

# 하수관거의 개·보수 계획 수립을 위한 웹 기반 의사결정 지원시스템 개발

○여민국(Ryeo, Min-Kuk)\* · 김승권(Kim, Sheung-Kown)\* · 이용대(Lee, Yongdae)\* · 김중훈(Kim, JoongHoon)\*\*

## 1. 서론

우리나라의 하수처리 시스템은 1980년대 한강종합개발 사업을 시행하면서부터 구축되기 시작하여, 각 지방 도시까지 확대되고 있다. 하지만 이와 같은 시스템은 20여년이 지난 지금 기존 관거의 상당 부분이 시공 불량 및 사용연한 초과로 빠르게 노화됨에 따라 균열, 단락 등의 불량 요소가 발생하고 있다. 그리고 이 부위를 통해 지하수, 계곡수 등 많은 양의 불명수가 유입되어 하수처리 효율을 떨어뜨리고 있으며, 불명수 유입량에 상응하는 오수가 누출되어 지하수와 토양 오염 등 환경오염을 일으키고 있다. 또한 수리적 측면에서 설계용량 초과에 따른 통수능력 및 용량의 부족이 나타나고 있다.

근래에 들어 도시지역 하수관거에 대한 정비사업이 활발히 이루어지고 있으나, 하수관거 시설물에 대한 기초 자료가 매우 부족하고, 그나마 가지고 있는 자료도 수작업으로 관리하고 있어 자료이용의 효율성이 떨어져 체계적인 개·보수 사업추진에 큰 어려움을 겪고 있다. 따라서 하수관거 시설 관련 자료를 전산화하여 관리하고, 데이터를 분석하여 개·보수 계획 수립에 필요한 정보를 제공해줄 수 있는 의사결정지원시스템이 필요한 실정이다.

하수관거 개·보수 계획 수립을 위한 의사결정지원시스템에 관한 연구로 Fenner(1999)등은 GIS(Geographic Information System)와 과거 데이터를 이용하여 위급하지 않은 하수관거의 개·보수 계획 수립을 위한 의사결정지원시스템을 개발하였다. 또한 Sinske(2002)등은 GIS를 이용하여 하수관거의 네트워크를 보여주고 각 관거의 현황과 시스템의 분석 결과를 보여주는 Package를 개발하여 Inner Cape Metropolitan Region에 적용하였다. Hegwald(2002)등은 GIS를 이용한 현장 데이터 분석을 통하여 불명수 발생량을 평가하고 하수관거 개·보수 계획을 수립하기 위한 하수관거 평가 시스템을 개발하였다.

한편 국내의 연구 성과는 전무한 실정으로, 하수관거 개·보수 계획 수립을 위한 모형에 관한 연구가 일부 이루어지기는 했지만 데이터의 부족으로 인하여 모형의 많은 부분을 가정하고 있어 실제 개·보수 계획 수립에 적용하기에는 문제가 많았다.

본 연구에서는 하수관거 개·보수 계획 수립을 위하여 하수관거 시설 자료를 효율적으로 수집·관리하고, 수집된 자료를 분석·평가하여 개·보수 계획 수립에 필요한 자료를 제공해 주는 웹 기반 의사결정지원시스템을 구현하고자 한다. 이를 위하여 하수관거 자료를 체계적으로 관리하고 자료 이용의 효율성을 높일 수 있는 데이터베이스를 설계하고, 데이터베이스에 축적된 자료들을 바탕으로 하수관거 시스템을 분석·평가할 수 있는 자료 분석 및 평가 시스템을 구축하였다. 또한, 간단한 개·보수 우선순위 평가 시스템을 개발하여 개·보수 우선순위 결정을 위한 하나의 대안을 제시할 수 있도록 함으로써 다른 개·보수 계획 수립 모형과의 연계가능성을 시험하였다. 한편, 이같은 시스템을 웹 기반으로 구축함으로써 인터넷이 가능한 곳에서는 어디서나 활용할 수 있도록 하였다.

\* 고려대학교 산업시스템정보공학과

\*\* 고려대학교 토목환경공학과

## 2. 웹 기반 의사결정지원시스템의 설계 및 구현

본 연구에서 개발한 웹기반 의사결정지원시스템의 전체구조는 <그림 1>과 같다. 본 연구에서는 데이터베이스시스템과 웹 기반 사용자 인터페이스를 하나의 시스템으로 통합하여 독자적인 구동이 가능하도록 웹 기반 정보관리시스템을 설계하였다. 또한 모델베이스시스템으로 자료 분석 및 평가시스템과 개·보수 우선순위 평가 시스템을 설계하였다. 이러한 모델베이스시스템들과 웹 기반 정보관리시스템을 통합하여 웹 기반 의사결정지원시스템을 구성하였다.

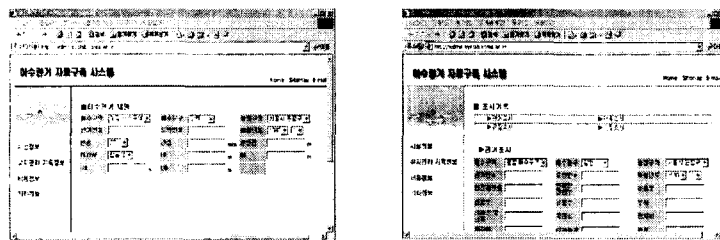


<그림1> 하수관거 개·보수 계획 수립을 위한 웹 기반 의사결정지원시스템 개괄도

### 2.1 웹 기반 정보관리시스템

웹 기반 정보관리시스템은 데이터베이스시스템과 웹 기반 사용자 인터페이스로 구성되어 있어 GUI와 의사결정지원시스템에서 처리하는 모든 자료의 관리, 그리고 웹을 통한 자료의 입·출력을 담당한다.

먼저 데이터베이스시스템은 실제 데이터를 저장하는 데이터베이스와 이를 관리하는 DBMS (Data Base Management System)로 된다. DBMS는 입력 데이터를 전달 받아 저장 또는 갱신하고, 사용자나 모델베이스시스템의 모듈들이 요구하는 데이터를 전달해 주는 역할을 한다. 한편, 웹 기반 사용자 인터페이스는 서버사이드 웹 어플리케이션 기술의 하나인 ASP(Active Server Page)를 이용하여 구현되며, 사용자와 시스템간의 정보교환을 위한 통로 역할을 한다.



<그림 2> 자료 입력 창 예시

데이터베이스 자료는 <그림 2>와 같은 자료입력 창을 통하여 입력되며, 크게 시설정보, 유지정보, 비용정보, 기타정보로 구분된다. 먼저 시설정보에는 하수관거 시설의 가장 기본적인 자료로서 관거의 제원과 매설년도 등이 입력된다. 유지정보에는 관거 매설 후 특정 시점까지의 관거 유지와 관련된 정보로써 관거 조사기록, 청소기록, 불명수 발생량, 개·보수 기록 등이 입력되며, 비용정보에는 일정 기간동안 관거 유지를 위해 사용된 비용과 불명수 발생으로 인한 하수처리비용증가에 대한 정보가 입력된다. 마지막으로 기타 정보에는 하수관거의 주변 환경과 관련된 정보들이 입력된다.

## 2.2 관거 자료 분석 및 노후도 평가시스템

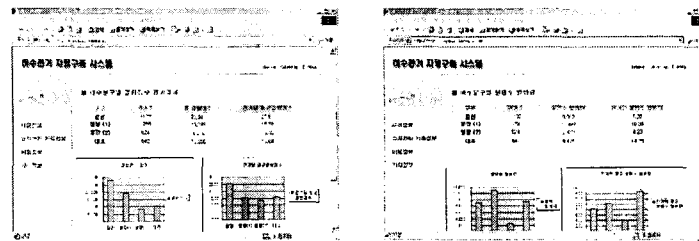
관거 상태 분석에서는 조사자료 중 결합 자료를 바탕으로 관거의 결합 항목별 결합 정도에 따라 배점하고, 총 합계 점수로 관거의 상태를 나타낸다. 또한 배수구역별 총 합계점수와 관거당 평균 결합 점수를 산정하여 각 배수구역의 관거상태를 나타낼 수 있도록 하였다. 관거 상태 분석을 위한 결합 항목으로 「도심하수관 정비기법 연구」(1997, 환경부)에 수록된 <주요 이상항목별 평가기준>에 근거하여 총 15개 항목을 선정하였으며, <표 1>의 결합항목별 점수 배점을 이용하여 관거 상태를 평가할 수 있도록 하였다.

<표 1> 결합항목별 점수 배점

결합항목	결합등급			결합항목	결합등급		
	A	B	C		A	B	C
맨홀뚜껑 파손	12	10	-	관파손/크랙	-	20	15
맨홀연결 파손	20	15	8	곡관로	15	10	5
접합관 돌출	15	5	1	관침하	15	10	5
접합부 이상	12	5	3	관구배	15	10	5
이음부	20	15	5	타관통과	20	10	5
침입수	20	-	-	폐유/모르타르 점착	20	15	8
유출수	20	-	-	토사	10	5	3
부식	15	10	5				

한편, 불명수 발생량 분석에서는 하수관거 조사 자료 중 유량측정 및 수질조사 자료를 이용하여 하수관거에서 발생하는 불명수를 산정한다. 하수관거의 불명수 발생량은 실제 측정한다는 것은 어렵기 때문에 본 연구에서는 구간별 유량측정 결과를 바탕으로 김태진(2002)이 제시한 불명수 산정 모형을 이용하여 하수관거별 불명수 발생량을 산정하였다.

<그림3>은 자료 분석 및 평가시스템의 결과로서 배수구역별 관거상태 분석 결과와 불명수 발생량 분석 결과를 보여주고 있다.



<그림 3> 자료분석 및 평가 시스템 결과 예시

## 2.3 개·보수 우선순위 평가시스템

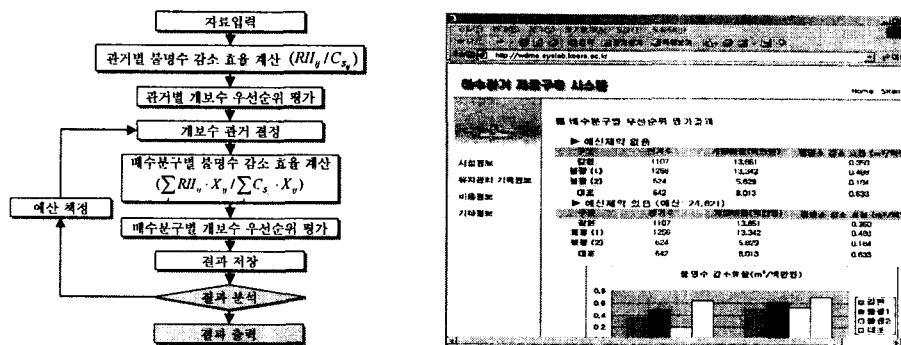
개·보수 우선순위 평가시스템은 사용자가 설정한 소규모 대상지역에 대하여 필요한 자료들을 데이터베이스에서 불러와 대상 지역의 배수분구별 개·보수 우선순위를 평가한다. 개·보수 우선순위 평가시스템의 평가 기준으로 개량비용 대비 불명수 감소 효율을 적용하였으며, 불명수 감소 효율을 계산하기 위하여 다음과 같은 수식을 이용하였다.

- $R_{ij}$  : j 번째 배수분구의 i번째 관거 개량시 불명수 감소량
- $C_{s_i}$  : j 번째 배수분구의 i번째 관거 개량비용
- budget : 예산
- $X_{ij}$  : j 번째 배수분구의 i번째 관거를 개량하면 1, 하지 않으면 0

$RII_{ij}/C_s$  : 관거별 불명수 감소 효율  
 $\sum_i RII_{ij} X_{ij} / \sum_i C_s X_{ij}$  : 배수분구별 불명수 감소 효율

또한, 우선순위 평가시에는 다음의 세가지 사항을 가정하였다. 첫째, 관거의 개·보수로 인한 관내 불명수 감소량은 개·보수 공법에 관계없이 기존 불명수의 80%이다. 둘째, 하수관거별 개·보수 공법은 결정되어있다. 셋째, 모형 수행시 예산은 모든 하수관거를 개보수 할 경우 필요한 비용의 60%를 적용하였다.

<그림 4>의 왼쪽 그림은 배수구역별 개·보수 우선순위를 평가하기 위한 흐름도이며, 오른쪽 그림은 불광배수구역의 4개 배수분구에 대한 그 적용 결과를 보여주는 화면이다.



<그림 4> 개·보수 우선순위 평가시스템 흐름도 및 적용 결과

### 3. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 하수관거 관련 자료를 수집, 관리하고 분석하여 체계적인 하수관거 개·보수 계획을 수립할 수 있도록 의사결정에 필요한 정보를 제공해 주는 웹기반 의사결정지원시스템을 개발하였다. 따라서 사용자가 직접 시스템을 활용하는 과정을 통해 문제점을 파악·개선하는 한편, 하수관거 평가에 더 적합한 분석기법이 추가해야 할 것이다. 본 연구에서 구현한 시스템은 프로토타입으로 개발 되었다. 또한 현재 진행 중인 국가 지리정보체계(National Geographic Information System; NGIS) 구축 사업이 완료될 경우 하수관거에 대한 시설 자료와 환경자료가 NGIS에서 제공될 것이므로 그에 맞게 데이터베이스 구조를 변경해야 할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구의 연구과제(과제번호 : R01-2001-00474)에 의해 수행 되었기에 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- 환경부(1997), “도심 하수관 정비기법 연구”
- 서울특별시(1998), “하수관거조사 및 정비기본계획 보고서(불광배수구역)”
- 김태진(2002), “불명수를 고려한 하수관거 최적개량 의사결정 시스템의 개발”, 석사학위논문, 고려대학교
- R. A. Fenner and L. Sweeting(1999), “A Decision Support Model for the Rehabilitation of ‘Non-Critical’ Sewer”, Water Science Technology, Vol.39, No.9, pp.193-200.
- Dan R. Hegwald et al(2002), “I/I Evaluation and Rehabilitation Program simplified with Cost-Effective GIS Implementation”, Wade & Associates, Inc. Technical Papers.
- SA Sinske and HL Zietsman(2002), “Sewer-system analysis with the aid of a geographical information system”, Water SA Vol.28 No.3