 연구 방법

3.1 연구사용기기

연구에 이용된 기기는 성균관대학교 조경학과 토지정보체계연구실 장비이며, 하드웨어로는 SparcSta-

tion II(Graphic processor & monitor, 889 Mb Hard Disk포함), A-1 규격 digitizer, A-3 규격 plotter, PC 486/DX2(200 Mb Hard Disk)를 사용하였고 소프트웨어는 관계형 데이터베이스 GIS인 ARC/INFO, PC용 AutoCAD, PC용 DBMS인 dBASEIII+를 이용하였다.

3.2 연구대상지

연구 대상지는 서울시 전체 16개 대배수구의 216개 소배수구중 신당소배수분구를 택하였다. 소배수 분구는 하수체계를 효율적으로 처리하기 위한 기본 단위이며 신당소배수분구를 선정한 이유는 일제시대 때부터 서울시 관할 지역으로 도시 역사가 오래되어 노후된 하수관거가의 교체와 자주 발생하기 때문에 효과적인 관리가 요구되는 지역이기 때문이다. 또한, 하수체계가 합류식으로 되어 있어 이 지역에 대한 시스템구축과 활용방안이 연구되었을 때 분류식 하수체계지역에서도 개발된 시스템의 확대적용이 가능할 것이다. 대상배수분구 내 거주 인구는 96,000명이며 일부지역은 재개발 예정지이고, 지역 특성상 앞으로도 재개발할 가능성이 많은 지역이다.

3.3. 개념설계

개발된 시스템은 관계형 데이터베이스의 분석 및 조회 능력, 벡터를 기본으로하는 토지정보체계의 Chain Topology Generator 기능, 하수시설 용량산출에 관한 전문가 지식을 통합하여 유량분석을 자동화하고, 분석된 유량을 수용할 수 있는 시설물 정보를 사전 제공하며, 속성정보와 위치정보 및 유량에 관한 정보를 출력할 수 있도록 하였다. 시스템은 사용자 접속기를 이용해 사용자의 편의를 도모하였고, 분석에 관계되는 자료 및 조건의 입력으로 모든 분석이 자동으로 수행되도록 하였다.

시스템 개발에 관계되는 전문가 지식은 수문학, 하수도학으로 정의할 수 있으며 사용되는 자료는 대상지역의 특성 및 크기, 개발지역의 특성 및 크기, 하수관망, 강우량, 오수량 등이다. 설계된 시스템의 개념도는 그림 1과 같다.

전문가 기법의 이용은 지식을 저장하고 처리하여 전문화할 뿐만 아니라 입력된 전문화된 지식을 사용하여 자료를 분석하고 통합하는 기능을 제공한다. 현재 토지정보체계의 중요한 문제점은 전문가들만

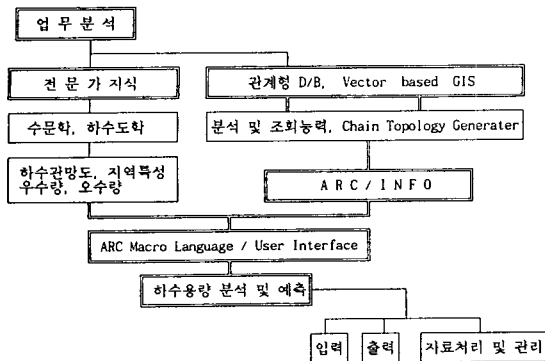


그림 1. 시스템 개념설계도.

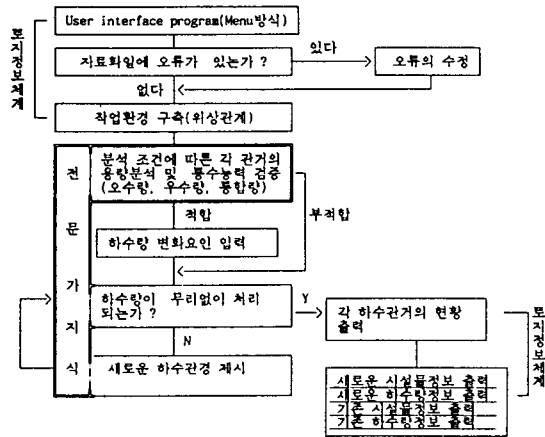
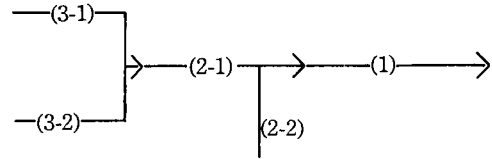


그림 2. 전문가 기법의 적용

토지정보체계를 이용할 수 있다는 것이다.^{11),9)} 이러한 문제를 해결하고 임의의 사용자에게 도움을 줄 수 있는 User-friendly system은 시스템의 운영 경험이 없는 사용자도 사용 가능하도록해 토지정보체계의 활용을 크게 향상시킨다.

본 연구에서 개발한 하수용량 분석 시스템은 Geographic database management 및 Geographic decision Support 분야에서 적용되도록 하였으며 User interface program을 통한 menu방식으로 비 전문가도 사용가능케 하였고, 하수 용량분석 및 관망설계 과정에 전문가 지식을 입력, 프로그램화하여 하수용량 분석 및 예측을 자동화하여 비전문가가 새로운 변화에 대한 결과를 예측하여 부분적인 관망설계를 할 수 있도록 하였다. 본 연구에서 이용한 전문가 지식을 이용한 예는 그림 2와 같다.



$$(2-1)\text{관거 하수량} = (2-1)\text{관거 하수량} + (3-1)\text{관거 하수량} + (3-2)\text{관거 하수량}$$

$$(1)\text{관거 하수량} = (1)\text{관거 하수량} + (2-1)\text{관거 하수량} + (2-2)\text{관거 하수량}$$

그림 3. 하수관거의 Network 구성 및 위계번호 부여

벡터를 기초로하는 GIS는 선형자료를 다루는데 효과적이기 때문에 대부분의 도시기반시설의 정보화하는 벡터를 기초로한 GIS를 이용하고 있다. 하수시설물 중 하수관거는 선형자료이며 방향이 있기 때문에 하수정보체계 구축시 정보체계는 벡터를 기초로한 GIS를 이용해야 한다. 특히 하수량 분석은 각 선형요소들간의 유량에 대한 정보가 상호 밀접한 관계를 갖으므로 하수관거를 표현하는 선형요소들의 연결관계는 명확히 정의되어야 하고 정확한 네트워크이 구성되어야 한다.

본 연구는 각 관거에서 자체 유입되는 하수량과 상위관거에서 유입되는 누적 하수량을 구하기 위하여 각 하수관거의 상하 관계를 정의하는 chain number를 부여하고 각 노드가 정확하게 연결된 네트워크를 구축하였다. 네트워크구축 개념과 체인 번호(chain number)의 부여는 그림 3과 같다.

이와 같은 관거의 chain number를 지닌 네트워크의 특성과 벡터를 기초로 한 GIS의 chain topology 생성기능을 전문가 지식과 통합하여 비전문가도 사용할 수 있게 한 것이 본 연구의 기본 착상이다.

4. 하수용량 분석 시스템 구축

4.1 입력구조설계 및 자료입력

하수관련자료는 서울시청 하수도국 및 연구대상지 관할 구청에서 1983년에 초기 제작된 축척 1:600 도면자료(하수관망도)를 구입하여, 필요한 속성정보를 추출하였다. 표 1은 구입자료의 일반 현황과 추출된 관련항목을 설명하고 있다.

자료 입력은 자료의 방대함에 따라 입력시간의 단축, 작업의 효율성을 고려하여 PC에서 입력하였다.

표 1. 입력 자료 현황

종류	항목	축척	취득원	제작연도
도형자료	하수관망도	1/600	서울시	1983
속성자료	도엽자료		서울시	1983
D/B 항목	· 관저고 · 길이	· 지반고 · 구배	· 관구경 · 관의 유형	

표 2. 계획인구별 1인 1일 최대 오수량²⁾

계획배수인구	계획 1인1일 최대 오수량(L)
10,000 이하	100-150
50,000 이하	250-350
500,000 이하	250-350
500,000 이상	350 이상

속성정보 또한 PC의 각종 문서편집 소프트웨어에서 작성할 수 있으며 데이터베이스 소프트웨어에서 자료의 작성후 문자 정보로 변환하여 UNIX의 binary format으로 변환시켜 이용가능한 자료로 변환하였다.

모든 위치자료와 속성자료는 각 record에 고유번호를 부여함으로써 도면정보와 속성정보를 연결시켜 주는 common item으로서의 역할을 수행하게 하였다. 고유번호는 하수 시설물을 구분하고, 시스템을 관리하는 key item의 역할을 한다.

4.2 분석모델 선정

하수는 여러가지 용해물질을 함유하고 있으나 수리학적으로 비중이나 점성이 문제되지 않기 때문에 일반적으로 이것을 무시하고 보통의 물처럼 취급할 수 있다. 하수의 흐름은 자연유하방식(Natural Flow System)을 취하기 때문에 수로의 수리학적 취급은 개수로에 속하고 그 수리학적 성질은 부등유, 부정유이다.²⁾ 따라서 각 관거에서의 최대 허용량은 Manning 공식을 적용하여 산출하였다. 오수량은 오수관 거의 크기를 정하고 합류식 하수도에서 강우시 우수와 동시에 방류하는 경우 그 회석도 산정의 기본이 된다.²⁾ 오수량 산정은 식 (1)을 이용하였다.²⁾

표 3. 서울시의 강우강도 공식¹⁾

재현기간	강우강도 공식
5년	420/(t ^{1/2} + .19)
10년	497/(t ^{1/2} + .15)
20년	569/(t ^{1/2} + .11)
30년	610/(t ^{1/2} + .09)
50년	660/(t ^{1/2} + .05)
70년	693/(t ^{1/2} + .04)
100년	727/(t ^{1/2} + .02)

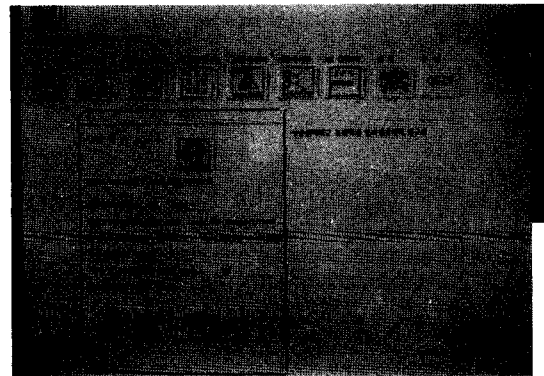


사진 1. 개발된 시스템의 초기화면

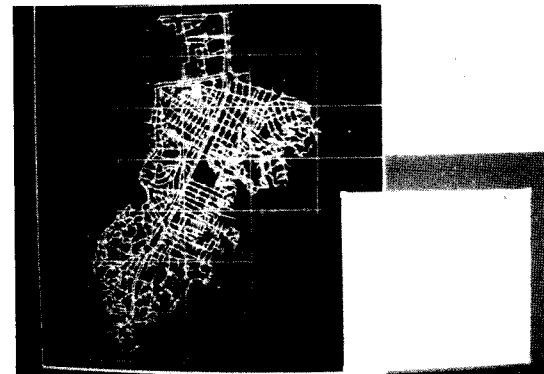


사진 2. 대상지 현황 및 분석현황

본 연구에서는 자료현황으로 재현기간 5년, 현거

$$Q(M^3/sec) = \frac{1인\ 1일\ 최대\ 오수량 \times 증가배수 \times 인구밀도 \times 배수면적}{24 \times 60 \times 60} + 지하수량 + 공장폐수량 \quad (1)$$

표 4. 시스템 모듈

모 들	명 칭	기 능	비 고
초기자료 입력	Input-card	분석에 필요한 화일과 현황을 초기 입력하여 시스템과의 의사교환 횟수를 줄인다	도움말 기능
오류검색	오류검색	입력된 화일의 위치정보에 대한 오류와 속성정보 입력의 오류를 검색하고 수정한다	chain-error attri-error
분석환경 구축	분석환경 구축	관망의 구조에 대한 정보를 구축, 하수관망에 대한 용량분석이 수행될 수 있는 환경을 조성한다	· chain number · 동위관거수
허용용량 계산	MAX	각 하수관거의 통수 허용용량 계산	
기존 하수량 계산	하수량 분석	초기 입력된 현황을 이용하여 현재의 하수용량 분석	· 오수량 · 우수량
변화요인 발생 후 하수량 계산	Simulation	· 사용자의 변화요인 입력(재개발, 재현기간의 변화)에 의한 하수용량 분석 · 증가된 하수량을 처리할 수 없는 관거 검색 · 검색된 관거의 통수 가능한 관경제시	· Menu에 의한 입력 · 자동검색 · 자동예측
출 력	출 력	구축된 하수정보체계의 시설물 현황과 분석된 하수유량을 사용자의 검색 및 조회 조건에 따라 해당 하수관거 및 속성 정보를 출력한다	· 시설물 현황 · 하수용량 현황 · 대상지 현황
SHELL	ARC-COMMAND	작업 일괄처리를 중지하고 KEYBOARD에 의한 COMMANDS의 입력을 가능하게 한다	

표 5. 사진 2에 출력된 속성정보

하수관망도 이름	sind6
대상지 면적	2,304,746 제곱미터
거주 인구수	96,000명
재 개발지 면적	192,170 제곱미터
재 개발지 예상 증가인구수	30,000명

주인구 96,000명, 1인 1일 최대오수량 300 L를 입력하고 자료화일은 하수관망도와 배수분구 경계도를 입력하였고, 분석에 사용된 항목은 관의 형태, 구경, 경사, 길이, 관거당 우수 유입면적, 관거당 오수유입량등이며, 변화요인으로 재현기간 30년, 재개발구역도, 재개발 지역 내 예상증가인원(30,000명)을 입력하였다. 표 4는 개발된 시스템의 각 모듈을 설명하고, 사진 1은 개발된 시스템의 초기화면이다. 사진 2는 대상지 현황 및 분석현황을 보여주며 표 5는 사진 2에 출력된 속성정보이다. 사진 3은 분석요인 변화에 따른 하수량의

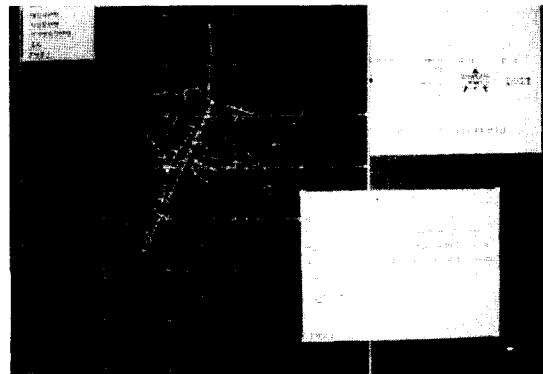


사진 3. 증가된 하수량을 처리할 수 없는 하수관거의 표시 및 해당관거의 분석 결과

변화를 처리할 수 없는 관거의 표시(백색으로 표시된 관거)와 선택된 하수관거(적색표시 관거)의 허용용량, 오수량, 우수량, 하수량, 용량비, 제시된 새로운 하수관경을 나타내고 있다. 표 6은 사진 3에 출력된 속성정보이다.

표 6. 사진 3에 출력된 속성정보

허용 용량	1.093(m ³ /sec)	경 사	0.005%
직 경	600 mm	변화전 하수량	0.869 m ³ /sec
변화후 하수량	1.385 m ³ /sec	제시된 하수관경 제시된 하수관거의 용량	700 mm 1.649 m ³ /sec

1인 1일 최대오수량은 일반적으로 50만명 이상의 인구가 거주하는 대도시에서는 350 L로 가정하며 계획인구별 계획 1인 1일 최대오수량을 살펴보면 표 2와 같다.

오수량의 변화는 보통 상수도 사용량에 따르며, 대체로 여름철에 최대가 되고 1일 중에도 오후와, 저녁 때에 각각 시간적으로 최대량을 나타낸다. 종래의 1개년량을 평균한 1일 수량을 평균량이라 하며 일반적으로 1일 최대수량의 70%(중소도시)-80%(대도시, 공장부분)이다. 따라서 시간 최대량은 1.3-2배가 되는 것이 일반적이다. 보통 APT군 주택단지는 1.8배에서 2배, 중소도시는 1.5배, 대도시 및 공업도시는 1.3배로 계산하여 증가배수로 한다.²⁾

공장으로부터의 폐수에 대해서는, 그 공장의 성질, 규모 등을 조사해야 되며, 특히 다량의 물을 사용하는 곳은 시간 최대 유출량에 대해서 현재 및 장래의 확장계획 등을 고려해서 정확히 조사해야 한다. 공장용 수원으로는 도시 상수도나 공업용 수도에서의 급수와 자가용수가 있으나, 도시상수도 급수의 경우에는 급수량에 그 양이 포함되고 있기 때문에 오수량에 추가할 필요는 없다.²⁾

합류식에서 하수량의 대부분은 우수량이기 때문에 정확한 우수량의 산정은 중요하다. 우수량의 과대 산출시 관거는 크게 되어 공사비가 과다하게 사용되며, 과소 산출시는 범람의 위험이 따른다. 우수량을 좌우하는 것은 강우강도, 배수면적, 지세, 지표상태로서 이들의 인자에 의하여 유출량은 변한다. 따라서 유출량의 산정에 있어서 먼저 정확한 강우강도를 정하고 다시 지세, 지표상태를 고려해야 한다. 강우 유출량 산정방법으로는 합리식과 경험공식에 의하는 경우가 있으며,²⁾ 본 연구에서는 합리식을 이용하였다.

강우강도의 계산은 서울시의 재현기간별 강우강도 공식을 사용하였으며 표 3과 같다.

도달시간은 유입시간과 유하시간의 합으로 계산되

며 지표에서 하수관까지의 시간을 유입시간이라 하며 본 연구에서는 7분으로 가정하였다.²⁾ 관거의 유하시간은 Manning공식을 적용하여 산출하였다.

4.3 시스템 구축

본 연구는 하수용량분석 시스템을 자료화일의 오류점검, 분석환경구축, 변화요인 발생전 하수량 분석, 변화요인 발생 후 결과의 simulation으로 분류하여 구축하고 각각에 대하여 오수량과 우수량을 분리하였다.

입력은 PC 환경하에서, 출력과 데이터베이스 관리는 ARC/INFO를 사용하였고, 사용자 접속기, 분석자료의 입력, 작업환경 구축, 입력된 화일의 오류점검, 구축된 시스템의 실행 등 프로그램의 통제는 ARC/INFO의 기본 기능과 프로그램 내 탑재된 ARC Macro Language를 사용하여 구현하였다. 또한 본 연구의 하수용량 분석 시스템은 사용자의 편의를 도모하고, 분석과정을 자동화 하였으며, 필요한 자료를 초기 입력함으로써 모든 작업을 algorithm에 따라 자동적으로 처리되도록 하였다. 개발된 시스템은 기존 하수망에서의 하수용량분석을 통하여 通水능력을 검증하고, 또한 새로운 변화요인 발생시 변화요인에 대한 결과를 Simulation하여 시설물에 대한 정보를 예측함으로써 기존 하수망의 부분설계가 가능하다. 분석모형은 그림 4와 같다.

5. 결과 및 토론

5.1 결 과

본 연구에서는 자료현황으로 재현기간 5년, 현거주 인구 96,000명, 1인 1일 최대오수량 300 L를 입력하고 자료화일은 하수관망도와 배수분구 경계도를 입력하였고, 분석에 사용된 항목은 관의 형태, 구경, 경사, 길이, 관거당 우수 유입면적, 관거당 오수유입량 등

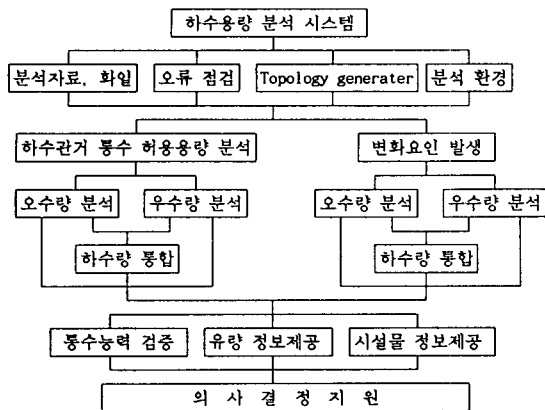


그림 4. 하수용량 분석 시스템 모형도

이며, 개발된 시스템은 변수설정을 위한 현황입력 및 분석조건입력, 자료화일의 오류점검, 분석환경구축, 하수량 분석, 변화 후의 simulation, 시설물 현황 및 분석결과 검색 및 조회를 독립적으로 실행하여 필요한 정보의 구축을 반복하지 않으며, 입력된 자료 화일에 대해서는 하수관거의 연결상태, 필요한 속성 정보 등의 결여 등에 대한 오류를 자동 검색하여 출력함으로써 분석결과 미치는 요소를 미리 제거한다. 또한 각 하수관거의 누적 하수량 등을 산출하기 위해 시스템은 관거의 위계번호, 동위관거수를 자동으로 계산하여 관거의 위상관계를 구축하여 분석시간을 단축한다. 시스템은 사용자의 입력조건에 따라 하수 유량 분석을 실시하고 필요하다면 새로운 조건에 따른 용량분석을 계속하여 수행할 수 있다. 출력은 시설물 정보의 통계적 출력과 사용자의 검색조건에 따라 요구되는 위치정보와 속성정보이며, 분석결과에 대한 출력은 각 관거에서 변화 전·후 오수량, 우수량, 통합량, 용량비, 변화된 하수량을 처리할 수 없는 관거 및 이에 대한 새로운 하수관경을 위치정보로 제공하고, 해당 하수관거의 유효관경과 용량을 제시하여 줌으로써 하수관망의 효과적 관리 및 분석계획이 가능하다.

5.2 토 론

본 연구에서 개발한 시스템은 재개발 전후 및 우수 재현기간을 변화한 하수용량 분석 등 사용자 임의의 분석조건에 따른 simulation으로 증가된 하수량을 처리할 수 없는 하수관거와 재개발에 따라 초래되는

하수관거에서의 영향정도를 사전 예측할 수 있어 사전계획 등 의사결정에 도움을 줄 수 있다. 또한 개발된 시스템은 오수량과 우수량을 분리하여 분석함으로써 합류식 및 분류식체계에서도 개발된 시스템의 적용은 가능하다. 본 연구의 문제점으로는 관련 도면에서의 입력정보 추출시 속성정보의 결여, 또는 해독의 난해함으로 분석 중 일부 관거에서 경사 입력 오류로 인한 역류, chain의 분리 등 오류가 발견되어 임의의 수정을 가하였다. simulation은 부적절한 하수관거에 대한 새로운 하수관경의 제시는 기존 하수관망의 경사를 그대로 이용하였고, 지류에 의한 유출량의 변화 효과는 고려치 않았다. 또한 본 연구에서는 환경에 대한 결과만을 simulation함으로써 현재의 개발된 시스템은 그 활용범위는 제한적이라 할 수 있으나 차후 경사의 변화 등 추가 변수를 고려한 simulation도 어렵지 않을 것으로 판단된다.

연구 제한 요소로는 제도적 문제점으로서 하수시설 정보체계 구축을 위해서는 정확한 기초자료가 필요하다는 것이다. 그러나 현재로서는 정보기록에 대한 유지, 관리가 미흡하여 정확성, 신뢰성있는 결과를 기대하기 어렵다. 따라서 기존에 없는 자료는 지금부터라도 기록해야 하며, 다양한 하수업무를 효율적으로 처리할 수 있는 여러 측면의 활용방안을 연구하여, 기록되어야 할 정보가 무엇인지를 정확히 파악할 필요가 있다.

6. 결 론

많은 시간과 노력이 투자되어 구축된 하수종합정보 시스템은 정보관리 기능 외에 활용에 대한 많은 잠재력을 갖고 있어, 오수량 측정에 따른 환경오염 예측 프로그램, 지형정보와 결합한 홍수예측 프로그램, 지번정보와 결합한 요금통계, 하수용량예측 프로그램 등 구축된 정보체계를 적극적으로 활용하기 위한 subsystem의 개발이 필요하다. 다양한 subsystem의 개발은 정보의 효율적 이용을 가능하게 하여 도시관리 비용을 절감하고, 결여된 정보의 추가제공 등을 가능하게 하여 정보관리의 질적 향상을 가져올 것이다.

이러한 필요성에 임각하여 전문가 기법을 이용하여 하수용량을 예측하고자 한 본 연구는 정보갱신이 용이하고, 통합적 자료관리 및 처리가 가능한 하수정

보체계의 한 subsystem으로 하수용량분석 시스템을 개발하여, 하수시설의 체계적 관리 및 하수용량분석 자동화 방안을 모색하고 하수배출량을 사전 예측하여 관리자의 의사결정에 도움을 줌으로써 하수업무의 효율화, 고도화를 가능하게 하였다. 또한 정보의 효율적 이용을 가능하게 하여 도시관리 비용을 절감하고, 정보관리의 양적, 질적 향상을 도모하였으며, 하수정보체계를 구축하고 국내 실정에 맞는 활용방안을 모색함으로써 한국 실정에 맞는 하수시설정보체계 구축 가능성을 제시하고자 하였다.

謝 辭

본 연구는 1991년도 교육부 학술진흥재단 자유공모과제 연구비지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. Cantrell, C. J., D. M. Bloesing and E. H. Burgess, 1992, 'Integration of a water distribution management system with a geographic information system for Newport, Kentucky', Urban & Regional Information System Association 1992 Annual Conference Proceedings, 4: 109-119.
2. 최영박, 엄원택, 1992, 하수도학, 형설문화사, pp. 36-39, p. 62, p. 93
3. Dorf, W., H. P. Moutal, and D. R. Bowen, 1991, 'Planning intelligent Infrastructures: NYC's water main mapping project', Proceedings of AM/FM International '91, Conference 14, pp. 555-5684.
4. Hasegawa, K., 1991, 'Utilization of computer mapping system in water works', Proceedings of AM/FM International '91, Conference 14, pp. 43-54. The best of AM/FM/GIS 1988-1991, pp. 25-36.
5. Johnson, J., D. Akagi, and J. Thorpe, 1992, 'Applying AM/FM Technologies To Sewer and Storm Drain Condition Assessment', Proceedings of GIS/LIS '92, volume 1, pp. 363-373.
6. 이동연, 이규석, 1992, 'PC를 이용한 도시하수시설 정보체계구축 및 활용', 대한국토 및 도시계획 학회지(인쇄중).
7. Lewis, K. V., 1991, 'City of Long Beach, California; Storm drain master plan and management program', Proceedings of AM/FM International '91, Conference 14, pp. 489-500.
8. Maggio, R. C., 1987, 'The Role of GIS in The Expert System', Proceedings of GIS/LIS '87 volume 2, pp. 685-692.
9. Ripple, W. J., and V. S. Ulshoefer, 1987, 'Expert Systems and Spatial Data Models for Efficient Geographic Data Handling', Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 53, No. 10, pp. 1431-1433.
10. Robinson, V. B., 1987, 'Expert Systems Applied to Problems in Geographic Information Systems', Proceedings of Auto Carto 8, pp. 510-519.
11. 천우중호, 1992, 수문학, 동명사, pp. 390-391.
12. Tourand, T. C., 1991, 'Atlanta water bureau's AM/FM/GIS', Proceedings of AM/FM International '91, Conference 14, pp. 523-534.
13. Usery, E. L., P. Altheide, R. P. Deister, and D. J. Barr, 1988, 'Knowledge-Based the GIS Techniques Applied to Geological Engineering', Phetogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 54, No. 11, pp. 1623-1628.