

# 도심지 하수관거의 실시간 유지 및 관리 시스템 개발

최계운<sup>1)</sup>, 이호선<sup>2)</sup>, 민경용<sup>3)</sup>

## 1. 서론

현재 우리나라에서는 노후 및 파손이 심한 하수도관을 통해서 지하수 등의 불명수가 차집관로를 통하여 하수처리장에 다량으로 유입됨으로써 하수의 회색 및 하수량 증가를 유발하게 되어 하수처리장의 운영효율을 저하시키고 있다. 또한 하수관이 파손된 경우 토양으로 직접 유출된 하수, 강우시 분류식관으로부터 나가는 초기오염물질과 합류식 관거에 있어서 월류되어 하천으로 직접 방출되는 하수는 지하수 및 토양 오염에 심각한 원인이 되고 있는 실정이다.

이러한 하수관거는 지하에 시공된다는 특성 때문에 시공 후에는 관거 상태를 파악하기 어렵고, 기존의 관거 조사방법인 육안조사, CCTV조사, 염료추적조사, 음향조사 방법 등은 비용, 정확도 등에 많은 문제점을 가지고 있다. 이로인한 하수관거 정비 불량은 하수종말 시설로의 유입량이 과다하게 되어, 보다 근본적인 차원에서의 종합적인 하수관거의 정비 및 지속적 관리가 요구되어 왔다. 또한 관거 사업의 지속적 증대 전망(2020년까지의 하수관거 정비 종합계획 등)은 하수관망의 통합관리를 요구하게 되었고, 이러한 요구에 따른 자동화된 하수관망 통합 운영 시스템의 필요가 절실하게 되었다.

본 연구에서는 하수관망의 유지관리보수에 있어서 실시간 전송 데이터에 대한 서버관리와 원격조정이 포함된 시스템구축과 데이터베이스 관리, 최적 개량을 위한 의사결정, 실시간 자료를 토대로 한 초기강우제어와 CSOs 제어, 유지관리를 위한 모델링 시스템을 개발하고자 한다. 또한 개발된 시스템에서는 체계적인 입력자료 관리를 위해 GIS를 이용한 입력제어 및 향후유지관리를 위한 데이터베이스 구축, 사용자 편의성을 위한 편리한 GUI를 제공하며 각종 결과물의 비교검토를 용이하게 하기 위한 그래프 및 표를 제공하게 될 것이다.

## 2. 기본방정식 및 해석 알고리즘

하수관망내 두 지점간의 질량 및 운동량의 보존을 나타내는 연속방정식과 운동방정식을 사용하였으며, 하수관망내 두 지점간의 질량의 보존을 나타내는 연속방정식은 아래식과 같다.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_1$$

단, A: 단면적, Q: 유량, t: 임의의 시간, x: 두지점간의 거리, q<sub>1</sub>: 횡방향 유입량

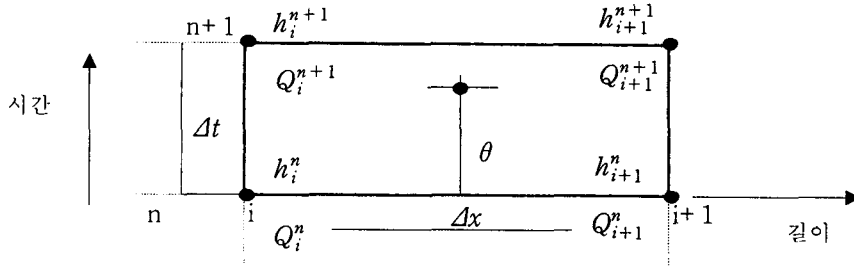
하수관망내 두 지점간의 운동량의 보존을 나타내는 운동량방정식은 수심, 유량의 미지수를 가진 다음의 식으로 쓸 수 있다.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} = gA(S_0 - S_f) + q_1 V_1$$

- 1) 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수
- 2) 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정
- 3) 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정

단,  $q_i$ : 횡방향 유입량,  $V_i$ : 횡방향 유입속도,  $g$ : 중력가속도,  
 $S_0$ : 하천의 하상경사,  $S_f$ : 하천내 흐르는 물의 에너지 경사

위와 같이 주어진 2종류의 기본방정식들을 이용한 프로그램을 개발하기 위하여 안정성 및 계산 시간 간격 결정 등에 유리한 음해법(implicit scheme)의 유한차분해석법이 이용되었으며, 아래 그림과 같이 4점법이 이용되었다.



### 3. 시스템구성

본 시스템은 크게 3가지로 구분된다. 첫 번째는 실시간으로 전송되어지는 데이터를 수신 및 처리 보관하는 서버부분과 데이터를 필터링하고 입력자료를 관리해주는 데이터베이스 관리부분, 하수관거내 부정류해석 및 침입수 / 유입수 해석을 포함한 계산기능과 각종 출력을 담당하는 프로그램 및 GUI부분으로 나누어진다. 프로그램은 다시 GIS를 활용한 하수관망 자료구축기능, 실시간 유량자료를 활용한 관망내 침입수 / 유입수 해석, 관내 통수능 분석과 해석의 기초가 되는 부정류 해석기능, 관내수리 및 수질 모델링 기능, 수집자료의 필터링기능, 초기강우 및 CSOs제어기능, 관거교체 의사결정 지원 기능, 통수능 및 침수예측기능으로 분리할 수 있다. 그림 1과 그림2는 현재까지 개발된 프로그램의 전체적인 흐름도와 화면을 나타내고 있다.

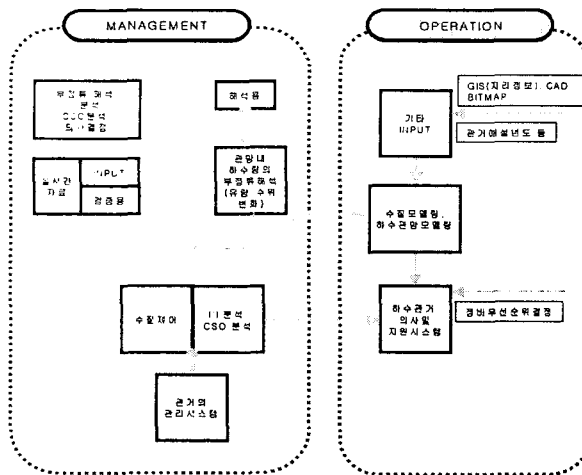


그림 1. 프로그램의 구성

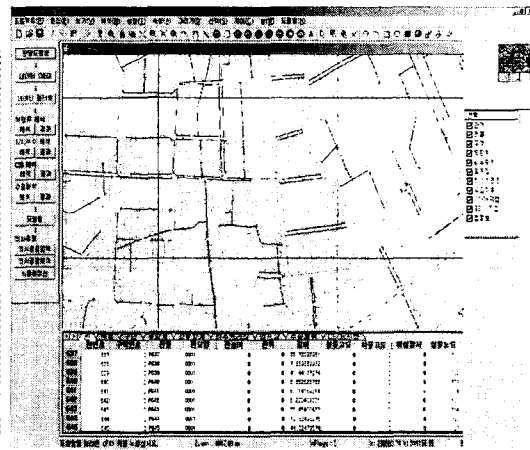


그림 2. 프로그램의 화면구성

### 4. 프로그램의 모의 실험

#### 4.1 가상 관망도 구성

프로그램의 모의 실험을 위해 실시간으로 전송되는 유량계지점과, 강우량계를 가지고 있는 하수관망시스

템을 채택하였다. 먼저 프로젝트 파일을 생성한후 관로 및 유량계지점, 강우량계 지점을 생성한다. 관망생성은 CAD의 DXF파일이나 , ArcView,의 SHAPE 등의 GIS 파일, 지도 그림파일또는 본 프로그램에서 자체 제작된 GIS 파일등의 4가지 파일들을 입력가능토록 하였다. 그림3은 프로그램에 관망과 실시간 유량계를 표시한 모습이다.

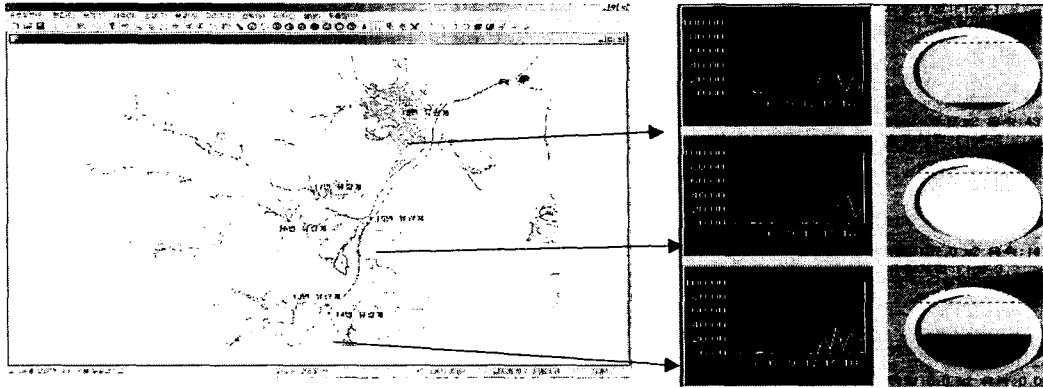


그림 3. 관망입력화면

#### 4.2 입력자료 구축

관망을 구성한 후 해석하고 싶은 구성요소를 선택하여 필요한 자료를 입력한다. 각 구성별로 대화창을 따로 만들어 입력이 가능토록 하였으며 대화창을 이용해 입력하더라도 별도의 작업없이 데이터베이스화 하도록 하였다. 그림4는 구성요소 중 부정류 해석을 위한 관망자료를 입력하기 위해 관을 선택했을 때의 화면을 나타낸다. 체계적인 입력자료 구축을 위해 마법사형식의 기능을 제공하였고 입력된 결과를 바로 .CSV 파일로 변환 가능하도록 하였다.

관번호	구역번호	유량계	강우량계	하수처리장	법프삼	수질채취	CSOs시점
637	637	0 P637	0001	0	0	35.73095961	0
638	638	0 P638	0001	0	0	7.339869982	0
639	639	0 P639	0001	0	0	41.44187274	0
640	640	0 P640	0001	0	0	6.852623788	0
641	641	0 P641	0001	0	0	60.14169314	0
642	642	0 P642	0001	0	0	6.220469831	0
643	643	0 P643	0001	0	0	35.45400437	0
644	644	0 P644	0001	0	0	12.33498275	0
645	645	0 P645	0001	0	0	44.32479574	0

그림 4. 자료 입력 화면

#### 4.3 해석

사용자가 원하는 구성요소를 선택하여 입력을 완료하면 해석을 실시하기 전에 에러 메시지를 통해 빠진 입력자료를 확인하도록 하였으며 에러체크가 끝나면 해석을 실시한 후 사용자가 확인가능한 결과를 활성

가능한 상태로 바꾸어줌으로서 결과의 확인을 용이하게 하였다. 해석된 모든 결과는 데이터베이스화되며 결과보기메뉴를 통하여 확인할 수 있고, 다양한 시각적인 그래프를 통해 해석결과를 분석할 수 있도록 구성하였다.

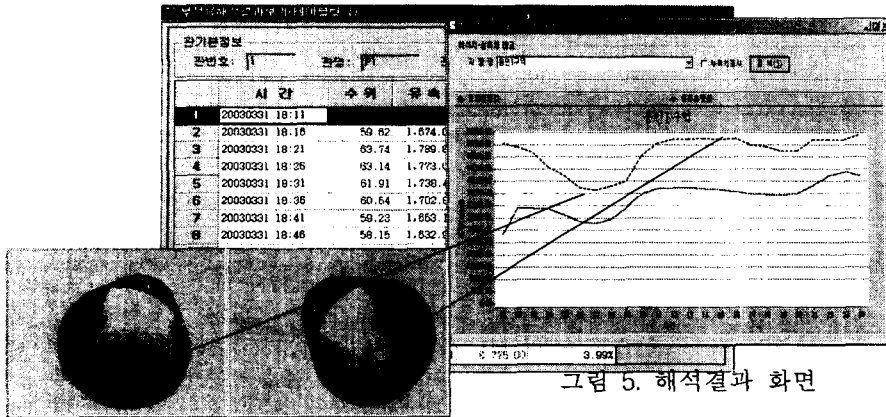


그림 5. 해석결과 화면

## 5. 결론

현재 개발중인 하수관거 시스템은 실시간 모니터링 및 시간에 따른 관망 수위 변화에 대한 요인을 도출하여 정확한 관망 흐름을 분석하고, 이를 근거로 부정류해석, I/I해석, CSO해석, 누수량 분석, 수질제어, 수질모델링, 하수관망 모델링을 통하여 하수관거 정비 사업의 효과를 파악하고 하수관망 교체 우선순위 결정 및 비용 산정 등 선진화된 하수관거 운영 및 관리를 가능토록 하였다.

또한 개발되고 있는 프로그램을 활용하여 효율적인 하수관망 상태의 모니터링, 계측 데이터에 대한 데이터 필터링, 시간 변화에 따른 유량계 상류 측의 유량 및 유속변화 감시, 각 관의 데이터 축적을 통한 통수능 해석과 시뮬레이션, 강우시 유량변화의 데이터 축적으로 초기강우 및 CSOs, SSOs의 제어, 합리적인 하수관망 교체 의사결정등에 매우 유용하게 사용될 것으로 기대되며 점진적인 하수처리효율이 높아지고 합리적인 하수관망이 이루어져 인근하천과 지하수 오염방지에 기여할 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 논문은 GUI와 데이터베이스, GIS 구축작업을 (주)수로텍 연구실 직원들과 공동 작업을 수행해서 추진되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

## 참고문헌

1. 김영명(2002), "합류식 하수관거의 침투수/유입수 발생특성 연구", 고려대 산업정보대학원.
2. 김태현(1999), "하수관거의 침투수/유입수(I/I) 발생특성 분석", 한양대학교.
3. "차세대 하수관거정비 특별심포지움" (2002), 대한상하수도학회 하수도연구회.
4. "한강수계(1권역)하수관거정비 시범사업 타당성조사 보고서" (2002), 환경관리공단.
5. "한강수계 하수관거정비 시범사업 타당성조사 자문회의보고서" (2001), 환경관리공단.
6. "하수관거 효율향상을 위한 국제세미나" (2002), 환경부.
7. "하수도시설기준" (1998), 환경부.
8. "2002년도 하수도 연찬회" (2001), 환경관리공단.
9. "1999년도 하수도통계" (2000), 환경부.
10. "Existing Sewer Evaluation and Rehabilitation"(1994), WEF Manual of Practice FD-6, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No.62, Water Environment Federation.
11. "Handbook : Sewer System Infrastructure Analysis and Rehabilitation"(1991), EPA/625/6-91/030, Cincinnati, OH.