

전자식 유량계를 이용한 하수관거의 유량측정

최 계운*, 오김 기형**, 이호선***

1. 서 론

현대의 하수도는 우수배제에 의한 침수방지, 오수의 수송 및 처리, 수세화 보급에 의한 생활환경 개선과 하천, 호소, 해역 등 공공수역의 수질보전에 있어서 그 중요성이 더욱 증가하고 있으며 보건위생환경 등 국민의 환경권 보장에 있어서도 반드시 필요한 중요 기반시설이다. 그러나 국내의 하수도 시설은 서구나 일본의 하수관거 중심의 시스템과는 달리 우수배제 기능 위주의 하수배제 시스템을 기반으로 하는 상태에서 1980년대 중반부터 하수처리율에 치중한 나머지 하수처리장 건설에 비중을 두었기 때문에 상대적으로 하수관로에 대한 인식이 부족하여 결과적으로 하수관거 정비를 소홀히 하고 분류식 하수관거 체계에서 분뇨처리의 이중구조, 하수관거의 구조적 문제, 하수관거의 유지관리문제 등 많은 문제점을 도출시켰다. 따라서 이러한 문제점들을 정확히 파악하고 적절한 대책을 마련하기 위하여 대상 하수관거에 대한 침투수/유입수(Infiltration/Inflow)의 조사는 필수적인 사항이 되었다.

강우가 발생하면 관거내 하수량에 영향을 미치게 되어 시간에 따른 유량변화를 초래하는데 이 유량 변동을 침투수/유입수(I/I)라 하며 이를 정의하는 데에는 유량변화를 이용하는 방법, 발생원 및 발생시기를 이용하는 방법 등으로 구분할 수 있는데 일반적으로 건기시 발생하는 지하수 침투수(GWI)와 건기유입수(DWI)를 합하여 산정하는 방법과 강우시 발생하는 강우침투수(RII)와 강우유입수(SWI)를 동시에 산정하는 두가지 방법에 의해 결정되며 최근에는 관거내 수리학적 과부하에 대해 가장 큰 비율을 차지하고 있는 강우침투수(RII)에 대한 연구가 별도로 진행되고 있다. 이러한 I/I 산정을 위해서는 대상 관거의 유역, 유역내 인구, 상수도 사용량, 하수관거 부실도, 지하수 사용량 등 많은 기초자료가 요구되며 무엇보다 대상 하수관거에 대한 신뢰성 있는 강우 및 유량자료는 가장 기초적이며 중요한 자료로서 측정에 세심한 주의를 기울여야 한다. 따라서 I/I 분석을 위한 유량관측은 각 시간대별 유량 특성이 파악되어야 하기 때문에 관측 간격이 짧아야 하고 연속적인 측정이 가능하며 측정된 많은 자료는 분석이 용이하도록 D/B로 구축되어 관리되어야 한다. 이러한 I/I분석에 있어 전자식 초음파 유량계를 활용하는 경우 하수관거내 지속적인 유량 관측은 정확도와 연속성에 있어 매우 효율적으로 이용될 수 있다.

본 논문에서는 초음파 방식의 SIGMA-920 유량계를 활용하여 안산지역내 8개 지점에 대한 하수관거내 유량을 30일 동안 10분 간격으로 측정하고 측정된 결과를 활용하여 유량특성을 파악하고 I/I분석을 위한 기초자료로 활용하였다.

* 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수

** 인천대학교 토목환경시스템공학과 박사수료

*** 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정

2. 유량계 설치

하수관거내 유량을 측정하기 위하여 사용한 유량계는 전자식 초음파 유량계로 SIGMA-920 모델을 사용하였으며 그림 1은 사용된 유량계를 보여주고 있다. 본 연구에 사용된 유량계는 초음파를 이용하여 유속을 측정하고 대기압과의 압력차에 의해 수심을 계산하여 원형관에서의 단면적을 구하고 측정된 유속과 계산된 단면적으로부터 유량을 구할 수 있도록 되어있다. 유량계는 유속과 수심을 측정하는 센서부분과 측정된 자료를 보관하는 data log부분으로 구성되어 있다. data log에는 센서연결부와 컴퓨터 연결부 그리고 기압측정을 위한 튜브가 연결되어 있고, 전력공급을 위한 공업용 건전지가 들어있다. 센서는 하수관의 직경에 따라 400mm 이하의 하수관은 bend type, 400mm이상의 하수관은 vertical type으로 설치하였으며 센서가 설치된 후 프로그램에서 대상 하수관의 형태, 직경, 현재의 수심, 측정간격 등을 입력하여 유량측정 조건을 설정한 후 측정을 시작한다. 유량계는 지점 선정시에 유량계 설치 및 관리의 용이성, 유량측정시 요구되는 최소 유량 및 수심 확보성 등을 고려하여 주거지역, 상업지역, 공단지역 등 8개 지점에 설치하였다. 표 1은 유량계를 설치한 8개 지점의 환경 및 센서 설치 type을 나타내고 있다.

초음파 유량계로 SIGMA-920 모



그림 1. 유량계 센서 및 log

표 1. 유량계 설치 지점의 특성 및 센서 설치 type

지점	지역	관경(mm)	type	지점	지역	관경(mm)	type
No. 1	주거, 상업	1,500	vertical	No. 5	주거	1,200	vertical
No. 2	주거, 상업	1,100	vertical	No. 6	주거	780	vertical
No. 3	주거	400	bend	No. 7	공업	280	bend
No. 4	주거, 상업	1,200	vertical	No. 8	공업	700	vertical



그림 2. vertical type의 센서 거치대



그림 3. bend type의 센서 거치대

그림 2와 3은 각각 본 연구에서 사용된 유량계의 센서 거치대 type을 보여주고 있으며 그림 4와 5는 하수관 내에 유량계가 설치된 모습을 보여주고 있다.



그림 4. bend type의 설치 모습

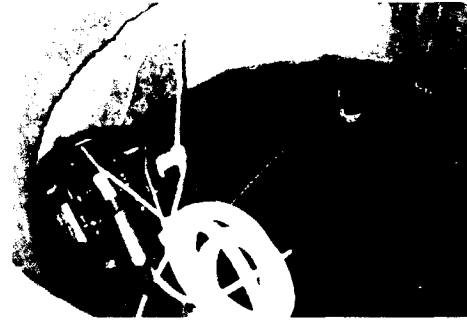


그림 5. vertical type의 설치 모습

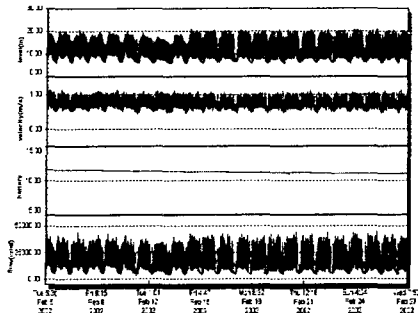
3. 측정결과의 분석

3.1 시간별 수심, 유속, 유량 변화

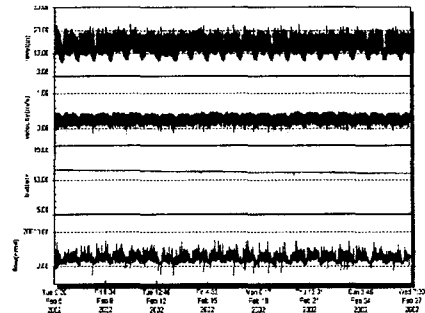
SIGMA-920 유량계의 측정결과는 초기에 설정해둔 시간 간격에 따라 지점별 수심, 유속, 유량이 기록되며 시간에 따른 유량변화, 유속변화, 수심변화 그리고 건전지의 전압변화 등 3개의 그래프가 하나의 그림으로 표현된다. 그림 6은 8개 지점에서 측정된 결과그림을 보여주고 있다. 그림에서 가장 위쪽의 그래프는 수심(in)의 변화를 나타내고 있으며 그 아래 그래프는 유속(m/sec)의 변화, 세 번째 그래프는 유량계의 battery 변화량을 보여주는 것이며 가장 아래의 그래프는 측정된 유속과 수심을 이용하여 계산된 하수량(CMD)을 나타내고 있다. No.1, No.2, No.3, No.4, No.5, No.6 지점의 경우는 측정된 결과가 대체로 일정한 패턴을 보이고 있으나 몇몇 시간대에 측정오차가 발생하고 있어 이를 보정할 필요가 있는 것으로 판단된다. 또한, No.7, No.8 지점의 측정결과는 다른 지점과는 달리 일정한 패턴을 보이지 않고 있는데 이는 No.7, No.8 지점의 유역이 비교적 작고 주거지역이 아니라 공단지역내에 위치하고 있어 일반 주거지역의 하수발생 특성과는 차이가 있기 때문으로 판단된다. 측정오차를 보이는 결과는 유속을 측정하는 센서 부분에 하수에 존재하는 이물질이 순간적으로 영향을 주었거나 다른 기타의 이유로 인한 기계적 오차라고 판단되며 실제로 하수와 폐수에 포함된 이물질이 센서부분에 쌓여있는 것이 확인되었다. 따라서 전자식 초음파 유량계를 이용한 하수량 측정에 있어 주기적인 센서부분의 청소관리가 요구되며 이러한 오차값을 보정하는 작업이 필요한 것으로 판단된다. 또한 하수관내에 유량이 증가하여 만관이 되는 경우 발생하는 배수위는 유속을 감소시켜 시간에 따른 유량변화를 나타내지 못하므로 주의해야 한다.

3.2 측정결과의 정리

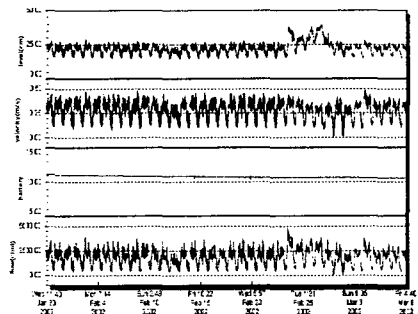
측정된 하수관거내의 수심, 유속, 유량 자료들은 10분간격으로 측정된 것으로 하수관의 직경보다 수심이 크게 측정되거나 수심에 비하여 유속이 크게 측정된 자료들은 측정오차로 판단하여 보정 또는 제외시키고 지점별로 30분 간격, 60분 간격, 24시간 간격으로 확장하여 시간별 유량의 변화 패턴을 분석하였다.



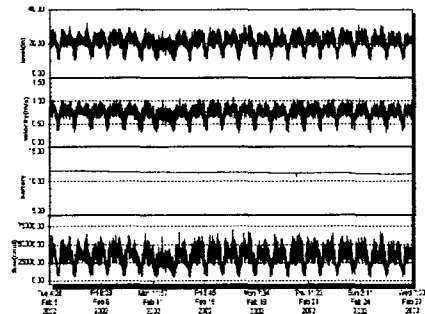
(a) No.1 지점



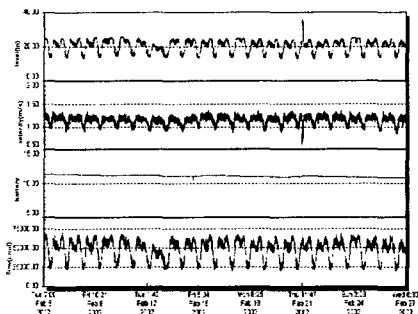
(b) No.2 지점



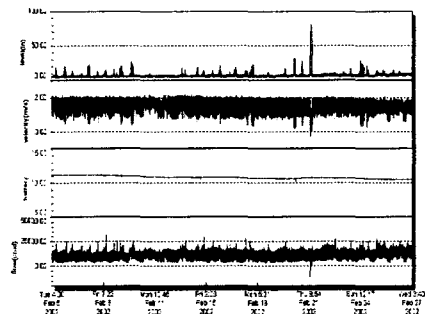
(c) No.3 지점



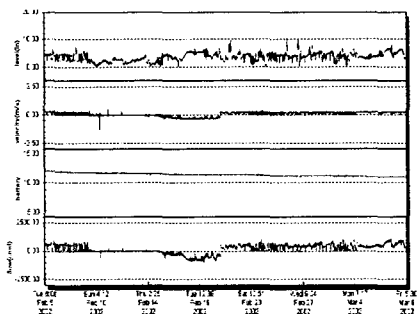
(d) No.4 지점



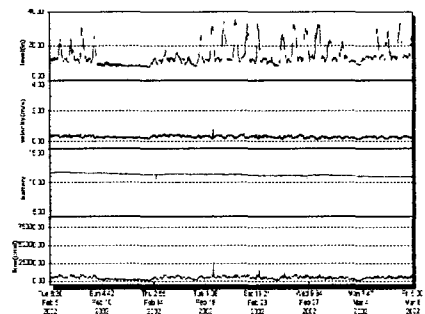
(e) No.5 지점



(f) No.6 지점

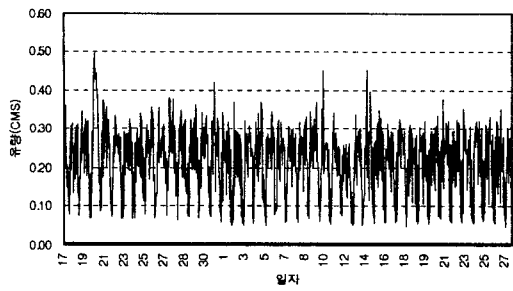


(g) No.7 지점

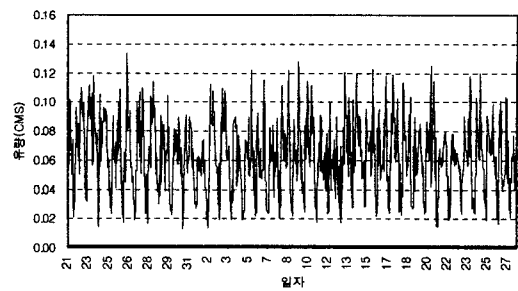


(h) No.8 지점

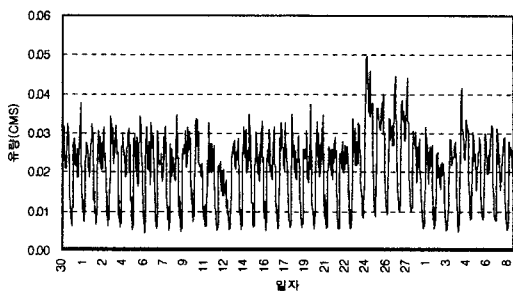
그림 6. 8개 지점의 하수량측정 결과 그래프



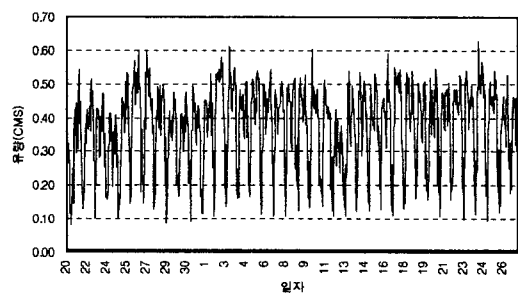
(a) No.1 지점



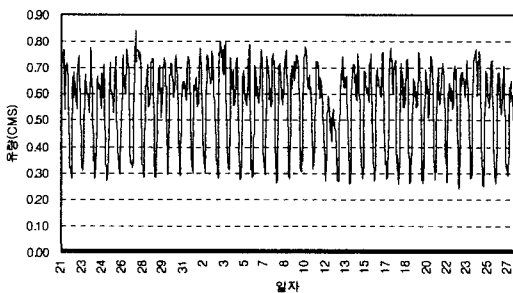
(b) No.2 지점



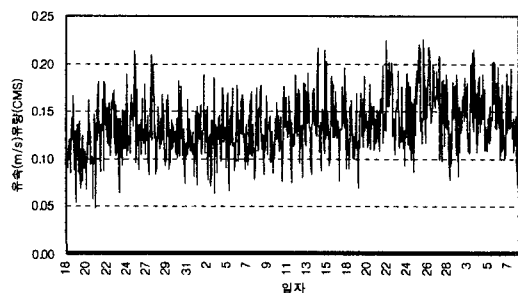
(c) No.3 지점



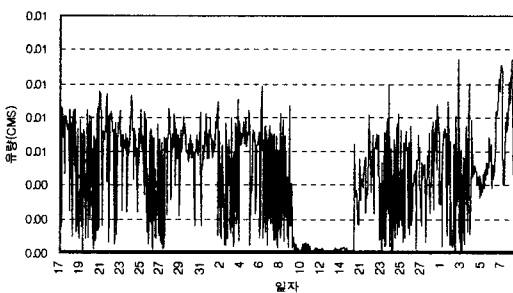
(d) No.4 지점



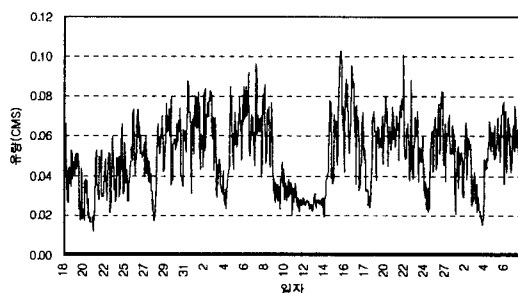
(e) No.5 지점



(f) No.6 지점



(g) No.7 지점



(h) No.8 지점

그림 7. 8개 지점의 60분 간격 하수량 측정 결과

그림 7은 8개 지점에서 10분 간격으로 측정된 결과를 측정오차를 보정하여 60분 간격으로 확장한 시간별 유량변화를 나타낸 것이다. 각 지점에 따라 유량변화의 형태는 차이를 보이고 있으며 주거지역은 하루의 시간별 유량변화가 거의 일정하게 나타나고 있으나 주거지역과 상업지역이 혼재된 지점은 뚜렷한 유량변화 형태를 파악하기가 쉽지 않다. 특히, 공업지역의 경우는 일정하지 않은 유량변화 형태를 보이고 있다. 측정기간 중 포함된 2월 10일~13일까지의 구정연휴는 유량의 변화에 영향을 주는 요인으로 작용하여 측정지점 전체에서 하수량 발생이 다소 감소하였으며 특히, 공단지역에서는 하수량 발생 감소가 뚜렷하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

3.3 측정결과의 활용

전자식 초음파 유량계를 활용한 하수관거 내의 유량 측정 결과는 측정지점이 대표하는 유역의 하수발생 특성을 나타내고 있어 측정결과와 유역의 특성, 측정일자 및 시각 등과의 상호 비교분석을 통해 시간별 하수발생량의 변화를 파악할 수 있으며 강우시 측정된 하수량의 변화와 함께 비교하여 지점 유역의 하수관 파손 등에 의한 침입수량 및 유출수량을 추정하는데 활용될 수 있다.

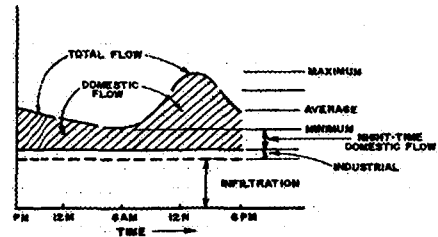


그림 8. 하수량의 구성 비교

4. 결 론

본 연구에서는 하수관거내 하수량을 측정하기 위하여 전자식 초음파유량계(SIGMA 920)를 사용하여 안산시내 8개 지점에 대하여 하수발생량을 측정하였다. 선정된 8개 지점에는 주거지역, 상업지역, 공단지역이 포함되어 있으며 하수량은 10분 단위로 최소 30일 이상을 측정하였고 측정오차는 각 지점의 하수관내 수심과 유속의 관계를 통해 보정하였으며 10분 간격의 자료를 30분, 60분, 24시간 간격으로 확장하였다.

유량측정 결과 하수발생량의 변화는 주거지역, 상업지역, 공단지역 등 유역에 따라 많은 차이를 보이고 있으며 동일 지점에서의 하수량 변화는 주거지역에서는 일정한 형태를 보이며 공단지역에서는 일정하지 않은 변화형태를 보이고 있다. 강우시에 측정된 하수량과 강우가 없는 평시에 측정된 하수량으로부터 기저 하수량을 추출하고 이로부터 하수관내 침입수량과 유출수량을 추정할 수 있을 것으로 기대되며 전자식 초음파 유속계는 이를 위해 효과적으로 이용될 것으로 기대된다. 향후 지점별 유역의 하수관망해석과 강우시 측정된 하수량의 변화 등을 비교하여 해당 하수관거의 침입수량 및 유출수량을 추정하고자 한다.

참 고 문 헌

- ASCE, 1994, Existing Sewer Evaluation and Rehabilitation, ASCE Manuals on Engineering Practice No. 62.
- 광양시, 2002, 광양시 하수관거정비 시범사업 타당성 조사 자문회의 보고서, 환경관리공단
- 무안군, 2002, 무안·일로읍 하수관거정비 타당성조사 중간보고
- 환경부, 1997, 도심하수관 정비기법 연구, 환경부