

하수관거의 효율적인 유지관리 방안

Effective Maintenance and Management of Sewage System

Jong Seok Park*, Kyoung Hoon Rhee**,

Chang Ju Oh***, Chang Lim Oh****, Yang Shil Yoon*****

Department of Civil Engineering, Chonnam National University,

77 Youngbong-ro, Puk-gu, Gwangju, Korea

Department of Civil Engineering & Land Administration, Chonnam Techno University,

113 Daehak-ro, Okgwa-myoun, Gokseongkoon, Jeollanamdo, Korea

Abstract

In South Korea, usage of water expanded as living standard has improved and population grown while economy grew rapidly since 1960s, and subsequently, pollution material has increased. Therefore, importance of sewage facility to prevent leak of polluted material into public water is being emphasized. Recently, recognizing the importance of sewer pipe, South Korean government is pursuing more balanced sewage project through maintenance of sewer pipe. However, maintenance of sewer pipe has positive nature of improving individual citizens' and society's living environment, but at the same time, it is difficult to measure the quantitative effect because the outcome is underground even though it costs trillions of won. Therefore, in this research, as for the function of sewer pipe, not only preventive perspective for elimination of rain water but also the importance of prevention of water quality pollution is being recognized, so status of existing sewer pipe is studied, and measures to maintain outdated and defect pipe facilities effectively, and manage the installed large drain pipes effectively are

* Tel. +82-62-530-0431. E-mail. victorypjs@jnu.ac.kr

** Corresponding author. Tel. +82-62-530-1656. E-mail. water@jnu.ac.kr

*** Tel. +82-61-360-5402. E-mail. cjoh21@hanmail.net

**** Tel. +82-62-613-4270. E-mail. ocr@korea.kr

***** Tel. +82-62-376-0449. E-mail. yys9900@naver.com

Submission & Publication Process

Received: Feb. 17, 2015 / Revised: June. 1, 2015 / Accepted: June. 4, 2015

suggested.

Key words: sewer system, maintenance, rain elimination, sewerage, I/I interpretation

국문초록

우리나라는 1960년대 이후 급속한 경제발전으로 도시의 인구증가와 더불어 생활수준이 향상되면서 생활용수의 사용량이 증대되었고, 이에 따라 오염물질의 발생량이 증가하면서 공공수역으로 유출되는 오염원을 방지하기 위해 하수도시설의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 최근에 하수관거에서의 중요성을 인식하여 정부는 체계적인 하수관거의 유지를 위해 하수관거정비사업을 통해 보다 균형적인 하수도 사업을 추진하고 있다. 그러나 하수관거정비사업은 시민 개개인과 사회전체의 생활환경을 향상시키는 긍정적인 면이 있는 반면, 수 조원대의 막대한 예산을 투자하여 시행되지만 결과물이 지하에 매설되어 그 효과를 정량적으로 평가하기 어려운 특성을 지니고 있다. 이에 본 연구에서는 하수관거의 기능이 우수배제를 위한 방재적인 측면과 더불어 수질오염방지 시설로의 기능에 대한 중요성이 점점 부각됨에 따라 하수도사업의 효율성을 제고하기 위하여 노후화·불량화 된 관거 시설을 효율적으로 정비하고, 설치된 하수관거의 효율적인 유지관리 방안을 제시하였다.

주제어: 하수관거, 유지방안, 우수 배제, 하수도, I/I 해석, 수질 모델링

1. 서론

우리나라는 1960년대 이후 급속한 경제발전으로 도시의 인구증가와 더불어 생활수준이 향상되면서 생활용수의 사용량이 증대되었고, 이에 따라 오염물질의 발생량이 증가하면서 공공수역으로 유출되는 오염원을 방지하기 위해 하수도시설의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 하수도시설은 국가의 정책이라 할 수 있을 정도로 도시의 환경관리와 치수, 쾌적한 환경조성에 있어서 중요한 시설이다. 하지만 우리나라는 2009년말 기준으로 하수관거 보급률이 75%에 불과하고 설치된 관거도 노후도가 심해 전국적으로 8.6m당 1개소에서 관거 결함이 관찰되는 실정이다(환경부, 2010). 이에 따른 결과로 하수처리장에 불명수가 다량 유입되어 하수처리효율이 저하되고, 파손된 하수관을 통해 누출된 하수는 토양과 지하수를 오염시킬 뿐만 아니라 관 함몰에 따른 도로침하로 이어져 시민의 안전까지 영향을 미치고 있다(박재성, 2007; 최계운·이호선, 2007).

최근에 하수관거에서의 중요성을 인식하여 정부는 체계적인 하수관거의 유지를 위해 하수관거정비사업을 통해 보다 균형적인 하수도 사업을 추진하고 있다. 그러나 하수관거정비사업은 시민 개개인과 사회전체의 생활환경을 향상시키는 긍정적인 면이 있는 반면, 수조 원대의 막대한 예산을 투자하여 시행되지만 결과물이 지하에 매설되어있어 그 효과를 정량적으로 평가하기 어려운 특성을 지니고 있다(장대환, 2009: 1). 그리고 하수관거 시설은 지하의 습기와 토압, 수압, 활하중 등의 상재하중이 가해지는 상태로 있기 때문에 지상에 위치한 여타 시설물보다 노후화의 진행상태가 빠른 편이며 지하매설물이라는 특성 때문에 도시가 형성 된 다음에는 새로운 하수시설을 매설한다는 것 자체가 매우 번거

롭고 어려운 일이다. 그래서 도시가 형성되기 전에 장기적 안목으로 준비 및 설계를 한다는 것이 중요하나 현실적으로는 불가능한 일이다. 그러므로 현재 시설투자비만을 고려한 사업비 고시는 초기시설투자비는 적게 드나, 운영 및 유지관리 비용이 증가하는 경우가 초래될 수 있다(진효연, 2010: 1-2). 따라서 기존에 설치된 시설의 수명을 연장시키고, 용량이 부족한 구간에 대해서는 용량 보완설계를 통하여 점진적으로 증설해 나가는 방법이 가장 현실적인 대안이라고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 하수관거의 기능이 우수배제를 위한 방재적인 측면과 더불어 수질오염방지 시설 기능에 대한 중요성이 점점 부각됨에 따라 하수도사업의 효율성을 제고하기 위하여 노후화·불량화된 관거 시설을 효율적으로 정비하고, 설치된 하수관거의 효율적인 유지관리 방안을 제시하고자 한다.

II. 선행 연구 고찰

하수관거의 유지관리를 위한 여러 가지 방법 중 외부 요인에 의해 훼손되어 구조적, 수리적으로 제 기능을 발휘하지 못하는 하수관거를 원래의 기능을 회복하도록 보수·보강하는 것을 하수관거 정비(Sewerage rehabilitation)라 한다.

국내 하수관거정비에 대한 연구는 박상진 외(1995)의 국내 하수관거정비를 위한 실태조사로, 연구결과 시공, 유지관리, 구조, 재질, 부식 및 오염에 대한 불량상태를 파악하고 이에 대한 개선방안을 제시하였고, 정철권·박규홍(1999)은 하수처리효율 저하, 오염물질 운송 기능, 지하수와 토양의 오염, 구조적 결함과 통수능력의 저하 등을 이유로 하수관거정비의 필요성 주장하였고, 하수관거정비 방법에 대해서도 하수관거정비체계, 하수관거 조사방법, 배수체계 분석, 정비방법의 선정, 정비공사 등으로 구분하여 설명하였다(박재성, 2007). 송호면 외(1999)는 하수관거 정비공법의 품질관리연구에서 국내외 품질관리현황을 비교하면서 우리나라의 품질관리에 대한 문제점들에 대해 근본적인 원인을 분석하고, 적절한 대처방안을 다각도로 모색하여 미래 지향적인 품질경영 체제 아래 확고한 품질인증제도가 정착될 수 있도록 관계 부처와 업계의 관심이 촉구된다고 주장하였다.

또한, 여민국 외(2004)는 불명수 발생량의 불확실성을 고려한 하수관거 정비 정책 수립을 위한 체계학적 최적화 모형 연구에서 경제적인 하수관거 정비 정책 수립을 위하여 하수관거별 불명수 발생량 수준에 따라 관거의 정비 여부를 결정하고 이를 통하여 필요 예산 산정 및 정비 관거 등 하수관거정비 계획을 세워야 한다고 주장하였다. 최창호(2005: 65)는 국내 하수관거의 효율적인 유지관리 방안 연구에서 국내 하수관거는 건설 이후의 효율적인 유지관리방안이 적극 검토되어야만 제 역할을 할 수 있다고 하였으며, 특히, 하수도가 기타 지하매설과의 유기적인 연동을 통해 환경개선 및 도시정보화의 역할을 다하기 위해서는 정확한 DB구축을 바탕으로 한 “통합유지관리시스템”의 조기 구축이 절실하다고 주장하였으며, 진효연(2010: 82)은 기존의 하수관거에 대한 유지관리는 사후 관리에 초점을 두고

있는 실정이며, BTL사업의 경우 설계·시공·운영의 단계를 거쳐서 이루어지는 사업으로 부실공사 및 운영에 대한 무한책임이 부여되고 있다. 지속적인 자료축적과 양질의 기술과 인력이 투입됨에 따라 유지관리 방법의 질적 개선이 기대되며, 이러한 사업방식은 하수관거 뿐만 아니라 전국 상수도 노후관 개선 등에 적용하여 누수의 최소화 및 양질의 수도 공급을 통하여 국민의 삶의 질을 개선하는데 활용할 수 있다고 하였다.

III. 연구 방법

본 논문의 연구방법으로는 하수관거 정비와 관련된 일차 자료와 선행연구자료 등 이차 자료에 의한 문헌 분석을 실시하였다. 특히 기존 연구 결과들에 대한 최근 동향을 분석하기 위해 국내 하수관거의 문제점, 유지관리 기본방향을 조사하고 국외 하수관거 관련 정책 및 프로그램을 살펴봄으로써 하수관거의 효율적인 유지관리 방안을 제시하고자 하였다.

본 연구를 위하여 조사 대상국은 미국, 프랑스, 호주, 일본, 영국 등 5개국을 선정하였으며, 각 나라의 자료를 분석하기 위하여 관련기관의 웹사이트 자료 및 정책보고서 자료를 수집하였다.

IV. 연구 결과

1. 국내 하수관거의 문제점 및 정비 방향

1) 국내 하수관거의 문제점

하수도의 기능은 침수에 의한 도시 재해 방지와 생활환경의 개선 및 수질 보전으로 나누어진다. 따라서 이들의 기능 중 어느 하나라도 원활하지 못하면 완전한 하수도라고 할 수 없다. 그러나 우리나라의 하수도는 홍수시의 우수 배제 기능 면에서는 상당한 수준이지만 하수의 차집과 처리 면에서는 아직 초보적 단계이다. 이는 하수관거가 정비되지 않은 상태에서 하수처리시설이 급격히 건설되었을 뿐만 아니라 하수관거의 시공관리 미숙으로 인하여 하수관거가 제 기능을 발휘하지 못하기 때문이다. 이러한 측면에서 국내 하수관거는 다음과 같은 문제점을 가지고 있다(경기개발연구원, 2000; 오창수·정동환, 2008).

첫 번째는 하수처리 시설에 치중된 하수도 사업이다. 2009년도에 하수처리시설 건설 및 개·보수비가 2조 9,608억 원이었으며, 하수관거 설치 및 개·보수비 등이 2조 3,401억 원이었다(환경부, 2010). 이는 과거 하수처리장과 하수관거 투자 비용 비율¹⁾과 비교해 보면 높은 실정이지만 하수처리시설 대

비 하수관거 투자비용 비율이 2-3배에 달하는 선진국의 경우와 비교할 때 상당히 큰 차이를 나타내고 있다. 이와 같이 하수관거 투자비용 비율이 턱없이 낮다는 것은 하수관거 부실의 원인으로 작용하고 있다. 그동안 하수관거 정비사업에 상대적으로 투자를 적게 한 것은 우리나라 대부분의 도시가 이미 시가화한 상태에서 하수처리사업을 시작한 데 그 원인이 있다.

두 번째는 하수관거의 노후화이다. 지하에 매설된 하수관거의 노후화실태를 정확히 조사하는 것이 용이한 일은 아니지만 과거에 실시한 타당성 조사 결과를 토대로 분석하면, 기존 관거의 적절한 정비가 이루어지지 않아 하수관거의 13% 이상이 노후관이며, 전국 평균 약 8.6m 당 1개소가 파손된 것으로 나타났다. 이처럼 하수관거의 노후화로 인하여 지하수가 다량 유입되고 있으며 타 기반시설이 시공 시에 하수도훼손에 대한 인식부족 및 시공 상의 편의 때문에 상수도관, 가스관 등의 타 시설물 통과로 인한 불법점용 및 훼손이 발생하고 있는 것으로 나타났다.

세 번째는 우수배제의 불량이다. 이는 상류지역에 도시가 확장 개발되어 새로운 관거를 기존 하류 지역의 관거에 연결시켜야 한다. 하지만 상류지역의 개발에 따른 계획우수유출량이 증가하여 기존 하수관의 용량이 부족하고 저지대의 하수관거의 경사가 완만한 경우가 많아 하수가 원활하게 배제되지 못하는 경우가 발생하게 된다. 또한 기존 도심지의 경우 하수관거를 새로 설치해 오수만을 수집 처리하는 분류식 하수관거는 설치하기가 매우 어렵기 때문에 결국 빗물과 오수를 함께 모으는 합류식 관거를 설치할 수 밖에 없는 실정이었다. 이 밖에도 부대시설 및 연결관이 제 역할을 하지 못해 배수불량으로 이어지는 경우가 많으며, 빗물받이, 연결관 등 집수시설의 미비로 인하여 강우시에 표면수가 제대로 집수되는 못한다. 더불어 맨홀 내 인버트의 미설치로 인하여 많은 수두손실이 발생하고 연결관 접합시 각도불량으로 접합부에 수리학적 폐쇄현상이 나타난다.

마지막으로 오수배제 및 처리상의 문제점이다. 오수관거의 오접합으로 인해 새로운 분류식 지역의 배수설비가 합류식 관거에 잘못 연결되어 분류식화에 의한 효과를 기대하기 어려우며, 계곡수 유입, 미정비된 합류식 하수관망 체계 등으로 인하여 불명수가 과다하게 유입되어 하수처리장 유입하수의 수질이 낮아 하수처리효율이 저하되고 처리시설용량이 부족한 실정이다. 또한 분뇨정화조와 오수정화 시설에 의하여 수세변소수가 하수관거로 직유입 되지 않아 하수처리장 유입수질이 저하되고 있다.

2) 국내 하수관거 유지관리 기본방향

하수관거정비는 신설 관거와 기존 관거의 통수능력이 부족한 관거정비, 최저유속이 미달되는 관거 정비, 관거 내부가 이상이 있는 관거 정비, 그리고 수세식변소수의 직투입이 가능한 과거정비가 주된 내용이며, 하수관거정비의 기본방향은 다음과 같다(환경부, 2000).

신설하수도관의 경우 기존 시가화 지역은 기존 합류식 관거를 우수관거로 활용하며, 오수관거를 신

1) 2004년도 하수도 통계에 따르면 하수처리장 : 하수관거 투자비용 비율은 약 6:4정 도로 하수관거 시설에 소요 되는 비용은 하수처리장 건설비용의 약 2/3 정도였다.

설한다. 그리고 시가화 예상지역은 우·오수관거를 신설하고, 산재된 자연발생 취락지역은 오수관거를 신설한다. 그리고 하수관망 및 수리계산상 통수능이 부족한 것으로 나타난 관거에 대하여 관경확대 및 경사조정 등 관거를 개량한다. 또한 관거는 적정 유속을 확보해야 하므로 최저유속 검토 결과 최저유속 이하로 나타난 관거에 대하여 개·보수계획을 수립하고, 경제성 및 시공성 등으로 인하여 개·보수계획이 수립되지 않은 구간에 대해서는 블록화하여 정기적인 준설 및 집중관리 대상지역으로 관리해야 한다. 그리고 관거내부조사를 시행하여 상태별 불량관거에 대해서는 경제성 및 지역적인 여건 등을 감안하여 굴착 또는 비굴착 공법에 의한 개량 및 보수 등 정비계획을 수립하여 관거를 정비해야 한다.

2. 국외 하수관거 정책 및 프로그램

1) 미국의 하수관거 정책, 법 및 프로그램

미국의 경우 하수도 관련 공공기관인 WEF(Water Environment Federation)의 관거조사 체계는 관거불량이 예상되는 지역에 대한 1차 조사를 통해 세부조사가 필요한 지역을 선정하고, 하수관거조사 평가방법(SSSES, Sewer Service Evaluation Survey)에 따라 I/I조사를 수행한 후 과도한 I/I가 발생된 구역만을 대상으로 CCTV 등을 이용하여 구체적으로 관거 상태를 확인하도록 규정하고 있다(WEF, 1994). 그리고 1972년 연방 정부의 청정수 법(CWA, Clean Water Act)에 따라 방류수체로 유입되는 배출폐수를 제어하기 위한 허용시스템인 국가오염배출제거 시스템(NPDES, National Pollution Discharge Elimination System)이 확립되었다. 당초 NPDES는 공공하수처리장의 방류수와 이를 거치지 않는 산업체의 배출수에 대하여 초점을 맞추었다. 또한 미국환경보호청(US EPA)의 법률 공포 및 미 의회의 CWA 적용 확대에 따라 NPDES 허용 시스템을 활용하여 합류식하수관거 월류수(CSO) 및 분류식 우수관거 유출부하를 제어할 수 있도록 하게 되었으며, 지난 1994년에 발의된 CSO관리정책에는 기술적인 근거를 CSO관리와 수질기준을 근거한 CSO관리를 구분하였다. 기술적인 근거를 둔 정책으로 Nine Minimum Control을 들 수 있으며, 수질기준은 이의 준수를 위한 중장기 CSO 관리계획을 들 수가 있다. 중장기 CSO관리계획에는 연중 4회 이내로 CSO 무처리 방류규제, 강우시 합류식 관거 지역의 발생 우·오수의 85% 제거를 제거하는 방안이 포함되어 있다.

한편, 미 환경청에서는 지난 1990년 우수유출에 대한 I 단계 법규를 공포한 이래 분류식 우수관거 시스템에 대한 법적규제가 강화되었으며, 1999년에는 미환경청이 II단계 우수유출 규제에 대한 법규를 추가적으로 공포하여 현재에 이르고 있다.

미국에서는 하수관거의 침입/유입수(I/I)의 제어에 관해 1972년의 수질오염방지법과 건설국고보조 프로그램에 근거하여 하수도분야에 있어 주요한 현안으로 되어 왔으며, 환경보호청에서는 CMOM(Capacity, Management, Operation and Maintenance)의 개발, 보급하여 지자체별로 해당 하수

관거시스템을 유지관리 및 운영을 지원하고 있다.

한편, 미국의 하수관거사업과 관련된 재원조달체계에는 한시적('72-'85)으로 운용된 건설국고보조 프로그램(Construction Grant Program), 이를 대체한 장기저리융자 프로그램(주정부회전기금-SRF, State Revolving Fund '85-), 지자체별 세수로 형성된 지방기금으로 구분되어 운영되고 있으며, 하수관거사업의 국고지원을 판단하기 위하여 각 지자체에서 하수처리장 증설 및 관거사업계획서 제출, 사업계획서 검토 (I/I 분석보고서 중점 검토), 하수관거정비 사업 후 사업효과 검증보고서 제출(개선여부 판단), 개선이 안 될 경우 원인 분석 및 조치완료 까지 국고보조금 지급중단의 과정을 거친다. 이러한 하수관거정비사업은 관거시스템 예비조사단계, 관거시스템 평가단계, 관거 개·보수 시공단계, 사업효과 검증단계의 4단계로 구분되어 수행된다.

미국재난관리청(FEMA)의 GIS 프로젝트는 재난이 발생한 장소에 위치한 관리센터에서 본부의 DB에 손쉽게 연결하여 현지에서 필요한 실시간 정보를 추출하고 분석할 수 있는 GIS 시스템을 구축하고 있으며, 재난관리에 필요한 지리정보뿐 아니라 인구, 실시간 재난정보, 재난이력, 재난복구 및 구난을 위한 등록자 정보 등을 전화산하여 이용자들에게 제공하고 있다(FEMA).

2) 프랑스의 하수관거정비 프로그램

프랑스에서는 1964년 12월에 제정된 물관리법(Water Act)에 따라 프랑스 전역을 6개 주요 수계로 나누어 6개 물관리청(Water Agencies)이 이를 관리하고 있으며, 각각의 물관리청은 강유역관리위원회에 의해 운영되고 있다. 동 위원회에는 선출직관리, 소비자 및 사용자(산업계, 농업계, 어업계, 민간수도사업자, 협회 등) 및 물관리 관련 정부부처 공무원 등 모든 이해 관계자들로 구성되어 있다. 물관리청이 임무가 개시되었을 때, 최우선되는 업무로서 전국에서 각 수계로 어떠한(또는 매우 기본적인) 처리도 하지 않고 방류되는 도시 하수를 처리하는 일이었다.

프랑스는 과거 15년(1970~1985)동안에 전국적으로 10,000개 이상의 하수처리장을 건설하였고, 파리시에서는 2000년부터 하수관거정비 5개년 계획(1,770억원)을 수립·추진 중이다. 한편, 1990년대 초부터 하수정비 관련 신기술이 개발·적용되어 왔으며, 도심에서 개착식으로 노후관을 교체하기가 점점 어려워짐에 따라 비굴착 정비기술 개발에 역점을 두기 시작했다.

관거정비사업은 관거와 하수처리장을 하나의 시스템으로 보는 종합적인 방법으로 접근하여 효율적인 업무추진을 단계별로 수행하고 있다. 이러한 단계는 조사대상 관거 선정을 필두로 하여, 관거의 매설조건 및 운영자료를 근거한 관거 진단, 정비목적 및 기술적 검토 등을 기준으로 하는 정비기술의 선정, 사업우선순위 선정, 정비수행, 성과자료 제출 및 비용평가 등이 해당된다.

SPRINT226 프로그램은 세느강 유역에서 하수관거-하수처리장 통합모형을 이용하여 월류수를 실시간으로 제어하는 프로그램으로 강우량에 따른 강우유출 모델과 펌프장, 월류수문이 연동되는 실시간 제어 프로그램을 통하여 월류유량 80%, 월류오염부하 90%를 저감시킬 수 있는 것으로 예측하였다

(Kopečný, *et. al.*, 1999)

3) 호주의 하수관거 관리

호주의 하수관거시설의 투자비는 기본적으로 하수도 투자비의 50%에 이른다. 이 비율은 주 의회의 재정 여건 및 유동인구 구성비에 따라 다르며, NSW의 경우 30~70%를 적용하고 있다. NSW의 하수 배제방식은 분류식으로 시설되어 있다. 분류식 하수도 설계시에는 일부 우수가 유입되는 것을 허용하는데 이는 침입수 및 오점을 완전히 방지한다는 것은 불가능하기 때문이다.

또한 하수관거에서 허용치 이상의 과잉 침입수/유입수(I/I)는 관거정비를 통하여 제어하고 있으며, 하수관거의 과잉 침입수/유입수(I/I)로 인한 침입수 운반 및 처리비용과 관거보수 비용을 비용-효과분석 과정을 통하여 최적의 관거보수 규모를 결정하고 있다. 이러한 관거 보수는 누수 및 관거월류수를 저감할 수 있는 규모이다.

4) 일본의 하수관거 관리

일본의 경우, 하수도 투자비의 약 76%를 하수관거 건설에 할당하고 있으며, 하수관거 총 연장은 1999년 말 기준으로 약 310,000km에 달하고 있다. 하수관거 건설 물량의 약 80%는 200mm이하 관경이며 이러한 소형관에는 주로 PVC 관을 사용하며, 다음을 도관을 사용한다.

관경이 300mm 이상인 하수관을 시공하는 경우는 국토교통성으로부터 국고보조금을 받아 시행하지만, 300mm 이하의 지선 관거를 포함한 소형관은 보조금 지급 대상이 아니다. 또한 하수관거정비 비용은 지방자치단체 소관이다. 하수관거 조사는 육안 또는 TV 카메라로 실시하고, 1999년에 조사한 하수관거 연장은 11,000km로서 전체 하수관거 연장의 3.5%에 달한다. 지선 관거의 경우, 조사할 주요 부위는 돌출부, 손상, 간극, 뿌리의 침입 및 침입수 등이며, 배수설비에서 발생하는 I/I량이 총 발생량의 약 45%를 차지하고 있다.

지선 관거는 교통 또는 공사 등으로 손상될 위험이 많으며, 최근 들어 지선 관거의 손상이 도로 함몰의 주원인인 것으로 판명됨에 따라 그 중요성이 제기되고 있다. 지선 관거는 통상적으로 교체를 하고 있지만, 굴착을 하지 않는 비굴착 개보수 공법이 많이 소개되고 있다.

최근 관거정비 사례로서 동경도의 하수대장정보시스템(SEMIS)을 통한 관리인데, 하수관거 유지관리 기준을 지침으로 설정 운영하고 있다. 예를 들어 유지관리기준은 맨홀청소는 3년에 1회, 관로청소는 5년에 1회, CCTV조사는 10년에 1회로 하고 있다. 고치현에서는 2000년부터 GIS 구축계획을 수립하여 2002년부터 데이터 공유형 GIS를 구축하였다. 구축된 GIS는 도로시설, 도시계획, 공원시설, 방재, 환경, 하수관거 등에 대한 GIS 시스템을 개별 구축한 후 본청 각 부서에서 보유하고 있는 기존의 GIS 정보와 통합하여 데이터 공유형 GIS를 구축하여 청 내외에서 활용할 수 있도록 하였다(이승원·심형섭, 2012).

5) 영국의 하수관거정비 신기술 동향 의 하수관거 관리

영국은 공공 및 민간투자자로 수많은 하수관거 개량 기술을 개발하여 성공적으로 기술보급이 진행되고 있다.

영국의 관거 연장은 1999년을 기준으로 약 302,000km가 부설되어 있으며, 이중에 약 20%가 주요 도로 및 건물에 인접하여 매설되는 중요 관거로 분류되고 있다. 또한 하수관거 총연장의 약 10%에 해당하는 30,000km가 정비 대상으로 조사되었으며, 지난 10여년 간 중요 관거를 기준으로 2,149km를 정비하였다.

특히 영국의 비굴착공법은 국제적인 표준 기준이 되었으며 pipe busting, slip lining, joint sealing, CIPP 및 sectional lining 등의 주요 하수관거 비굴착 공법으로 적용되고 있다.

3. 하수관거 유지관리 개선 방안

하수도의 본래 기능을 충분히 유지시키기 위해서는 관로시설의 유지관리가 적절히 실시되어야 하지만 현재 일선기관의 인력과 장비만으로는 효율적인 유지관리가 불가능하므로 유지관리 업무 중 위탁 가능한 부분에 대해서는 민간업자로 하여금 대행케 하는 위탁제도를 검토할 필요가 있다.

더불어 지하에 설치되는 각종 매설물(하수관거, 도시가스관, 통신케이블 등)이 하수관을 관통하는 것을 방지하기 위하여 관련부서에서는 감독업무를 철저히 하고 기존의 관통된 타 지하매설물에 대해서는 연차적으로 제거될 수 있도록 조치하여야 한다. 이를 위해서는 하수도 주무부서는 타 지하매설물(전기, 전화, 수도, 가스등)의 현황을 파악할 수 있는 대장을 관련부서로 부터 제출받아 비치, 열람함으로써 타 구조물의 이설에 따른 예산의 중복투자를 방지하고 시공 및 유지관리 업무의 효율성을 높일 수 있다.

그리고 하수도 주무부서에서는 하수도 현황 및 대장관리를 철저히 해서 효율적이고 지속적인 유지관리 및 통제가 가능하도록 하수도에 대한 각종 자료의 전산화를 추진함이 바람직하다. 이러한 하수관거의 효율적인 유지관리를 위하여 다음과 같은 방안을 제시한다.

1) 하수관거 정비지표 도입

우리나라에서 일반적으로 하수관의 보급지표로 사용되고 있는 것은 하수관거의 설치연장, 접속비율, 설비율 등이 있다.

하수관거 설치연장은 단순히 하수관거가 어느 정도의 길이로 설치되어 있는가를 의미하는 것으로, 최근에도 그 매설길이가 계속 증가하고 있고, 하수관거의 접속비율은 전체인구 중에 하수도의 혜택을

보고 있는 인구의 비를 나타내는 것으로서 대도시의 경우에 있어서는 하수관거의 주거인구 대비 접속 비율이 거의 100%에 달하고 있다.

한편, 하수관거의 설비율은 해당 도시에서 계획이 수립된 하수관의 연장에 비해 실제 설치한 하수관거의 비율을 나타내는 것으로서, 우리나라 전체에 대해서는 하수도 정비기본계획상 계획연장 92,391km의 63.5%에 달하고 있으며, 서울, 인천, 대구 등 대도시의 경우 90% 이상의 설비율을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다.

그러나 이들 지표는 외형적으로 어느 정도로 하수관이 설치되어 있는지를 나타낼 수 있을 뿐, 설치된 하수관거가 일정한 기준에 맞도록 설치되어 있는지 판별하는 기준은 아니다. 따라서 우수배제를 위해 설치된 하수도시설이 침수방지의 목표에 적합한 능력을 가지고 있는지를 평가하기 위해서는 이에 맞는 지표를 사용하여 현재 매설되어 있는 하수관거의 능력을 평가하고 이를 시민에게 공개할 수 있어야 한다.

2) 올바른 관거 선정 및 정밀 시공

하수관거는 도로의 최저부에 설치되기 때문에 한 번 시공된 하수관거의 잘못을 바로 잡으려면 많은 비용이 소요될 뿐만 아니라 교통체증 등의 문제를 유발하게 되어 대도시일수록 시행이 어렵다. 따라서 하수관거 공사시 알맞은 관중 선택과 올바른 시공이 이루어져야 한다.

하수처리장은 그 시설의 설치 여부 및 유지관리의 적정 여부에 대하여 외부로부터 여러 가지로 감사를 받게 되나 하수관의 부실에 대한 규제가 소홀하다. 하수관거가 오점, 손상 및 파손될 경우 하수의 원활한 흐름이 이루어지지 않을 뿐만 아니라 하천 및 해양과 지하수 및 토양을 오염시키며 심하면 토사의 침하에 의한 재난을 일으킬 수도 있으므로 엄격한 시공 관리가 요구된다.

3) 배수설비 전문 시공제 도입

오염원으로부터 발생하는 오수와 우수를 지체 없이 공공하수도로 연결하기 위한 배수설비가 완비되지 않고서는 하수도의 목적을 달성할 수 없는데도 불구하고 현재 건축주가 시공하게 함으로써 오·접합 등의 부설시공의 원인이 되고 있는 실정이다. 따라서 배수설비 전문 시공제를 도입하여 전문 인력과 장비를 보유한 전문 업체에서 시공하게 함으로써 배수설비의 정밀시공을 확보해야 한다. 그리고 배수설비 시공 및 업체관리는 담당공무원이 자재검수와 배수설비 성능검사를 시행해야 할 것이다.

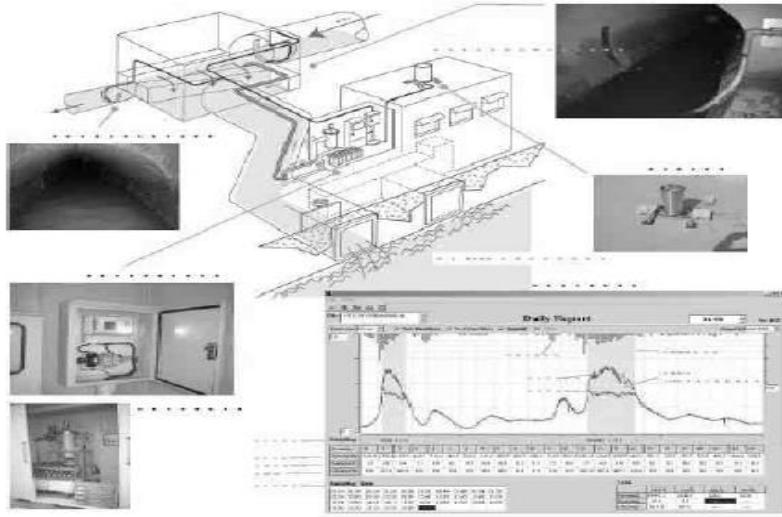
4) 통합유지관리시스템 구축

앞서 효율적인 하수관거 유지관리 방안으로 제시한 하수관거 정비지표도입, 올바른 관거 선정 및

정밀시공, 배수설비 전문 시공제 도입이라는 과제가 보다 효율적이고 원활하게 진행되기 위해서는 하수관거 통합유지관리시스템구축이 무엇보다 우선되어야 할 것으로 판단된다. 하수관거 통합유지시스템은 관거 내에 유량을 실시간으로 측정하여 하수관거 기초자료와 함께 DB로 구축하는 것을 의미하며, 하수관거 이상유무 파악, 과거 부실도 정량분석, 유지관리 원격 체계 등의 작업을 수행하도록 설계된다. 하수관거는 지하에 시공된다는 특성 때문에 시공 후에는 관거 상태를 파악하기 어렵다. 그렇기 때문에 기존의 관거 조사방법인 육안조사, CCTV조사, 염료추적조사, 음향조사 방법 등은 비용이나 정확도 면에서 많은 문제점을 안고 있으며, 이로 인한 하수관거 정비 불량은 하수종말시설로의 유입량이 과다하게 되어 보다 근본적인 차원에서의 종합적인 하수관거 정비 및 지속적인 관리가 요구되고 있기 때문이다. 또한 관거 사업의 지속적 증대 전망은 하수관망의 효율적인 운영과 통합관리시스템의 구축이 요구된다. 즉, 자동화된 하수관거통합운영시스템 가동이 필연적일 수밖에 없어 이에 대한 정부와 민간 공동의 관심과 지원이 절실히 요구된다.

(1) 유지관리 모니터링 시스템

하수관거통합유지관리시스템을 구축하기 위해서 우선, “하수관거 유지관리모니터링시스템”이 구축되어야 한다. 동 시스템의 구축 목적은 하수관거 정비사업에 대해 사업 시행 전과 시행 후의 사업효과 검증과 관거정비 후 관거 시설의 지속적인 모니터링을 통한 기초자료 축적을 위하여 하수의 발생지점으로부터 하수처리장에 이르는 관거 시설의 항구적이고 총괄적인 유지관리를 위한 것이다. 기존 하수관거로의 침입수/유입수(I/I) 및 누수 저감 대책과 미처리된 월류수에 의한 수질오염 사전 예방, 침수방지 등 하수관거 기능을 극대화 할 수 있는 하수관거 정비체계를 구축하여 상수원 및 연안 수질보전과 재정 투자에 대한 사업 효과의 증대를 목적으로 하는 것이다. 특히, 동 시스템의 환경적 측면, 시스템 운영적 측면, 사회적 측면을 고려하여 사업범위를 정의하고, 효율적인 하수관거 관리, 지속적인 환경 개선, 긴급 상황에 대한 신속대처 등의 효과를 기대할 수 있는 시스템으로 발전될 수 있을 것이다. 최근 상하수도시스템에서는 지속적으로 공급되는 상·하수량을 실시간으로 감시하고, 제어하기 위한 장치와 기술개발이 이루어지고 있다. 하수관거 유지관리 모니터링 시스템도 이러한 기술의 일환으로 볼 수 있으며, 계측센서, 네트워크시스템, DB 시스템 등의 관련 산업이 연계되어 있다(이두진, 2006).



※ 출처: 이두진, 2006

<그림 1> 하수관거 통합유지관리 시스템 개요

(2) 하수관거정비의 효과 분석 시스템

효율적인 하수관거정비를 위해서는 기존에 부설된 관거를 정밀조사하고, 조사결과에 근거하여 정비 계획, 설계를 수행해야 한다. 관거 정비는 판단기준에 의하여 개·보수 대상 관거 및 공법 등이 선정 되어 복잡한 과정을 통하여 실시되지만 정비된 지역의 관거가 어떻게 충실하게 정비되어 기존 하수관 거 문제를 어느 정도로 해결하였는지에 대해서 확인하는 과정은 마련되어 있지 않다. 또한 정비 상태 를 알 수 없으므로 적용된 정비방향의 적정성을 확인할 수 없을 뿐만 아니라 정비사업이 실시된 지역 에서 하수관거를 효율적으로 관리 할 수 있는 방향 및 대책을 마련하기 어렵다. 따라서 관거 정비에 대한 효과와 정비 상태를 확실하게 나타낼 수 있는 정량화된 구체적인 효과 분석방법이 필요하다.

(3) 지하매설물 연동 시스템

하수관거 등 지하매설물은 가시성(visibility)이 없기 때문에 대형사고가 발생하고 경제적으로 큰 손 실이 생긴 후에 그 문제점이 발견되는 경우가 많다. 적절한 보수·보강 및 갱생기술을 선택함에 있어 중요한 사항은 관거를 포함한 지하의 하부구조에 관한 정보이다(이현동·곽필재, 2007). 앞으로는 모 든 시설물을 실시간 네트워크로 연결, 원격 모니터링 할 수 있는 범국가적 종합안전관리시스템이 가능해질 것이고, 도시 전체에 유비쿼터스 환경을 구현한 유비쿼터스 도시의 탄생이 활발해질 것이다. 그리고 지하매설물 분야에는 사람의 주민번호와 같은 전자식별자(UFID : Unique Feature Identification)를 지하매설물에 설치, 유지 보수하는 지하매설물 탐색시스템이 보편화될 것으로 예상된다. 더욱이 상하수도, 가스 전기, 통신 등의 7개 지하매설물을 한눈에 파악할 수 있는 통합도시정보관 리시스템 구축이 GIS(지리정보시스템)의 응용기술발달에 힘입어 지자체별로 활발히 추진되고 있는 실

정이다. 실제 2011년도 상수도 GIS 구축현황을 살펴보면 전국평균 65.7%이며 서울, 부산, 대구, 인천, 대전, 울산은 각각 100%로 특·광역시외의 경우 GIS 구축율이 높은 반면 시·도 지역은 상대적으로 구축현황이 낮게 나타났다(국가상수도정보시스템). 하지만 하수관거의 GIS 구축현황은 전국적인 통계자료가 없는 상황이다.

우리는 여기서 상수도 분야의 정확한 DB구축과 활용이 수자원 뿐 아니라 도시정보화의 중대한 요소라는 점을 확인할 수 있으며, 시민 불편 최소화 및 국가 예산 절감 차원에서도 지하매설물과의 연계성을 고려한 통합유지관리시스템을 구축해야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 하수관거의 기능이 우수배제를 위한 방재적인 측면과 더불어 수질오염방지 시설로의 기능에 대한 중요성이 점점 부각됨에 따라 하수도사업의 효율성을 제고하기 위하여 노후화·불량화된 관거 시설을 효율적으로 정비하고, 설치된 하수관거의 효율적인 유지관리 방안을 제시하는데 그 목적을 두고 있다.

본 연구에서는 국·내외 하수관거 정비방향과 정책 그리고 현행 하수관거의 문제점을 파악하여 효율적인 유지관리 방안을 제시하였다.

첫째, 하수관거 정비지표를 도입해야 한다. 일반적으로 하수관의 보급지표로 사용되고 있는 것은 하수관거의 설치연장, 접속비율, 설비율 등이다. 하지만 이들 지표는 외형적인 지표로서 설치된 하수관거가 일정한 기준에 맞도록 설치되어 있는지 판별하는 기준이 아니다. 따라서 우수배제를 위해 설치된 하수도시설이 침수방지의 목표에 적합한 능력을 가지고 있는지를 평가하기 위해서는 하수관거 정비지표를 도입해야 한다.

둘째, 하수관거의 유지관리 현황을 전산화하여 관리해야 한다. 현재 전국의 하수관거는 방대한 연장이지만 부설연도, 개보수연혁, 제원 등의 관거 연혁이 제대로 구축되어 있지 않아 계획·설계 시에 정비대상 관거 및 관거 상태에 적합한 정비방법을 선정하기 어려운 요인으로 작용하고 있다. 현재 진행되고 있는 관거 정비에서 사업이 실시된 배수분구에 대해서는 관거의 조사자료 및 정비 상황에 대해 지속적이고 연계성 있는 관리, 정확한 준공도면의 전산화 및 통합관리가 시급히 이루어져야 한다.

셋째, 하수도의 효율성을 높이기 위해서 하수관거가 제 기능을 다 할 수 있도록 주기적인 유지관리와 정비사업에 최선을 다해야 한다. 그리고 하수에 대한 처리구역별 주기적인 하수관거조사를 위해 첨단장비를 활용하여야 하며, 객관성을 확보하는 것이 효과적이다. 이를 위해 우리나라도 하수도 선진국을 벤치마킹하여 국내 실정에 맞는 핵심기술 및 최신기술을 도입, 개발하는 데 총력을 기울여야 할 것이다.

마지막으로 신뢰성이 확보되는 하수관거통합유지관리시스템을 구축해야 한다. 실시간 모니터링 및

시간에 따른 관망 수위변화에 대한 요인을 도출하여 정확한 관망흐름을 분석하고, 이를 근거로 부정류해석, I/I해석, CSO해석, 누수량분석, 수질제어, 수질모델링, 하수관망 모델링을 통하여 하수관거 정비사업효과를 정확히 파악하고 하수관거 교체 우선순위결정 및 비용 산정 등 선진화된 하수관거 운영 및 관리를 실현하도록 해야 한다.

참고문헌

- 국가상수도정보시스템. <http://www.waternow.go.kr/>
- 경기개발연구원. 2000. 경기도 하수관거 실태와 효율적인 관거정비 및 유지관리 방안 연구. 경기: 경기개발연구원.
- 박상진, 박재로, 김이태, 백영석. 1995. 국내 하수관거정비를 위한 실태조사 연구. 대한토목학회지 학술발표대회 논문집. 서울: 대한토목학회. 580-583.
- 박재성. 2007. 국내 하수관거 정비사업의 필요성 및 현황. 대한토목학회지. 55(6): 135-143.
- 송호면, 정철권, 구자용. 1999. 하수관거 정비공법의 품질관리-비굴착 공법을 중심으로. 대한토목학회지. 47(11): 34-47.
- 오창수, 정동환. 2008. 하수관거정비 BTL사업의 결과분석 및 당면과제. 대한토목학회지 학술발표대회 논문집. 서울: 대한토목학회. 3140-3143.
- 이두진. 하수관거 정비사업의 새로운 시도와 과제. 계간 상하수도. 2006 여름호. 130-139.
- 이승원, 심형섭. 2012. GIS를 활용한 하수관거 정비사업 감사접근 방안연구. 감사연구원.
- 이현동, 광필재. 2007. 국내 및 국외 하수관거의 기술동향 분석과 상태평가. 환경포커스. 18: 36-45.
- 여민국, 김승권, 김재희, 김중훈. 2004. 불명수 발생량의 불확실성을 고려한 하수관거정비 정책 수립을 위한 추계학적 최적화 모형. 대한토목학회지. 24(10): 15-21.
- 장대환. 2009. 하수관거정비의 타당성 평가모델 개발 및 하수관거 조사체계 개선에 관한 연구. 서울시립대학교 박사학위논문.
- 정철권, 박규홍. 1999. 하수관거정비의 필요성 및 추진방법. 대한토목학회지. 47(11): 5-11.
- 진효연. 2010. 하수관거정비사업의 효과분석에 관한 연구. 조선대학교 대학원 석사학위논문.
- 최창호. 2005. 국내 하수관거의 효율적인 유지관리 방안에 관한 연구. 연세대학교 대학원 석사학위논문.
- 최계운, 이호선. 2007. 하수관거 정비사업 성과측정 및 유지관리모니터링 시스템. 대한환경공학학회지. 29(8): 857-863.
- 환경부. 2010. 하수관거 보급률. 서울: 환경부.
- 환경부. 2000. 하수관거 유지관리 지침. 서울: 환경부.

FEMA. <http://msc.fema.gov/webapp/>

Kopecny, E., S. Entem., A. Lahoud, A. Moeller, L. Yde, and M. Soilier. 1999. *Real Time Control of the Sewer System of Boulogne Billancourt a Contribution to Improving the Water Quality of the Seine*. 3rd DHI Software conference. 1-9.

WEF and ASCE. 1994. *Exiting Sewer Evaluation and Rehabilitation. Manual of Practice FD-6 & ASCE Manual and Report on Engineering Practice*. 62: 68-76.

박종석: 전남대학교에서 공학 박사학위를 받고(논문: 하천 수질개선 우선순위 결정을 위한 등급화 모델 개발. 2012년 8월), 현재 전남대학교 토목공학과 강사로 재직 중이다. 수자원 위기, 기후변화, 수처리, 수질 모델링이 주요 관심분야이며, 주요 논문으로는 “다변량 분석기법을 이용한 영산강 유역의 수질변화 특성 연구(2012)”, “농업용저수지 수문학적 안전성 평가 항목 및 지표 개발(2014)” 등이 있다(victorypjs@jnu.ac.kr).

이경훈: 미국 미주리주 주립대학교에서 공학 박사학위를 받고 현재 전남대학교 토목공학과 교수로 재직 중이다. 하천에 대한 수문학적 해석, 유체 흐름에 대한 수리학적 해석, 환경영향평가 등이 주요 관심분야이며, 대표연구로 “다변량 분석기법을 이용한 영산강 유역의 수질변화 특성 연구(2012)”, “농업용저수지 수문학적 안전성 평가 항목 및 지표 개발(2014)” 등이 있다(water@jnu.ac.kr).

오창주: 전남대학교에서 공학 박사학위를 받고(논문: 그래프 이론을 이용한 차단밸브의 최적 선정기법 연구. 2001년 2월), 현재 전남과대학교 토목지적학과 교수로 재직 중이다. 상하수도, GIS 등이 주요 관심분야이며, 대표 논문으로 “상수도 관망내 밸브 개폐에 따른 수리적 특성 변화(2005)”, “소독방법에 따른 상수도 배,급수 수질모델링(2006)” 등이 있다(cjoh21@hanmail.net).

오창림: 전남대학교 대학원에서 박사과정(수자원/수공학)을 수료하고, 현재 광주광역시청에 재직 중이다. 주요 관심 분야는 수자원, 상하수도, 기후변화, 수질 모델링, 방재수리학 등이다(ocr@korea.kr).

윤양실: 전남대학교 대학원에서 박사과정(수자원/수공학)을 수료하고, 현재 (주)미래건설안전 대표이사로 재직 중이다. 사면안정, 수질관리, 기후변화, GIS 등이 주요 관심분야이다(yys9900@naver.com).