

모니터링시스템을 활용한 하수관거 유지관리 방안



차 희 원

이메트릭스(주) 대표이사

☎ 02-2057-1900, kevin@e-matrix.co.kr

〈필자약력〉

- 서울대학교 행정대학원 석사
- 포스데이터 주식회사
- (주)인팩토커뮤니케이션 대표이사
- 이메트릭스(주) 대표이사(現)

이 소요되고, 조사방법이 복잡하며 객관성이 결여되어 정량화된 측정 결과 및 평가자료를 얻기가 용이하지 않다. 따라서, 기존 하수관거의 개보수를 위한 막대한 투자가 효율적으로 집행되지 못하고, 신설된 하수관거에 대한 부실여부를 판단하고 시정할 수 있는 범위가 극히 제한적일 수밖에 없었다.

이와같이 하수관거에 부실이 생기면 발생하는 현상 중에 대표적인 것이 침입수/유입수(I/I)와 누수이다. 침입수/유입수는 유량을 증가시켜 통수능을 저하시키고 관거내 하수성상을 변화시켜 하수도체계에 악영향을 주고 토사도 같이 유입되어 관내에 퇴적물을 증가시키기도 하며, 누수는 토양과 지하수를 오염시키는 원인으로 작용하게 된다.

따라서 침입수/유입수와 누수의 제어를 위해서는 하수관거의 지속적인 유지관리 및 관거정비가 필수적이며 보다 정확한 침입수/유입수량과 누수량의 파악 및 관거정비 우선순위 선정, 관거부실도, 노후관거의 교체시기 등의 결정을 위해서는 하수관거 유지관리를 위한 모니터링 시스템 도입이 필요하다.

II. 시스템 구축 현황 및 구성

1. 시스템 구축 현황

(1) 국내

국내의 모니터링 시스템은 현재 한강수계 9개 시·군과 구미, 경주, 고성, 울진 등의 지역에 구축이 진행

I. 모니터링 시스템의 필요성

일반적으로, 하수관거는 지하에 매설되어 시공되기 때문에 일단 시공한 후에는 관거상태에 대한 검사나 기능확인이 어렵다. 또한 시공 후 하자 보증기간 내의 하자 발생여부와 그 정도를 파악하는 데에는 많은 시간과 경비를 투입하여야 가능하며, 기존의 관거 상태 조사방법인 육안조사, 폐쇄회로 TV조사, 염료추적조사, 음향조사 방법 등은 시간과 경제적으로 많은 비용

특집 Part 3. 모니터링시스템을 활용한 하수관거 유지관리 방안

중이며 하수관거 BTL 사업과 댐상류 하수도시설 확충사업 등을 통해서도 모니터링 시스템 구축이 진행 중에 있으며(표 1), 향후 턴키 및 BTL사업 등을 통해 시스템 구축이 확산될 것으로 예상된다.

〈표 1〉 국내 시스템 구축 지역

구분	대상지역
한강수계	구리,남양주,가평,양평,여주,광주,용인,하남,이천시
기타지역	구미,경주,고성,울진,의성,보성 등
BTL	논산,목포,김해 등 16개 시·군
댐상류사업	충주,대청,합천,소양강,안동·임하,남강댐

2) 국외

국외의 경우에는 일본, 미국, 유럽 등지에서 하수도 시설의 유지관리 및 유역관리를 위하여 모니터링 및 제어시스템을 구축하여 운영하고 있으며 도입시기도 국내에 비해서는 상당히 앞서있는 것으로 알려져 있다(표 2).

2. 시스템 구성

(1) 시스템의 정의

하수관거 모니터링 시스템은 하수관거에 설치된 유량계와 강우설량계에서 실시간으로 측정, 모니터링된 정보를 수질, 물사용량 등 입력정보와 함께 하수처리

장 관리센터내 서버에 취합, 연산처리하여 저장한 후 각종 자료를 분석하여 관거부실도를 판단하고 다양한 정보를 제공하는 체계적인 하수관거 모니터링 시스템이다.

(2) 시스템의 원리

시스템을 해당지역에 적용하기 위해서는 해당지역의 기본 현황 자료를 검토하여 대표적인 지역을 선정하고 이를 세부 블록으로 구분한다. 즉, 지선관거를 중심으로 1차 가지형 블록을 구분하고 간선관거를 중심으로 2차 가지형 블록, 차집관거를 중심으로 3차 가지형 블록을 구분한다. 각 가지형 블록의 최하류 부분에 유량계를 설치하게 되며 블록 내의 적정 지점에 강우설량계를 설치하여 강우설량을 측정하며, 측정된 유량 및 강우설량 자료는 서버로 전송되어 연산을 통해 각종 결과를 도출하게 된다.

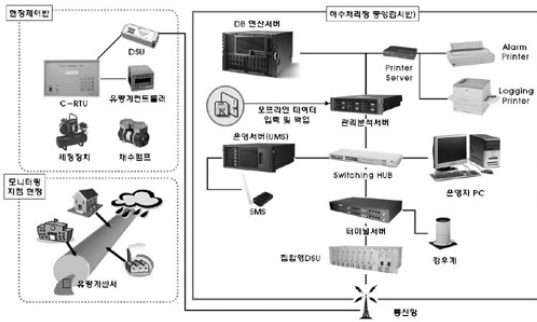
(3) 시스템 구성 및 요소별 역할

모니터링 시스템 구성은 <그림 1>과 같으며 해당 지역의 처리구역 적정 지점에 유량계 및 강우설량계를 설치하여 해당지역에서 발생하는 하수량 및 강우설량을 측정하고 실시간으로 통신망을 통해 하수처리장 중앙감시실의 시스템으로 전송하여 모니터링을 실시한다.

〈표 2〉 국외 시스템 구축 사례

구분	대상지역	현황
일본	후쿠호카	<ul style="list-style-type: none"> 하수도시설의 기능개선 및 재구축 전략 수립 및 추진 하수관망내에 광섬유 통신망 설치, 하수도 이용 정보통신망 구축 후쿠호카시의 유량측정을 위한 수로 및 수위, 유속측정 센서 설치
미국	LA	<ul style="list-style-type: none"> 유역관리를 위한 GS, SWMM, 원격계측시스템 구축 MOUSE와 Arc/Info를 활용한 하수관거 해석 모형개발
덴마크	Wayne	<ul style="list-style-type: none"> CSOs 영향을 정량화하고 효율적인 비용으로 합류식 하수관거의 CSOs 제어와 대안 평가를 위해 운영 중
노르웨이	Halmstad	<ul style="list-style-type: none"> 하수도 실시간 제어시스템 구축 ⇒ 하수관거 시스템의 주요지점에 유량 및 수위 계측기 설치 차집관거 현황 및 원격계측 유량계 설치

또한 하수관망에서 발생하는 침입수/유입수, 누수 등을 산정하여 하수관거의 유지관리가 용이토록 하며, 영구적인 모니터링을 통해 하수관망의 전산화 및 사업효과분석 등에 활용이 가능하도록 구성된다. 하수처리장이 2개소 이상인 경우에는 대표처리장과 단위처리장으로 구분하여 시스템이 설치되며, 각 처리장은 통신망으로 연결되어 단위처리장의 측정 데이터를 대표처리장으로 전송하게 되며, 대표처리장에서는 해당지역 전체에 대한 모니터링 및 데이터 분석 등을 수행하도록 구성한다.



<그림 1> 시스템 구성도

시스템은 데이터베이스 연산시스템, 전용네트워크 시스템, 관리자 감시시스템, 운영분석S/W, 계측시스템 등으로 구성되며, 각 구성요소별 세부 역할은 <표 3>과 같다.

<표 3> 시스템 구성요소별 역할

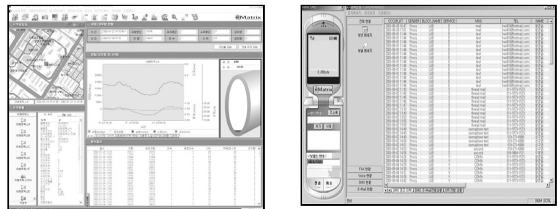
구분	구성 요소	역할
DB연산 시스템	DB연산서버, DBMS, 백업장비 등	데이터베이스 구축 연산/분석 수행
네트워크 시스템	관리분석서버, T/S, DSU, 허브 등	데이터 수집/보장 송수신 N/W 구성
관리자 감시시스템	관리분석서버, T/S, DSU, 허브 등	운영서버, 운영PC, 프린터, UMS 등
운영분석 S/W	S/W & 셋업, 시운전 테스트, 환경설정 등	시스템 운영 S/W 공급, 시운전
계측 시스템	유량계, 강우설량계 LIP, 부대공사 등	유량 및 강우설량 실시간 측정

III. 활용방안

1. 하수관거 모니터링 및 자료축적

(1) 실시간 모니터링

모니터링 시스템을 구축한 후 실시간으로 측정되는 유량, 유속, 수위 등의 데이터를 통계 분석하므로써 하수관거의 이상유무를 판단하게 되며, 하수관거 이상발생시에는 UMS(Unified Message System)기능을 통해 관리자에게 문자(SMS), 전화, 팩스 등의 전송을 하게 된다. 이상발생 내역은 DB화되어 유사장에서 조치방법 등의 정보를 제공한다(그림 2).



a.모니터링 화면

b.UMS 화면

<그림 2> 모니터링 화면 예

(2) 하수관거 정보축적

대상지역의 하수관거에 대한 속성자료 및 하수관거 측정 자료(유량, 유속, 수위)에 대한 DB를 구축하여 축적하며, 이러한 데이터베이스는 향후 대상지역의 현황자료로서 유용하게 활용된다. 또한 데이터 분석 결과를 토대로 하수관거의 부실도를 정량적으로 파악하며, 더불어 관거 내부를 CCTV로 촬영한 영상자료를 시스템에서 조회 및 검색하는데 활용한다(그림 3).



a.분석화면

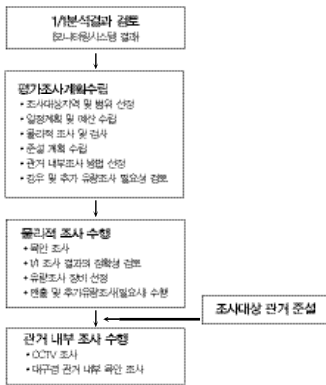
b.CCTV 관리화면

<그림 3> 분석 화면 예

2. 관거 이상 판단 및 보수 흐름

(1) SSES 수행

관거의 이상 여부를 판단하고 이상시 관거를 보수하기 위한 사전단계로서 관거 평가 조사(SSES : Sewer System Evaluation Survey)를 수행하게 되는데(그림 4), SSES 수행시 사전자료로서 모니터링 시스템의 분석 및 모니터링 결과를 활용한다. SSES는 기 분석된 결과를 토대로 조사계획을 수립하고, 물리적 조사를 수행한 후 이상지점에 대해 세부 조사를 수행하는 절차로 진행된다. 이러한 조사를 통해 도출된 결과를 토대로 문제 발생지역에 대한 비용-효과분석을 수행하며 경제성있는 보수계획을 수립하여 최종적으로 관거보수를 수행한다.



〈그림 4〉 SSES 수행 절차

(2) 유량모니터링을 통한 조사 방식 선정

유량의 실시간 모니터링 및 이동식 장비를 통한 간이측정 결과 등을 토대로 관거의 세부 조사방식을 선정한다(그림 5). 관거 세부조사로는 연막실험, CCTV 조사, 맨홀내부 조사, 육안조사, 압력 및 수밀테스트 등이 있으며, 유량 모니터링 분석 결과를 토대로 유량 발생 특성을 파악하고 침입수 및 유입수 발생특성을 고려하여 조사 방법의 우선순위를 선정하게 된다. 즉, 강우이후에 급격한 유량증가현상이 발생하는 경우(Fast response)에는 배수설비에 이상이 있거나 오점

등이 의심되므로 Smoke test를 우선 수행한 후 CCTV 조사를 수행한다. 대부분의 경우 통계상으로는 fast, rapid, slow가 혼합된 combo의 형태를 주로 나타내므로 지역 현황 및 실태를 고려하여 조사 방식을 선정하는 것도 바람직하다.



〈그림 5〉 모니터링을 통한 조사방식 선정

3. 관거 세부 조사 방안

(1) 선개념 I/I 분석

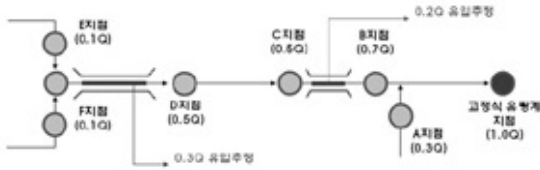
선개념 I/I 분석은 주로 차집관거 등에서 연결부가 없는 직선관거에 유입되는 침입수와 유입수의 분석을 의미한다. 차집관거는 주로 하천변에 매설되므로 하천수의 유입이 발생할 우려가 높으므로 상류와 하류의 유량측정 후 그 차이를 분석하므로써 차집관거내의 I/I량을 측정하고, 이를 토대로 관거보수이전의 문제점과 관거보수이후의 개량된 사항에 대한 정량적인 분석이 가능하게 된다.

(2) 블록별 세부조사

모니터링을 위한 고정식 유량계는 대부분 처리분구 말단 또는 차집관거 주요 합류부, 처리장 유입부 등의 하류에 위치하므로 모니터링하는 유량데이터 이상발생시에는 상류지역에 대한 세부 조사가 필요하다. 이를 위하여 상류지역을 세부블록화하고 주요 지점에 이동식 장비를 통한 단기간 간이측정을 수행하여 이상 블록을 추출하는 작업을 한 후 CCTV 조사 등의 세

부조사를 수행함이 바람직하다.

<그림 6>의 예시와 같이 고정식 유량계 지점에서 모니터링된 결과를 토대로 상류 지역을 세부블록으로 구분하여 각 지점의 유량을 간이 측정하므로서 침입수 유입이 추정되는 블록의 추출이 가능하다.

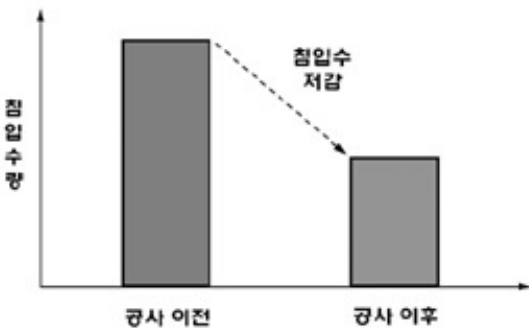


<그림 6> 상류 세부블록 조사 예

4. 관거 보수 성과 분석

(1) 침입수 저감량 산정

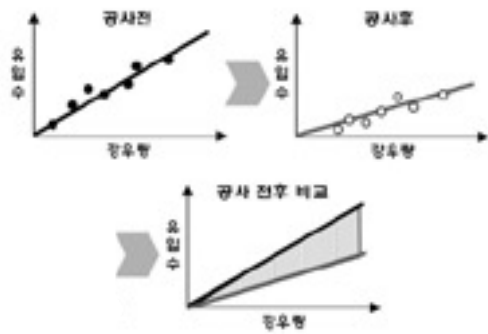
모니터링 시스템 구축시 대상지역의 실시간 유량 및 강우설량 측정 결과를 토대로 대상지역의 침입수를 산정하여 평가한 후 침입수의 성과보증치 만족여부를 평가하게 된다. 공사이전과 이후의 측정 및 분석 데이터를 비교하여 정량적으로 저감된 침입수량을 산정하여 공사에 의한 저감효과를 평가한다(그림 7). 또한 침입수를 제외한 오수에 대한 원단위를 산정하여 오수발생원단위 및 오염부하원단위의 적정성 평가도 가능할 것으로 판단된다.



<그림 7> 공사전후 침입수량 저감 효과

(2) 유입수 저감량 산정

분류식 오수관거에서 강우에 의해 발생하는 유입수는 강우사상에 따라 그 발생량이 차이가 있으므로 <그림 8>과 같이 강우량별 유입수량을 공사이전과 이후 각각 산정하여 회귀선을 구한 후 이를 비교하면 일정 강우량에 대한 유입수량을 산정할 수 있으며 그 저감량 역시 산정이 가능하다.



<그림 8> 공사전후 유입수량 저감 효과

IV. 기대효과

하수관거의 지속적인 유지관리 및 운영을 위하여 종래의 관리방법을 개선한 모니터링 시스템 도입시 정량적인 데이터 확보를 토대로 모니터링 및 감시, 분석, 정보 도출 등의 효과가 기대된다. 또한 현재 정부에서 추진 중인 BTL 하수관거 정비사업의 경우 장기간 유지관리가 중요한 사안인 만큼 시스템을 구축하여 그 활용도를 높일 경우 많은 도움이 될 것으로 예상된다.