

## 하수관거 정비사업 성과측정 및 유지관리모니터링 시스템

최계운 · 이호선

인천대학교 토목환경시스템공학과

### Evaluation of the Project about Rehabilitation in Sewer Network and Monitoring System for Management and Maintenance

Gye Woon Choi · Ho Sun Lee

Department of Civil & Environmental System Engineering, University of Incheon

#### 1. 서론

하수관거는 국민의 정맥이라고 할 수 있을 정도로 도시의 환경관리와 배수, 쾌적한 환경조성에 있어서 매우 중요한 시설이며 그 규모가 광범위하고 복잡한 네트워크로 구성되어 있다. 이러한 하수관거를 통해 이송되는 물은 지저분하고 냄새가 심하기 때문에 지하에 관로 형태로 시공되어 왔으며, 상수관망처럼 압력관이 아니라 중력에 의한 이송방식을 채택하고 있어 문제 발생 시 원인 파악과 대처를 힘들게 하는 요인을 가지고 있다. 특히 하수관거의 관리 소홀은 곧바로 불명수의 관거내 유입이 일어나거나 토양오염과 인근 환경오염으로 직결되며 장기적으로는 상수를 오염시키는 요인으로 작용하므로 체계적인 방법과 장기적인 안목을 가지고 명확한 분석을 시행할 수 있는 시스템을 가지고 유지관리 되어야 한다.

우리나라는 하수도 시설물을 1980년대 이후에 지속적으로 건설하여 왔으나 하수관에 대해 지속적인 관심부족과 관리 소홀로 인해 많은 관들이 현재 노후(일부는 교체)되었거나 파손이 심한 상태이다. 이런 문제 있는 하수도에 지하수 같은 불명수(I/I)가 차집 관로로 유입되어 결국 하수처리장에 불명수가 다량으로 유입됨으로써 하수 농도를 저하시키고 이로 인한 하수처리장의 처리효율이 저하되고 있을 뿐만 아니라, 파손된 하수관을 통하여 누수된 하수는 토양이나 인근 하천으로 직접 유출되어 토양 및 지하수, 인근하천을 오염시키고 있는 실정이다. 또한, 하수관거는 단순한 관의 연결이라기 보다는 강우 유출과 생활하수로부터 시작하여 펌프, 웨어 등의 시설이 포함되는 시, 공간적으로 복잡한 유출현상 및 수리현상을 포함하고 있다.

최근 우리나라는 대규모 하수관거 정비사업을 추진하고 있다. 하지만 사업추진에 있어서 사전에 관련된 조사자료의 체계적인 준비없이 추진됨으로서 정비사업을 진행하고 정비 후 유지관리를 위한 시스템 구축과정에 있어서 많은 문제점을

야기하고 있으며 정비 후 성과 측정시 분석 방법의 불명확함과 체계적인 유지관리 시스템 구축체계가 명확이 이루어지지 못해 많은 난황을 겪고 있는 상황이다.

올바른 하수관망정비 사업이 추진되고 합리적인 방법으로 이를 평가하며 향후 체계적인 유지관리를 위해서는 하수관망과 관련된 수리특성을 이해하고 기본적인 조사과정이 필수적이라고 할 수 있다. 이러한 이해를 바탕으로 현장조건을 충분히 반영하고, 체계적인 관망해석, I/I분석, 사업효과분석 등을 통해 정비 사업을 합리적으로 수행할 뿐만 아니라 향후 체계적인 관리를 위한 국내 개발 통합유지관리시스템이 필요하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 하수관거 정비사업의 올바른 성과 측정을 위한 필요한 관련자료 및 현장 자료수집의 체계적인 구축방안을 검토하고 하수관망내 수리특성을 분석할 수 있는 세부프로그램들을 제시하여 통합 시스템을 활용한 정비사업의 합리적인 성과측정방안을 제시하고자 한다.

#### 2. 자료수집 및 체계화

하수관거 정비사업의 성과는 합리적인 자료수집과 이를 활용한 체계적인 유지관리 모니터링 시스템을 구축하여 시스템을 통한 측정이 이루어져야한다. 체계적인 자료를 수집하고 구축하기 위해서는 먼저 하수관거 체계를 이해하고 이에 따른 적절한 조사활동과 시스템 구축을 계획해야 한다. Fig. 1은 일반적인 하수관거 체계를 나타내고 있는데 하수관거는 가정이나 공장으로부터 들어오는 오수와 강우유출에 의한 우수 등이 유입되어 시간과 공간에 따라 복잡한 형태를 보이며 관거를 따라 흐르다가 하수종말 처리장으로 유입되거나 인근하천으로 유출되도록 설계되어 있다. 이런 과정에서 관거 파손이나 불량 관거, 오점된 관거 등으로 부터 침입수가 유입되거나 누수가 생길 수 있으며 우수배출을 목적으로 펌프장, 저류지등의 시설이 포함될 수 있다.

따라서 하수관거를 체계적으로 평가하고 관리하기 위해서는 이런 구성요소들을 시,공간적으로 분석하고 관내 수리특

E-mail: gyewoon@incheon.ac.kr

Tel: 032-770-8467

Fax: 032-762-7683

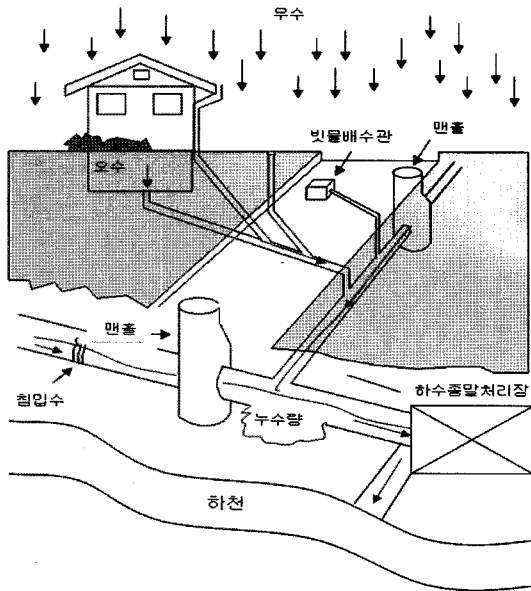


Fig. 1. 하수관거 구성체계.

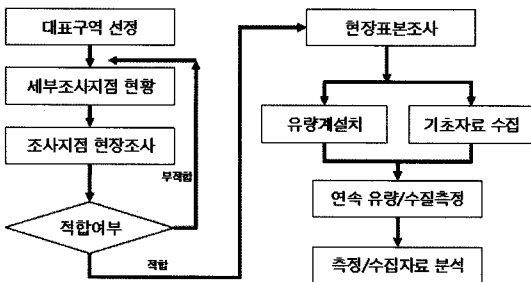


Fig. 2. 표본조사 개념도.

성을 고려하는 것이 필요하며 관으로 들어오는 유입에 해당하는 양을 정확히 파악하고 해석하는 것이 필요하다.

2.1. 발생 부하량과 유입 수질 자료 수집 및 검증

하수관거 정비사업 성과 측정의 시작은 하수관거로 유입되는 유입량과 유입수질을 파악하는 것으로 부터 시작된다. 현재 하수관거 사업 추진 성과 확인시 시공전, 시공 후 20% 실시 시 마다 개선효과를 검증토록 요구하고 있고 이때 불명수량은 일최대 오수량과 하수처리장 유입량과의 차이가 10% 이내가 되도록 요구하고 있으며 유입수질은 계획수질(150 mg/L)의 90%(135 mg/L)에 대한 수질보증을 요구하고 있다.

하지만 실제 하수관거로 유입되는 일련의 오염물질들은 발생원의 형태와 종류, 지역적 특성에 따라 그 값이 많이 차이 날 수 있으며 지역별 특성에 민감한 형태를 나타내게 되어 있지만 대부분 별도의 조사를 수행하지 않고 환경부에서 제시된 값을 가지고 적용하고 있어 상당히 무리가 따르고 있다.

예를 들면, 실제로 하수관망 정비사업이 수행되고 있는 H시에 표본조사를 Fig. 2와 같이 수행한 결과 환경부에서 고시된 자료는<sup>1,2)</sup> H시의 일반주거지역의 경우 Table 1과 같이 BOD농도 차이는 75 mg/L가 나는 것으로 나타났다. Fig. 3은 조사지점의 총인구(4,640명)를 기준으로 총 발생유량과 오염

Table 1. H시의 실제 조사결과와 고시자료비교

| 환경부고시          |               | 표본조사결과         |               |
|----------------|---------------|----------------|---------------|
| 1인 오수발생량 (L/인) | BOD 농도 (mg/L) | 1인 오수발생량 (L/인) | BOD 농도 (mg/L) |
| 200            | 200           | 207            | 125           |

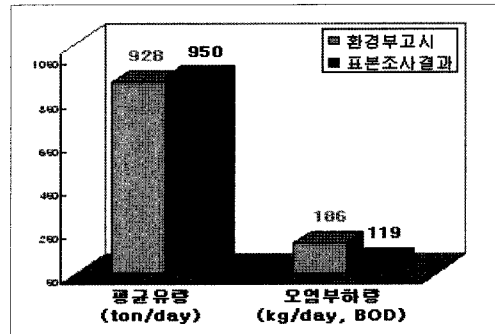


Fig. 3. 오수 발생량의 비교.

부하량을 도시한 것이다.

따라서 고시된 자료를 사용한 각종 설계치 및 성과보증내용은 정비사업지역에 따라 큰 차이가 발생할 가능성이 농후하며 공사 후 성과 보증치에 미달할 경우 원인파악에 논란이 될 여지가 많다.

이렇듯 지역에 따라서 표본조사 또는 전반적 오수배출량 및 오수 수질조사 결과는 환경부 고시 자료와 큰 차이를 보일 수 있으므로 올바른 성과보증과 평가를 위해서는 대상 지역의 표본조사가 필수적이라고 할 수 있다.

2.2. GIS 자료 활용 및 연계

하수관거를 대상으로 분석을 수행하기 위해서는 우선 시설물과 관련된 자료 즉 관깊이, 관경, 관종류, 관경사, 매설 깊이, 저류지, 펌프장, 하수종말처리장의 위치, 유량계 설치 지점, 강우 유입지점, 토구시설, 토지이용 등의 기초자료와 인구수, 강우량, 유량 및 수위데이터 등의 유동적인 데이터가 필요하다.

이러한 데이터들은 Fig. 4와 같이 공간적으로 분포하게 되며 분석된 데이터들은 다시 공간적으로 의미를 가지게 된다. 따라서 GIS를 활용하면 공간정보를 손쉽게 추출하고 분석에 활용할 수 있으며 해석된 결과를 다시 공간속성자료로 증첩함으로써 합리적인 의사결정에 활용될 수 있다.

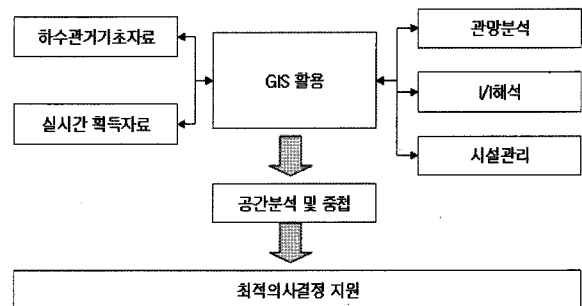


Fig. 4. GIS의 활용방안.

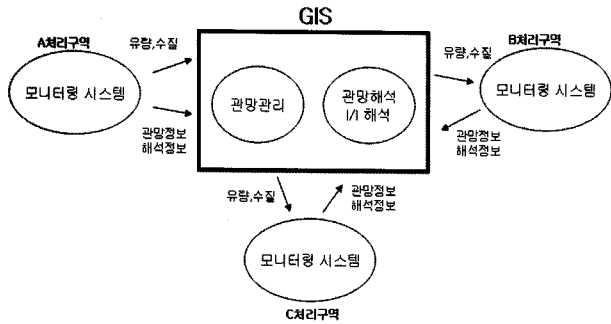


Fig. 5. GIS 기반의 운영방안.

이러한 GIS의 활용성을 이용하여 Fig. 5와 같이 GIS 기반으로 하수관거정보를 구축한 후 실시간으로 유입되는 정보를 연동하여 관내 해석을 수행하고 운영할 수 있도록 GIS를 기반의 통합 운영체계를 구축하고 활용해야 한다.

한편, 현재 우리나라는 NGIS 구축 사업이 수행되고 있으므로 GIS가 기 구축된 지역은 이를 적극 활용하여 중복투자를 방지하고 미구축된 지역은 표준체계를 준수하여 구축함으로써 향후 연동을 고려해야 할 것이다.

2.3. 실시간 운영 수위 및 유량 자료 수집

하수관로로 유입되는 유입량이 파악되고 이를 공간적으로 관리할 수 있는 GIS 체계가 구축되면 현장에 설치된 유량자료와 수위자료를 활용하여 다음과 같은 업무에 활용할 수 있다.

2.3.1. 프로그램 해석에 활용

실시간으로 획득되어지는 유량자료는 관망내 수리특성분석을 수행하고 확인할 수 있는 입력 자료로서 활용이 가능하다. 관내로 들어오는 유입량을 활용하여 관내 수리분석을 수행한 후 실시간으로 획득되어지는 유량 및 수위, 수질자료와 비교 검토함으로써 측정지점까지의 불명수 발생이나 분석에 활용할 수 있으며, 또한 평균적인 불명수량 산출방법을 통해 유량자료측정 전체지역의 불명수량을 산출할 수 있다.

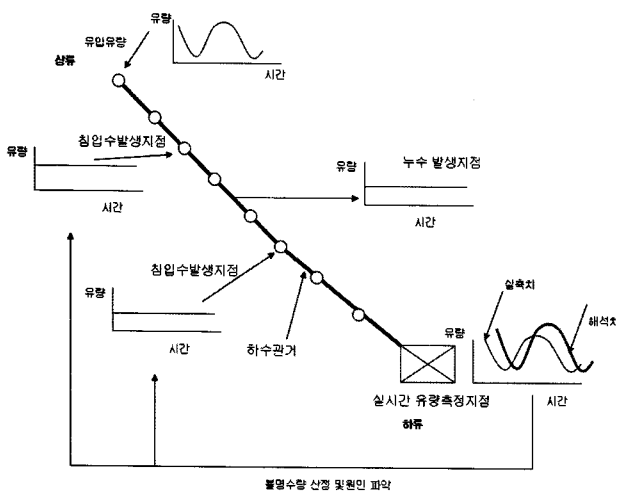


Fig. 6. 프로그램 해석결과 활용예.

Fig. 6은 표본조사를 통해 획득한 패턴자료와 실시간으로 운영되는 수위 및 유량 자료를 활용하여 관내 수리특성 분석과 수질 해석을 수행하는 것을 모식화 한 것으로 실시간 데이터의 활용한 프로그램 해석예를 보여주고 있으며 실측치와 해석치를 지속적으로 모니터링화면으로 보여주고 두 데이터간의 차이가 많이 발생할 경우 관로 이상상태에 대한 예·경보를 수행할 수 있다.

2.3.2. 해석결과 검증에 활용

Fig. 7은 실시간으로 획득되어지는 수위 및 유량 자료를 활용하여 관내 수리 해석결과를 검증하고 이를 다시 입력자료로 활용하여 불명수량을 추정하는 과정을 나타낸다.

중간확인지점을 선정하고 중간지점까지 수치모의를 수행한 후 중간지점까지 유량검침을 통해 불명수량을 추정할 수 있고 이결과를 다시 수치모의의 시 입력자료로 활용하여 중간이후 수치모의를 통해 전구간의 불명수 추정을 수행 할 수 있다.

이러한 분석과정은 평균적으로 분석을 수행하는 침입수/유입수 분석과정과는 달리 문제관 위치를 찾아갈 수 있는 방법으로 합리적인 불명수 산정을 수행할 수 있다.

2.4. 운영 자료의 필터링 및 체계화<sup>3)</sup>

Fig. 8은 현장에서 측정된 데이터를 전용선을 이용해 감시 제어실이나 PC에 보내는 과정을 도시한 것이다. 현장에서 측정되거나 실시간으로 측정되는 유량 및 수질자료는 일정 시간간격으로 획득되어지는 시계열 데이터이다. 측정되는 현장조건에 따라서 이러한 시계열 데이터는 유량계 자체의 측정 오류나 오수에 포함되어 있는 이물질에 의한 센서의 오작동으로 인한 데이터 결격 및 측정 오류 등이 발생할 수 있고 전용선을 통한 전송과정에서 마찬가지로 결격 및 데이터 오류가 발생할 소지가 있다.

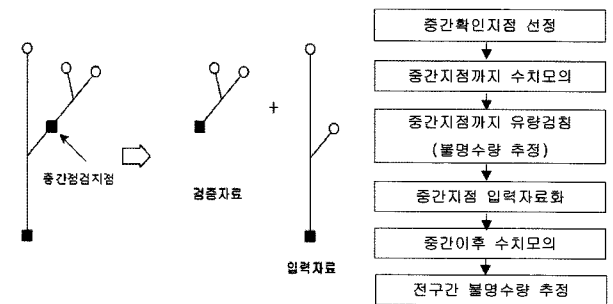


Fig. 7. 2중검침 방법에 의한 불명수량 추정.

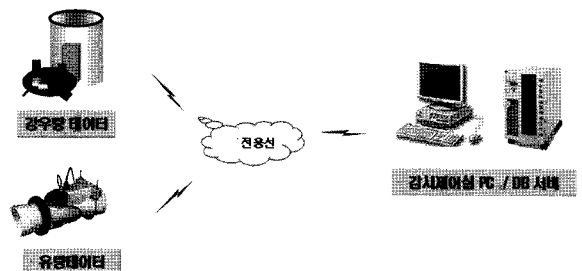


Fig. 8. 운영자료의 획득과정.

따라서 현장에서 유량데이터를 관리하는 전문인력이나 분석하는 인원은 데이터 획득 후 임의의 판단기준으로 데이터를 수정하고 조작하는 사례가 많아 신뢰성 있는 데이터 확보에 문제가 되고 있다.

오류라고 판단되는 시계열 데이터를 곧바로 사용하게 되면 올바른 부정류 해석 및 침입수/ 유입수 계산이 왜곡 될 수 있으므로 성과측정 시 사용되는 데이터는 적절한 방법을 통해 이런 시계열데이터를 체계적으로 필터링 할 필요가 있다.

측정된 데이터 중에는 기계적으로 측정범위를 벗어난 데이터나 획득에 실패한 데이터가 발생한다. 이러한 형태의 데이터는 대부분 1차로 유량계서 측정 시 발생하는 오류나 기타 다른 원인에 의한 것으로 측정 전체 데이터 중에서 사용자는 이러한 데이터를 사용하기 전에 판단해 볼 필요가 있다. 즉, 측정데이터 중

- 결격데이터
- 관경보다 큰 수위가 계산된 경우
- 유속이 음의 값을 나타내는 경우(단 역류가 일어나지 않는 지역인 경우)

는 1차적인 기계적 오류라고 볼 수 있으며, 건기데이터 생성 시 이러한 1차적인 오류에 대해 일단위의 비율로 판단(유수율)하여 일정 비율 이하는 데이터를 그대로 사용하고 일정비율 이상 나타났을 경우에는 해당데이터를 필터링 데이터로 분류할 수 있다.

이렇게 분류된 필터링대상 데이터는 보정하기전에 별도의 데이터베이스로 구성하여 보정으로 인한 오차발생을 확인할 수 있도록 구성해야 하며 보정한 데이터는 반드시 언급하여 오류데이터가 발생한 원인과 보정방법을 명시하는 체계를 구축하여 분석자 임의로 데이터를 조작하는 것을 방지해야 한다.

### 3. 유지관리세부시스템의 구성 방향<sup>4)</sup>

관거내 올바른 성과 측정과 유지관리를 위해서는 우선 유입되는 유량과 수질을 정확히 파악하는게 필요하며, 이러한 입력 자료를 활용하여 관내 수리 현상을 실제와 같이 구현하고 분석하는 과정이 필요하다. 하지만 기존의 우리나라에서 개발된 대부분의 유지관리 시스템은 관내 수리현상을 올바르게 분석하는데는 소홀하였으며 단순히 측정데이터의 전달만을 강조하는 형태로 진행되어 단순 모니터링 시스템으로 전락한 시스템이 많았다.

관내 수리현상을 분석하는데 필요한 세부프로그램은 우선 지표면 유출해석을 모의하여 관내로 들어오는 우수량을 계산하는 프로그램, 오수 및 우수를 입력받아 관내 시간대별 유량, 유속 등을 분석할 수 있는 하수 관망 해석 프로그램, 여러 가지 요인에 의해 나타나는 관내 불명수와 누수량을 계산할 수 있는 프로그램, 하수종말처리장의 운영자료로 활용이 가능한 하수관망내 수질 분석 프로그램, 실시간 데이터를 확인하고 오류데이터 판별 및 보정이 가능한 필터링 프로그램, 대상유역내 표본조사된 결과를 원단위로 환산하여 해석에 적용할 수 있는 원단위 분석 프로그램과 마지막으로 각

서브프로그램과 기초자료를 연계하여 하수관거정비사업과 관련된 의사결정과 사업효과분석을 수행할 수 있는 프로그램이 구성되어야 합리적인 분석이 가능하다고 할 수 있다.

#### 3.1. 지표면 유출량 산정

지표면 유출해석은 하수관거내로 유입되는 우수량을 파악하는데 필요하며 실시간으로 획득되어지는 강우량이나 강우사상을 입력자료로 활용하여 실제 관로로 유입되는 유출량을 산정할 수 있도록 구성되어야 한다.

따라서 지표면 유출량은 실제 강우와 강우패턴 적용이 가능하고 현재 우리나라에서 도시유출해석시 주로 사용하고 있는 합리식을 활용한 유출해석이 가능해야 하며 필요시 Kinematic wave 방법 등에 의한 유출해석이 가능하도록 하여야 한다.

Fig. 9는 소유역을 구성하고 유출계수, 유역면적, 경사, 유역폭등의 소유역정보를 입력받고 강우량을 입력받아 지표면 유출을 수행하는 플로우차트를 나타낸 것이다. 이렇게 계산된 유출량은 데이터베이스에 저장되어 하수관망해석 프로그램의 입력자료로 활용하도록 구성해야 한다.

#### 3.2. 하수관망 해석

관망해석프로그램은 1차원 부정류 모델로 강우유출과 관망 내 펌프, 역류 등의 다양한 내부조건 및 경계조건을 처리할 수 있는 모델로 강우유출 프로그램과 패턴관리로 효과적인 도심지 유출 및 관망해석이 가능하도록 구성해야 한다.

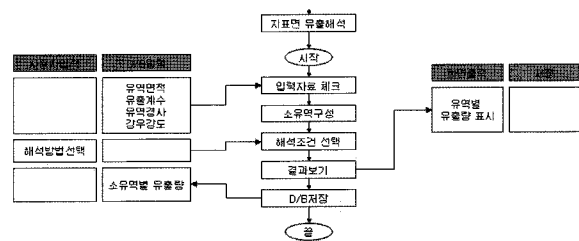


Fig. 9. 지표면 유출해석 플로우차트.

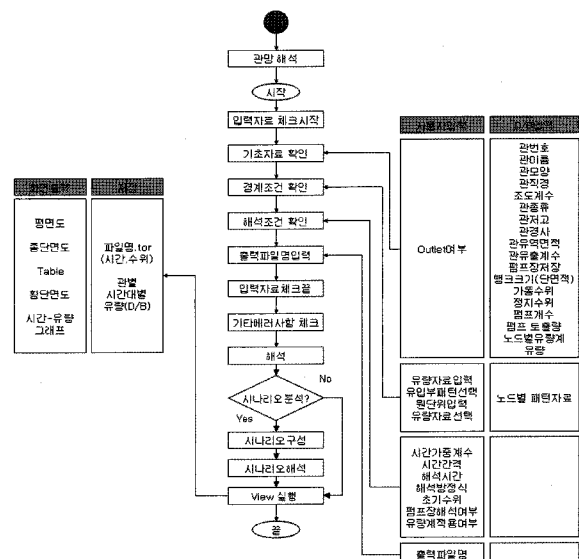


Fig. 10. 관망해석 플로우차트.

관망 해석에서 사용되어지는 입력 자료는 관번호, 관이름, 관모양, 관직경, 조도계수, 관종류, 관경사, 관 유역경사, 관 유출계수, 경계조건으로 활용되어지는 패턴자료, 시간별 유량을 포함하는 유량자료, 해석시간, 해석방정식, 초기수위, 해석시간 간격 등이 입력자료로 활용되고 특히 지표면 유출해석결과를 입력자료로 활용할 수 있어야 한다.

Fig. 10은 관망해석 과정을 나타내는데 관망해석 결과인 유량, 수위, 유속 등의 해석결과를 불명수 산정, 수질분석과 의사결정 수행 시 반드시 필요한 결과이므로 데이터베이스에 저장되어 다른 해석에 응용될 수 있도록 구성해야 한다.

또한 관망해석프로그램은 하수관거 설계나 문제해결을 위한 대안설정 시 활용될 수 있으므로 해석결과만을 별도로 검색하고 다양한 검색화면을 제공하여 사용자 편의를 도모할 필요가 있으며 관망해석 시 필요한 시계열 데이터는 패턴관리를 통해 사용자가 별도의 중복작업 없이 활용할 수 있도록 시계열 데이터가 구성되어야 한다.

**3.3. 하수관망내 수질분석**

하수관망내 수질분석은 관거정비 성과측정과 하수종말처리장 운영시 활용될 수 있는 프로그램으로 조사된 유입수질을 입력받아 관망해석결과와 침입수량/누수량과의 연동해석을 통해 관내 수질을 해석할 수 있는 모델이어야 하며 관망해석과 마찬가지로 다른 프로그램과의 데이터 연동이 가능하도록 모델 구성이 되어야 한다.

하수관망내 주요 측정 지표인 BOD, COD, T-N, T-P, SS 등이 해석가능하여 침입수 증가에 따른 농도 저하와 강우시 나타나는 초기농도 증가현상을 모의할 수 있도록 하여 하수관내 수질변화를 모의하거나 하수종말처리장의 유입수질 예측이 가능하도록 구성해야 한다.

수질분석은 Fig. 11과 같이 입력자료로 관망해석결과인 시간대별 유량, 시간대별 유속, 관로 정보가 필요하며 이러한 입력자료를 활용하여 계산을 수행한 후 시간대별 농도값을 출력하게 된다.

마찬가지로 수질분석결과는 의사결정에 활용될 수 있으므로 데이터베이스에 입력하여 활용될 수 있도록 구성하는 것이 필요하다.

**3.4. 하수관망내 I/I 분석 및 성과 측정**

하수관망내 I/I 분석은 Fig. 12와 같이 구역과 관련된 정보

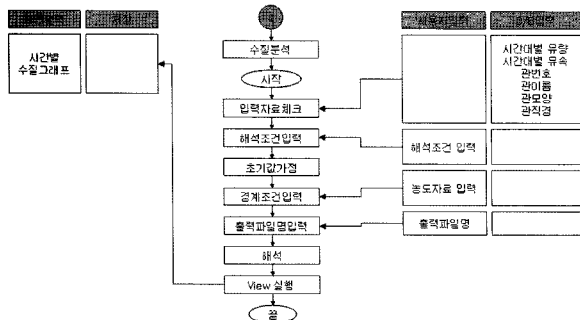


Fig. 11. 수질분석 플로우차트.

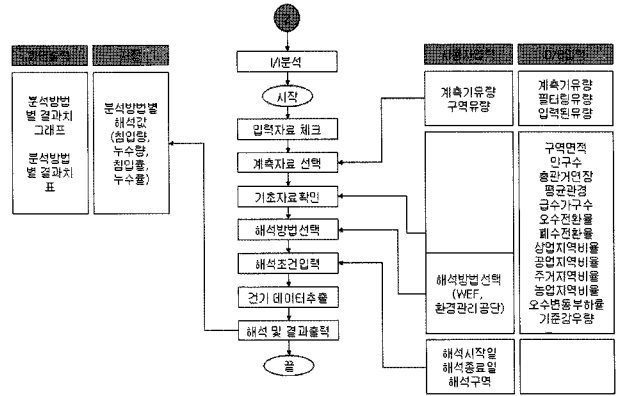


Fig. 12. I/I 분석 플로우차트.

와 실측된 유량 및 수질데이터를 입력자료로 활용하여 구역별 I/I량을 계산하게 되며 해석결과는 의사결정시와 성과측정시 활용하게 되므로 데이터베이스에 저장되어야 한다.

I/I 분석은 평균적인 방법과 관내 수리특성을 반영할 수 있는 관망해석방법에 의한 것으로 두 가지로 진행될 수 있다. 우선 평균적인 분석 방법은 Fig. 5에서 보는 것과 같이 최하단의 유량 및 수질데이터를 활용하여 4가지 분석방법<sup>5)</sup>에 의해 불명수량을 산정하는 방법으로 장기, 단기간의 시계열 유량과 대상구역의 수질, 기초유역정보를 활용하여 해석하는 방식으로 비교적 간단하게 불명수량을 산정할 수 있지만 전체유역에 평균적인 값만 제시가 가능하므로 Fig. 14와 같이 침입수와 누수량이 동시에 발생할 경우 왜곡된 결과를 나타낼 수 있는 우려가 있다. Fig. 13과 14는<sup>6)</sup> 2004년도 B시를 대상으로 평균적인 분석방법과 부정류 해석방법에 의한 분석방법으로 각각 분석한 결과를 도시한 것이다.

이러한 해석결과를 기준으로 성과측정을 수행할 경우 목표치가 부족한 경우 정확한 원인과악이 불가능하여 정확한 성과보증을 수행하기 어려울 뿐만 아니라 침입수와 누수량의 합이 '0'에 가깝게 나타날 경우 실제로 문제가 있음에도 불구하고 문제가 없는 것으로 해석될 수 있는 단점이 있다. 즉 동일한 값이 나와도 침입수와 누수량이 관별로 나타나 실제 현상과 왜곡된 해석이 나타날 수 있는 것이다.

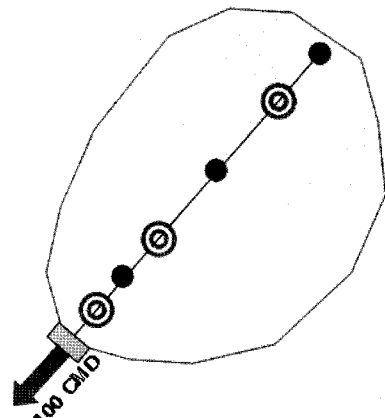


Fig. 13. 평균적인 방법에 의한 I/I 해석결과.

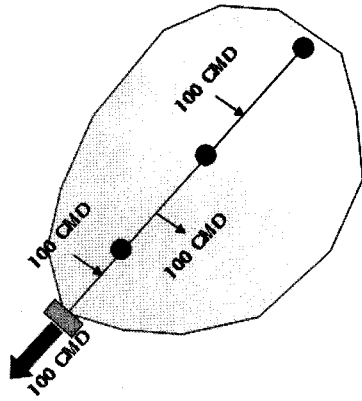


Fig. 14. 부정류 해석방법에 의한 I/I 해석결과.

따라서, 보다 합리적인 하수관망내 I/I 분석을 위해서는 앞에서 언급했듯이 관내 부정류 해석을 이용하여 이중검침에 의한 불명수량이 산정되어야 하며 이러한 결과를 성과 측정 시 반영하여 문제점을 올바르게 진단하고 해결책을 모색하는 것이 필요하다.

3.5. 의사결정 지원 및 사업효과분석

의사결정과 사업효과분석은 GIS로 구성된 기초자료부터 각 세부시스템의 결과를 활용하여 종합적인 분석을 수행하도록 해야 한다.

따라서 먼저 의사결정 입력자료는 Fig. 15와 같이 관망해석결과, 수질해석결과, I/I해석결과, 측정된 유량 수질자료, 관로 기초정보 등이 사용되며 해석된 결과는 GIS를 활용해 공간적으로 표현하게 되며 사업효과 분석은 Fig. 16과 같이 공사비, 하수처리장 운영비, 간접편익에 대한 관련자료를 입력받아 경제성 분석을 수행하도록 구성하여야 한다.

이러한 의사결정과 사업효과 분석은 세부시스템의 해석결과를 활용하여 문제되는 지점을 정량화하고 D/B를 활용한 이력데이터와 해당부분의 영향인자를 중첩하여 공간적으로 표시하고 우선순위를 산정하도록 구성하여 사용자가 문제관을 판단하고 공사순위를 결정하도록 해야 하며 정비대상관을 가상으로 시나리오를 설정하여 계획된 관로를 시공했을때 들어가는 공사비와 이에 의해 나타나는 편익분석과 공사전·후의 불명수 비교를 통한 사업효과분석도 가능하도록 구성하여 성과 측정에 활용토록 구성해야 한다.

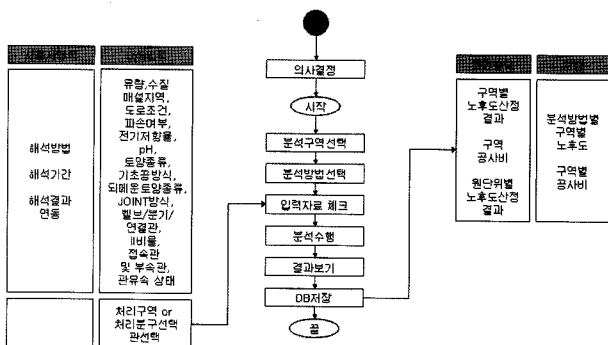


Fig. 15. 의사결정 프로그램의 플로우차트.

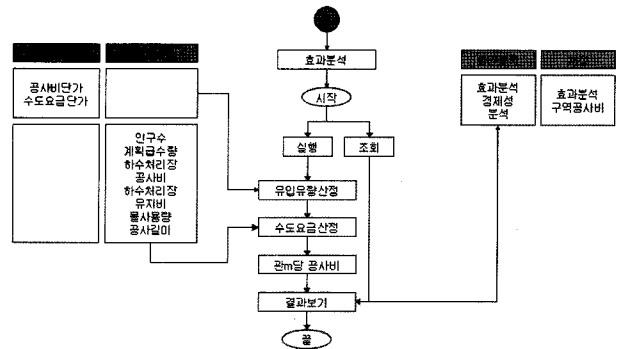


Fig. 16. 사업효과 프로그램의 플로우차트.

4. 통합시스템의 구축방향

위에서 제시된 세부시스템은 모두 GIS 기반으로 운영되어야 공간적인 분석과 데이터 연동이 가능하므로 GIS와 각 시스템의 입력값과 출력자료를 효율적으로 연결하고 관리할 수 있는 통합시스템을 구축하여 완성된 유지관리 프로그램을 구축해야 한다.

4.1. 세부시스템의 연계 방향

Fig. 17은 세부프로그램의 연계방향을 도시한 그림으로 지표면 유출 해석 결과는 관망해석 프로그램에 활용되고 실시간 측정데이터는 필터링을 통해 I/I 분석, 관망해석, 수질분석, 의사결정에 활용되어야 하며 이러한 데이터베이스는 중앙에 구축된 통합 D/B를 통해 관리되어야 연계가 가능하다.

또한 관망해석결과와 I/I분석결과, 수질분석결과는 곧바로 의사결정과 사업효과 분석시 활용될 수 있도록 연계하여 올바른 유지관리와 성과분석이 이루어질 수 있도록 구성한다.

4.2. 시스템간 입·출력 자료 연계 방향

세부시스템을 통합 D/B위에 운영하기 위해서는 각각 세부프로그램의 입·출력을 체계적으로 연계해야하며 Fig. 18과 같이 세부프로그램의 플로우차트와 각 세부프로그램의 입력출력값을 중앙의 D/B와 연결관계를 사전에 정의함으로써 전체시스템을 효율적으로 배치하고 서버프로그램 간 입, 출력 연계를 체계적으로 연계하는 통합 Diagram위에 시스템 구축을 수행해야 한다.

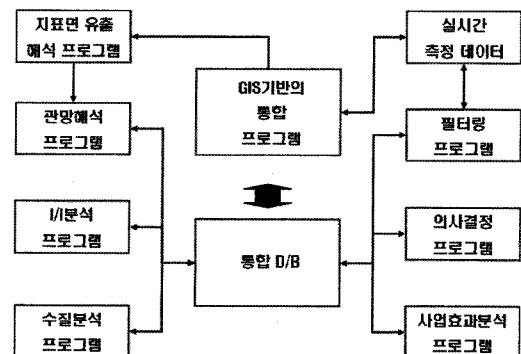


Fig. 17. 세부시스템 연계방안.

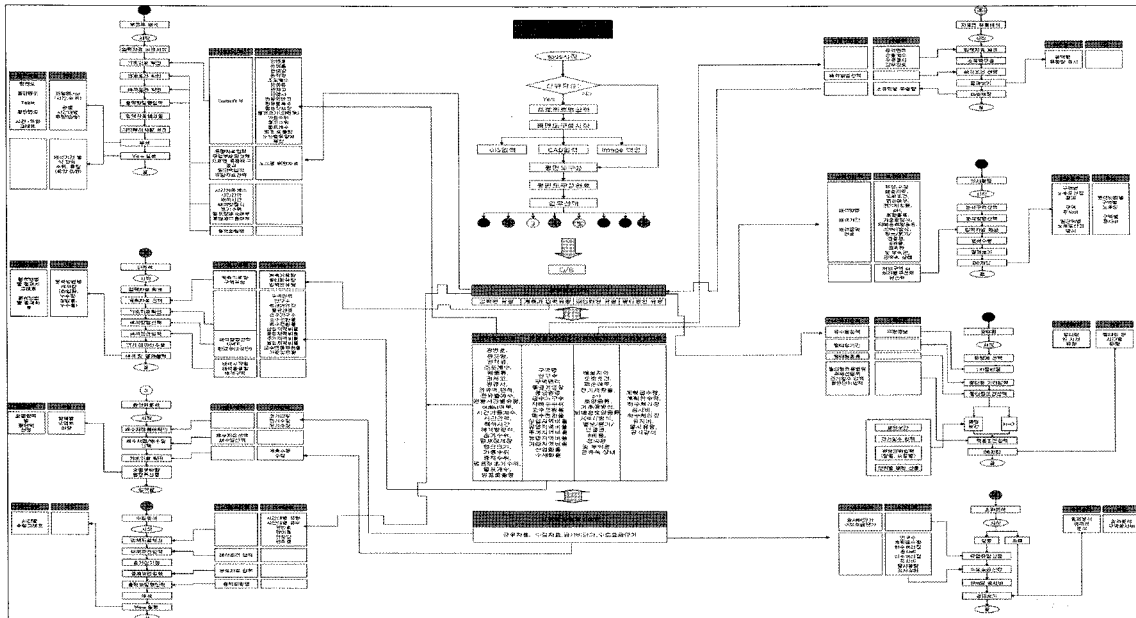


Fig. 18. 시스템간 입·출력 자료 연계 방향.

각 프로그램과 전체 프로그램의 상호연계와 D/B연동은 통합 프로그램 구성의 성과를 좌우하는 중요한 사항이므로 유지관리 모니터링 시스템 구축시 이를 반드시 고려하여 체계적인 시스템 구축을 해야 된다고 사료된다.

### 5. 결론

본 연구에서는 하수관거 정비 사업의 성과측정을 합리적으로 수행하고 이를 뒷받침하는 유지관리 모니터링 시스템의 구축을 위해서 필요한 자료 수집 방안과 체계화 과정에 대해서 그 방안을 검토하였으며, 이를 올바르게 활용하고 적용하기 위해 필수적인 시스템구성과 시스템 구성에 필수적인 서브프로그램의 구성방안과 통합시스템의 구축방향에 대해서 검토하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 정확한 성과측정을 위해서는 관련자료 수집과 자료의 체계화가 필수적이며, 지역에 따라서 표본조사 또는 전반적 오수배출량 및 오수 수질조사 결과는 환경부 고시 자료와 큰 차이를 보일 수 있으므로 올바른 성과보증과 평가를 위해서는 대상지역의 표본조사가 필수적이라고 할 수 있다.

둘째, 하수관거 유지관리 모니터링 구축은 표준체계를 준수하는 GIS기반위에 구성되어야 공간분석 기능을 활용한 체계적인 유지관리 시스템 구축이 가능하며, 데이터의 신뢰성 확보를 위해 획득한 자료는 합리적으로 필터링 과정을 수행해야 하고, 특히 관내 불명수 산정은 평균적인 분석방법은 지양하고 실시간 운영수위 및 유량자료를 활용한 이중검침 방법 등으로 합리적인 불명수 산정을 할 필요가 있다.

셋째, 성과측정과 유지관리 모니터링 시스템에서 반드시 포함되어야 하는 세부프로그램은 지표면 유출해석프로그램, 하수관망해석프로그램, 하수관망내 수질분석 프로그램, 하수관망내, I/I분석 및 성과측정 프로그램, 의사결정 지원 및 사

업효과분석 프로그램이며, 이러한 세부프로그램은 GIS 기반위에 입·출력 자료가 효율적으로 연동되고 분석을 수행할 수 있도록 상호 연계를 고려해 사용자가 사용하기 편리한 통합시스템으로 구축 및 운영되어야 할 것이다.

아울러 발생 원인에 대한 정확한 조사수행과 GIS기반위에 합리적인 모니터링 시스템을 구성하고 운영한다면 난항을 겪고 있는 최근 하수관망정비사업과 관련된 문제점들을 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. 환경부, 환경부홈페이지, <http://www.me.go.kr>(2007).
2. 한국상하수도협회, 하수도설계기준, 43~50(2005).
3. 인천대학교 토목환경시스템 공학과 환경수리연구실, ToSS 프로그램 사용자 매뉴얼, 46~48(2005).
4. 이호선, 최계운, 양동민, “실시간 유량모니터링 자료와 ToSS 프로그램을 이용한 하수관망내 침입수량 해석,” 한국수처리학회지, 15(1), 25~37(2007).
5. Water Environment Federation, Existing Sewer Evaluation and Rehabilitation, WEF Manual of Practice FD-6, 68~79(1994).
6. 최계운, 이호선, 조형근, “하수관망 최적관리를 위한 통합 하수관거 시스템의 부정류 해석적용에 대한 연구,” 한국수자원학회 2005 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, 1148~1153(2005).