

하수관거에서의 침입수/유입수 및 하수수질에 관한 연구

< 경기도 화성시를 중심으로 >

박명균¹⁾, 안원식²⁾, 오정미³⁾

1. 서론

우리나라의 하수관거시설은 관거, 맨홀(manhole), 우수토실, 토구, 물받이(오수, 우수 및 집수받이) 및 연결관 등을 포함한 시설의 총칭이며 주택, 상업 및 공업지역 등에서 배출되는 오수나 우수를 모아 서 처리장 또는 방류수역까지 유하시키는 역할을 한다. 현재 하수관거시설의 문제점으로 지적되고 있는 하수관의 연결부위 파손, 오점 및 부실시공 등으로 인한 하수의 침입수, 유입수 및 누수는 현재까지의 우리나라의 환경사업이 처리장중심으로 이루어져 왔고 이로 인한 관리소홀로 야기된 문제라 지적하고 싶다.

본 연구는 화성시 하수처리 사업구역내 처리분구 또는 대표할 수 있는 지역별로 하수관거에 대한 I/I 및 하수누수량을 조사함으로써 하수처리장의 유입수량 및 수질의 영향을 파악하고 해당지역의 지하수 오염정도를 추정하여 표본조사지역의 조사결과와 함께 상세조사 우선순위 및 사업순위 산정에 도움이 되는 데이터를 제공하는 것으로 목적으로 한다.

하수관거내 I/I 및 누수조사는 대상지역의 방류수역에 영향을 미치는 배수구역내 주요 하수 토구에서 발생하는 유량 및 수질조사를 실시함으로써 배수구역내 하수발생량 및 부하량을 파악하는데 있다. 이로부터 하수관과 하수처리장을 연계한 시설들의 효율을 제고할 수 있는 방안에 대한 수립이 가능하다고 할 수 있다. 이를 위하여 지역의 I/I 및 누수를 대표할 수 있는 화성시 N, B와 C 일원 등의 3개 지역을 선정하였다.

하수량 및 불명수량 조사를 수행하기 위하여 유량 측정 및 수질조사는 각각 계절 별 30일씩 2회와 계절별 4회를 실시하고 유량은 1일 15분 간격으로 측정하고 수질은 1일 2시간간격으로 12회 시료채취 및 분석을 하였다. 또한 강우시 유량조사는 물론 하수처리장이 건설되기 전이므로 CSO_5 를 분석하는 대신 1차와 2차 측정기간 중 최대강우량 시점을 찾아 각 1회씩 최대강우시 오염도 분석을 위한 수질 분석을 하였다.

2. 연구방법

본 연구에서 화성시의 하수관거내 대표성을 가지는 3개 지점을 선정하였으며, 조사지역에 대한 개요는 다음 [Table 2-1]과 같다.

[Table 2-1] 조사대상 지점

구분	N	B	C
면적	20ha	14.2ha	15.5ha
I/I 조사	1개소	1개소	1개소
CSO 조사	I/I 위치와 동일	I/I 위치와 동일	I/I 위치와 동일
측정위치조건	3m × 1.3m	1000mm : 800 ⇨ 실측후 1000으로 변경	1000mm
하수배제	합류식	합류식	합류식

2.1 조사방법

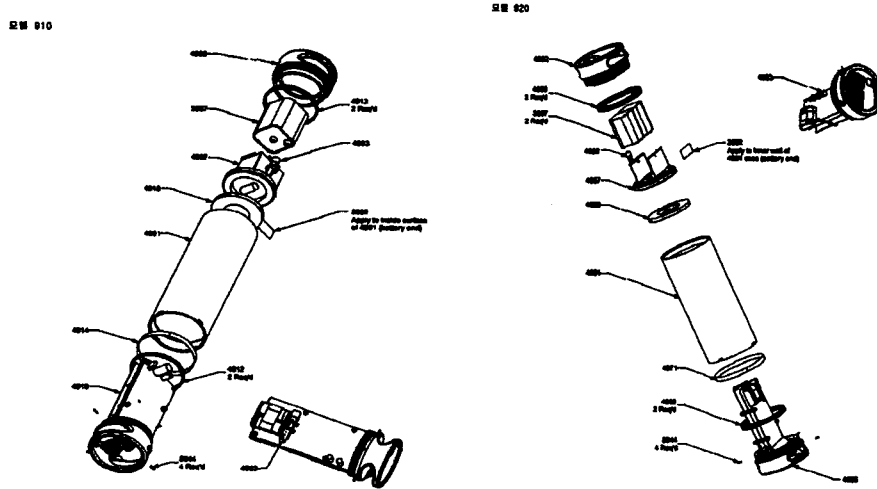
(1) 유량조사방법

- 1) 수원대학교 토목공학과 초빙교수 · 031-220-2291(E-mail:mgpa가08@suwon.ac.kr)
- 2) 수원대학교 토목공학과 교수 · 031-220-2341(E-mail:wsan@suwon.ac.kr)
- 3) 수원대학교 토목공학과 석사과정 · 031-220-2522(E-mail:ohyang5@empal.com)

유량 측정은 건기시와 강우시를 포함하여 2계절 이상 측정하되, 강우시는 선행건기일수(5일 이상)를 고려하였다.

조사기간 및 횟수는 측정지점당 건기시와 강우시를 포함하여 두 계절이상 10~15분 간격으로 30일이상 연속측정을 원칙으로 하였으며, 강우시 강우초반부는 가능한 조밀한 간격으로 측정하여 초기강우 특성이 잘 나타나도록 결정하되 강우사상 및 현장여건을 고려하였다. 측정장비는 전자식 유량계 모델명 sigma 910과 sigma 920 유량계를 사용하였는데 자체적인 센서를 통하여 유속과 수위를 감지하여 유량을 계산하여 메모리에 기록되도록 되어 있어 유량계 메모리의 저장 데이터는 자체 소프트웨어를 통하여 조사용 노트북으로 전송받았다.

[Fig. 2.1-1] sigma 910과 sigma 920



(2) 수질 조사 방법

분석 및 조사항목은 BOD_5 , COD_{Cr} , COD_{Mn} , SS, T-N, T-P, 강우자료로 조사횟수 및 방법은 유량측정과 동일지점, 동일 기간 내에(측정 지점당 건기시와 강우시를 포함하여 2계절이상)측정을 원칙으로 하며 조사횟수는 BOD_5 , COD_{Cr} , SS는 계절별 4일(1일/주간격, 계절당 건기시 3일, 강우시 1일), COD_{Mn} , T-N, T-P 항목은 계절별 1일(건기시 1일 or 강우시 1일), 1일당 12회를 기준으로 시료를 채취하되 관거 I/I 및 하수의 누수량을 산정할 수 있도록 하였다. 채취된 시료는 냉장보관하고, 지정된 시간 이내에 운반 및 분석이 이루어지도록 하였다. 수질항목별 분석은 공정시험법을 기준으로 수행하였고, 강우자료는 현장측정 또는 인근 기상관측소의 자료를 이용하였다.

(3) 최대강우시 오염도 조사

강우시 오염도 측정은 측정기간이 실제 우기와 차이가 있어 전체 측정기간에서 1차 측정시 (10/25~11/25) 최대 강우일과 2차 측정시 (12/1~12/30) 최대 강우량을 잡아 전체 수질측정 하는 것으로 강우시 오염도 측정을 수행하였다.

3. 실험결과

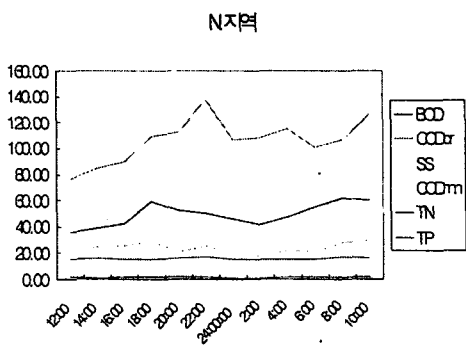
화성시 하수관거내 침입하는 유량을 조사하기 위하여 실시된 것으로 유량측정기간은 10월 25일부터 11월 25일까지를 1차로 12월 1일부터 12월 30일까지를 30일을 2차로 설정하여 하수관거내 유량의 연속측정과 8회에 걸친 수질조사를 시행하였다.

3.1 유량분석

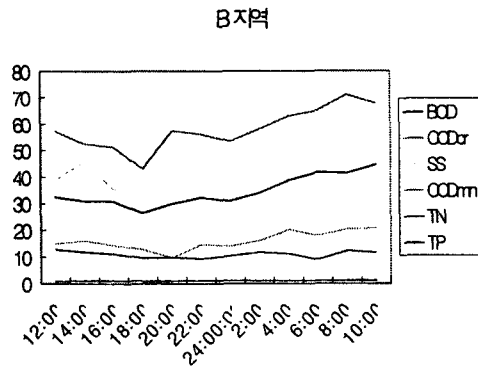
[Table 3-1] 지역별 유량

지점	구분	일평균유량(m ³ /d)	일평균최소유량(m ³ /d)	일별최저유량(m ³ /d)	최대유량(m ³ /d)	최소유량(m ³ /d)	평균유량(m ³ /d)
N	건기	1947.1	1343.3	572.4	4784.5	59.4	1884.8
	우기	1805.1	542.86	59.9			
B	건기	307.32	225.15	96.93	1378.26	30.85	300.82
	우기	296.91	122.91	31.83			
C	건기	369.7	115.8	47.8	1004.7	2.4	269.7
	우기	267.58	47.28	2.44			

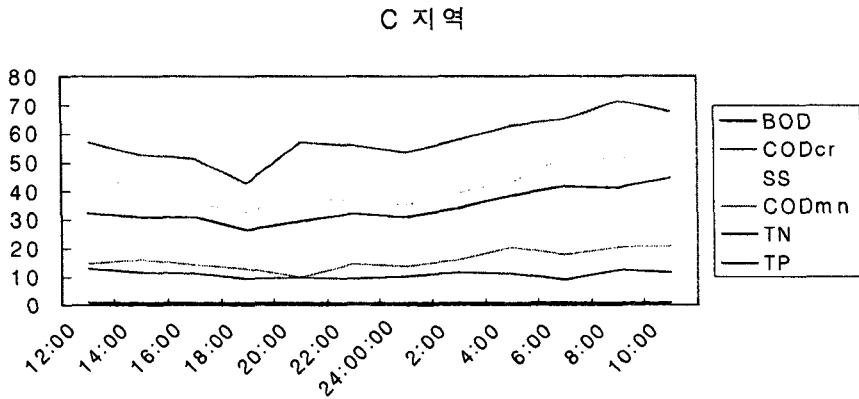
3.2 수질 분석



[Fig. 3-1] N지역 시간에 따른 수질 변화



[Fig. 3-2] B지역 시간에 따른 수질 변화



[Fig. 3-3] C지역 시간에 따른 수질 변화

3.3 침입수/유입수 해석

배수구역내 BOD 총부하량을 이용하여 산정하는 방법으로서 침입수/유입수(I/I)의 수질은 "0", 침입수/유입수(I/I)의 유입량은 24시간 일정하며, 유입하수량의 수질은 일정하다는 3가지 가정하에 수행하는 방법으로 하수의 성상에 따라 침입수/유입수(I/I)량, 최소하수량에서 침입수/유입수(I/I)량을 제한 유량, 나머지 유량 등 3가지로 구분하며, 각 유량은 위의 가정에 따라 그 양 및 수질의 특성이 상이하

[Table 3.3.1-1] 각 평가기법에 따른 침입수/유입수 산정결과의 종합

지점	심속 유량 건기평 균유량	물 소비량 평가법			일평균 최저유량-수 질평가법			일 최저유량 평가법			일최대-일최소 유량 평가법			최저유량수질평 가기법을 이용		
		평균	비율	침입 율	평균	비율	침입 율	평균	비율	침입 율	평균	비율	침입 율	평균	비율	침입 율
N	572.98	1653	86.4	0.32	512.9	26.8	0.099	573.0	29.95	0.11	819	42.8	0.159	257.2	13.4	0.05
C	267.93	-41	-15	-0.02	44.45	16.6	0.007	46.89	17.5	0.021	547.6	204	0.091	19.59	7.3	0.008
B	306.24	-88	-29	-0.03	54.18	17.69	0.021	96.68	31.57	0.037	367.4	120	0.142	40.3	13.2	0.015

각 평가 기법에 의해서 얻어진 결과를 종합 분석한 결과, [Table 3.3-1]과 같이 본 지역의 하수관거 정비 우선순위 결정에 일평균, 최저유량-수질 평가기법과 일최저유량법과 불명수 산정방법과 같이 3가지 평가기법을 이용한 계산자료를 침입수/유입수로 활용하는 것을 제안할 수 있으며 이 3가지 방법에 대한 평균치를 구하면 다음 [Table 3.3.1-2]와 같다.

[Table 3.3.1-2] 3가지 평가기법의 평균치 산정결과

지점	심속 유량 건기평 균유량	일평균 최저유량-수 질평가법			일 최저유량 평가법			최저유량수질평가 기법을 이용			평균치		
		평균	비율	침입 율	평균	비율	침입 율	평균	비율	침입 율	유량	비율	침입 율
N	1913.02	512.9	26.8	0.099	573.0	29.95	0.11	257.2	13.4	0.05	447.7	23.4	0.087
C	267.93	44.45	16.6	0.007	46.89	17.5	0.021	19.59	7.3	0.008	36.97	13.8	0.017
B	306.24	54.18	17.69	0.021	96.68	31.57	0.037	40.3	13.2	0.015	63.72	20.8	0.025

3.4 최대 강우시 오염도 조사

강우에 의한 월류수 발생특성과 오염부하를 조사하기 위한 목적으로 최대 강우시 오염도 조사를 하였다. 11월에는 6번의 강우가 발생하였고 최대강우시점은 11월 17일과 18일 사이에 측정된 양으로 약 8mm 정도였다. 12월은 총 8번의 강우가 발생하였고 최대강우시점의 강우량도 하수발생에 큰 영향을 줄 정도의 양은 아니라고 판단된다. 12월 8일에 발생한 양으로 역시 8mm를 약간 상회하는 정도였다. 표본지역 전체적으로 강우시 유기물농도는 저녁 퇴근시간인 6-8시 사이에 농도가 높아져 비강우시 수질과 거의 유사한 형태를 보이고 아침시간 역시 출근시간까지 농도가 높아지는 양상을 보여주고 있다. 지역별 질소와 인 농도에 따른 시간의 변화도 유기물 농도와 비슷한 결과가 나오는데 이는 강우시 시간별 유기물과 영양소에 대한 수질변화가 큰 차이가 없음을 알 수가 있는데 이는 1차와 2차시기의 최대강우량이 하수농도에 미칠만한 양이 내리질 않았고 3개 지역 공통적으로 시간에 따른 수질변화 특성이 거의 일정한 패턴을 보이고 있기 때문이라 해석된다.

4. 결론

본 연구를 진행하면서 하수관거내의 유량을 조사하여 침입수/유입수 산정하는 방법과 최대 강우시 오염도를 분석해 볼 수 있었다. 3개 지역에 대한 I/I 측정결과, N지역의 침입 비율은 평균 23.4%, B지역은 20.8%, C지역은 13.8%로 나타났으며 관경과 관거길이당 침입유량은 각각 0.087, 0.025 및 0.017 $m^3/m-km$ 로 나타났다. 최대강우시점의 수질오염도를 조사한 결과, 강우시 유기물농도가 저녁 6-8시 사이에 가장 큰 peak를 나타내는 것으로 나타났다. 그러나 유량측정에 필요한 현장조사 및 측정시의 전자식 유량계의 약간의 오작동, 하수관거에 대한 자료가 완전하지 못하여 결과 분석상의 애로사항이 많았다. 이러한 문제점을 보완한다면 하수관거의 효율적인 유지 관리 및 하수처리시설계획에 충분한 자료가 될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 환경부, 하수도 시설기준, 1998.2
2. 환경부, 환경기초시설 투자순위 결정 및 종합정비 기본계획 수립연구 보고서, 1998.10
3. 국립환경연구원, 하수도 시설개축 및 기능개선 전략 연구, 1988.12