

하수관거정비사업의 사업효과 분석 및 유량계 설치 개선방안에 관한 연구

안대훈⁺ · 김종오*

한국환경공단 수도통합서비스센터

* 국립경상대학교 도시공학과

Analysis on Effectiveness of Sewer Rehabilitation Project and Study on Improvement of Fixed Flow Meters

Dae Hoon An⁺ · Jong Oh Kim*

Water Supply Total Service Center, Korea Environment Corporation

* Department of Urban Engineering, Gyeongsang National University

요 약

하수관거정비 임대형민자사업(BTL)은 많은 예산이 투입되어 전국적으로 시행되었으나 사업시행 후 나타난 사업효과에 대한 종합적인 검토는 미흡한 실정이다. 또한, 일부 사업의 경우 준공 후 측정된 유량 Data의 신뢰성 문제 및 과도한 I/I(침입수/유입수) 발생량 등으로 인해 사업의 성과에 대한 문제제기와 I/I지표의 운영평가 적용과 관련한 논란이 지속적으로 제기되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 '05년 JC군 하수관거정비 임대형민자사업(BTL) 등 시설물 준공 후 운영 성과평가가 진행 중인 연구대상 사업 15개 사업에 대하여 사업효과분석, 유량계 설치 실태 분석 및 개선방안 등을 검토하였다. 검토결과 하수관거정비 임대형민자사업(BTL) 시행 후 하수처리장 운영효율 개선, 하수관거 침입수 발생비율 저하, 주변하천 수질개선 등의 효과가 나타난 것으로 분석되었으며, 유량계 설치 및 운영 현황 조사결과 나타난 주요 문제점에 대해서는 본 연구의 개선방안 적용시 보다 신뢰성 있는 유량 데이터가 확보될 수 있는 것으로 검토되었다.

핵심용어 : 하수관거정비사업 사업효과, 고정식유량계, 침입수/유입수

Abstract

Even though a sewer rehabilitation BTL project has been executed throughout the nation with the input of a significant amount of budget, the overall review on effectiveness of the project is insufficient. And disputes over effectiveness of the project and of the employment of I/I indexes for evaluation of the project are continued due to reliable issues of flux data which has been measured after completion of certain projects and excessive amounts of I/I. Thus, this study has reviewed effectiveness of the project, current status and problems of the installation of fixed flow meters as well as countermeasures based on 15 projects subject to the operation performance evaluation after the completion of the project. The review on operation of the project has revealed that sewer rehabilitation BTL projects are significantly effective and highly effective on reducing a rate of infiltration water. The review on the employment of proper countermeasures for main issues revealed during the investigation on the installation and operation of fixed flow meters has shown that such countermeasures could result in securing more reliable flux data.

Keywords : Effectiveness of Sewer Rehabilitation, Fixed Flowmeter, I/I

1. 서론

정부에서는 하수관거 정비를 통해 하수관거 기능의 향상과 하수처리장 운영효율 개선, 공공수역 수질개선, 주민 생활환경 개선을 유도하고자 2002년을 '하수관거 특별정비 원년의 해'로 선포하고, 2003년 팔당댐 상류 지역 9개 지자체에 대한 한강수계 하수관거정비사업을 추진하였으며, 2005년 하수관거정비 임대형민자사업

(BTL), 2006년 댐상류하수도시설 확충사업 등의 대대적인 하수관거정비사업을 추진하였다.

이 중 하수관거정비 임대형민자사업의 경우 단기간 내에 하수도보급률을 향상시키고, 경기부양 및 지역경제의 활성화, 신규일자리 창출 등을 위하여 2005년 17개 사업을 시작으로 2012년 말까지 97개의 사업(사업비 약 7조)을 추진하였으며, 이 중 57개 사업이 준공 및 운영에 이르게 되었다.

+ Corresponding author : an1038@hanmail.net

이렇듯 하수관거정비 임대형민자사업은 많은 예산이 투입되어 전국적으로 시행 되었으나 사업시행 후 나타난 사업효과에 대한 종합적인 검토는 미흡한 실정이며, 일부 사업의 경우 준공 후 측정된 유량 Data의 신뢰성 문제 및 과도한 I/I (침입수/유입수)발생 등으로 인해 사업의 성과에 대한 문제제기와 I/I지표의 운영 성과평가 적용과 관련한 논란이 지속적으로 제기되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 '05년 JC군 하수관거정비 임대형민자사업 등 시설 준공 후 운영 성과평가가 진행 중인 연구대상 사업 15개(2005년 8개소, 2006년 7개소) 사업에 대하여 사업시행에 따른 사업효과를 검토하였으며,

유량계 설치·운영 실태를 분석하여 개선방안을 제시함으로써 신뢰성 있는 유량 Data를 확보하고자 하였다.

2. 연구대상 및 방법

전국에서 추진 중인 하수관거정비 임대형민자사업 중 시설물 준공 후 운영 성과평가가 진행되고 있는 2005년 ~ 2006년 사업 중 15개 사업을 연구 대상지역으로 선정하였으며, 대상지역에 대한 사업효과분석, 유량계 위치별 설치현황 및 측정 Data의 분석, 주요 문제점별 개선방안을 검토하였으며, 연구 대상지역 현황은 Table 1과 같다.

Table 1. Studied Projects

Year of Project	Target area	Remarks
2005 BTL Projects	JC-gun, MP-si, DY-gun, GJ-si, S1-si, NS-si, JU-si, MS-si	8 Regional
2006 BTL Projects	S2-si, JJ-si, PJ-si, HC-gun, CA-si, KS-gun, YS-si	7 Regional

2.1 하수관거정비 임대형민자사업의 사업효과 분석

연구대상 사업에 대한 기본 및 실시설계보고서, 성과보증 결과보고서, 하수도 통계연보(환경부), 공공하수처리시설 운영현황(환경부), 운영단계의 유량 측정자료 등을 검토하여 하수관거정비 임대형민자사업 시행 전·후의 하수처리장 유입 유량 및 수질, 오염부하량 변동 현황 분석을 통해 하수처리장의 운영효율 개선효과를 분석하였다. 또한, 하수관거의 유량계 설치지점별 공사 전·후 및 운영기간 동안의 일최대오수량 대비 침입수 발생 현황을 검토하였으며, 대상구역 주변하천의 공사 전·중·후 수질측정 자료를 검토하여 하수관거정비 임대형민자사업 시행에 따른 사업효과를 분석하였다.

2.2 하수관거정비임대형민자사업 고정식유량계 설치현황 조사

2012년 7월 기준 하수관거정비 임대형민자사업을 시행 또는 추진 중인 92개 지자체를 대상으로 설문조사를 실시하여 설문에 응답한 78개 사업에 대하여 고정식유량계의 형식 및 수량, 특성 등의 고정식유량계 설치현황을 조사하였으며, 연구대상 15개 사업에 대해서는 유량계 설치위치 및 지점의 특성, 유량계 형식 및 제조사, 관경, 평균유량 등의 현황을 조사하였다.

또한, 연구대상 사업에 대해서는 유량계 설치지점별로 유량계 설치공사 시방서, 하수관거 유량계 설치 및 유지관리 매뉴얼(환경부, 2008) 등에서 공통적으로 제시하고 있는 아래 Table 2 및 Table 3의 유량계 설치장소 선정조건 및 유량계 종류별 설치조건에 따라 설치현황의 적정성을 검토 하였으며, 지점별 유량 Data의 패턴 등을 검토하여 수집된 Data의 적정성 등을 검토하였다.

Table 2. Flowmeter Installation Site Selection Conditions

Flowmeter Installation Site Selection Conditions(Common)	
Main Content	(1) The pipe is Linear and the flow of Sewage is Stable Point (2) Fluid Velocity is 0.6m/s ~3.0m/s Point (3) Electrical interference, or low impact Point (4) Vibration and Shock is little or no Point (5) Fluid Congestion is little or no Point (6) Pump Operation and Hydrological work of Sewage Treatment is not affect Point

Table 3. Flowmeter Installation Criteria by Type

Type	Division	Existing Installation Conditions (Manufacturer Specifications)	Recommends Installation Conditions
PB Flume	water Level	· Minimum : Unlimited · Maximum : Below the Full Pipe	· Minimum : Unlimited · Maximum : Diameter less than 80%
	Slope	· Less than 2 %	· Horizontally
	Diameter	· All Diameters by the Manufacturer to Support	· Installation must be installed After Precision in Diameter
Ultrasonic	water Level	· 0 ~ 2,000 mm	· Minimum : More than 5 mm · Maximum : 2,000 mm
	Slope	· Unlimited	· Unlimited
	Diameter	· All Diameters by the Manufacturer to Support	· Installation must be installed After Precision in Diameter
Electric	water Level	· 0 ~ 5,000 mm	· Minimum : More than 3 mm · Maximum : 5,000 mm
	Slope	· Unlimited	· Unlimited
	Diameter	· All Diameters by the Manufacturer to Support	· Installation must be installed After Precision in Diameter
Venturi Flume	water Level	· Minimum : Unlimited · Maximum : Below the Full Pipe	· Minimum : Unlimited · Maximum : Below the Full Pipe
	Slope	· Less than 2 %	· Less than 2 %
	Diameter	· All Diameters by the Manufacturer to Support	· Installation must be installed After Precision in Diameter

2.3 유량계 설치지점 개선을 위한 현장조사

유량계 설치실태 조사결과 유량계 설치 개선이 필요한 지점에 대해서는 측정지점 및 유량계 형식 변경, 설치방법 개선, 유량계 추가설치 여부 등의 개선방안을 검토하였다. 개선방안 검토시에는 도상 및 현장조사를 통해 대체지점을 선정하고, 이동식 유량계(면속식 및 Flume식)를 7일 이상 설치하여 수집된 유량 Data의 신뢰성 등을 검토하여 대체 설치지점 및 개선방안의 적정성을 검토하였다.

3. 조사결과 및 고찰

3.1 하수관거정비 임대형민자사업(BTL)의 사업효과 분석

3.1.1 하수처리시설 운영 개선효과 분석

하수처리시설 운영 개선효과에 대한 분석은 15개 연구대상 하수관거정비 임대형민자사업(BTL)과 연계된 22개 하수처리시설을 대상으로 사업 전·후 효과를 분석하였다.

하수처리시설의 유입유량 변동현황에 대한 분석결과는 Fig. 1과 같이 공사 전 유입유량은 평균 35,852m³/일

에서 공사 후 32,502m³/일로 감소한 것으로 나타났으며, 평균 계획 시설용량은 49,700m³/일 인 것으로 나타났다.

또한, 연구대상 시설 총 22개 시설 중 10개의 하수처리장에서 평균 유입유량이 감소되었으며, 12개 하수처리장은 평균 유입유량이 증가된 것으로 조사되었다.

하수관거정비 후 평균 유입유량 감소의 원인은 ① 하수관거정비사업에 따른 관거기능 향상으로 불명수(ILI) 저감, ② 우수토실 폐쇄에 따른 유입수 저감 ③ 처리구역 내 신설 하수처리시설 건설 등으로 판단되며, 평균 유입유량 증가의 원인은 ① 하수관거정비 사업으로 대상처리구역 확대(유입 배수설비 증가) ② 시설물의 수밀성 및 내구성 증가로 인한 누수방지 ③ 인구증가로 인한 오수관 신설 및 하수발생량 증가 등의 효과로 예상된다.

연구대상 사업과 연계된 하수처리시설의 수질측정 자료를 검토한 결과 Fig. 2와 같이 평균 계획수질(BOD)은 151.4mg/L로 조사되었으며, 하수관거정비 사업 전 평균 유입수질은 86.9mg/L에서 사업 후 143.9 mg/L로 약 166% 개선된 것으로 분석되었다.

JJ지역을 제외한 21개 하수처리장에서 유입수질이 증가하였으며, 불명수량의 감소 및 정화조 폐쇄에 따른 분뇨 직투입 등이 수질증가의 원인으로 판단되었다.

아울러, 대상시설의 오염부하량 개선효과는 Fig. 3과

같이 공사 전 평균 3,809kg에서 공사 후 평균 5,565kg으로 증가되어 공사 전에 비해 약 146% 증가된 것으로 분석되었으며, YS시 등 2개 하수처리장을 제외하고 사업 후 오염부하량이 증가된 것으로 나타났다.

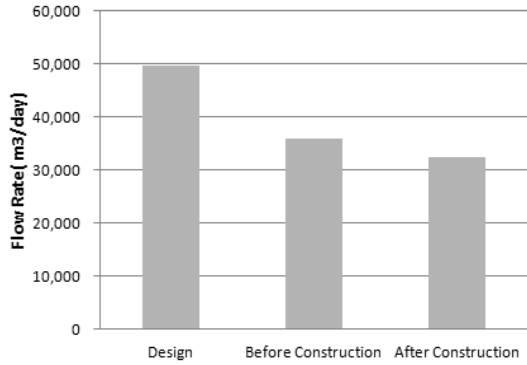


Fig. 1. Analysis on Flow Rates Before/After Sewer Rehabilitation BTL Projects

따라서, 연구대상 지역과 연계된 하수처리시설은 하수관거정비 사업진행 후 계획수질 대비 유입수질의 증가, 오염부하량 증가 등의 결과를 볼 때 하수처리장 운영효율이 개선된 것으로 판단되었다.

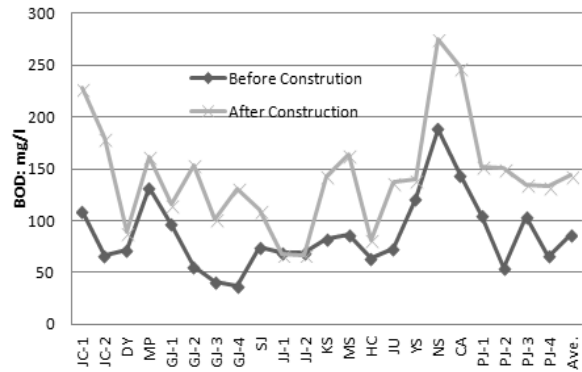


Fig. 2. Analysis on Inflow BOD Before/After Sewer Rehabilitation BTL Projects

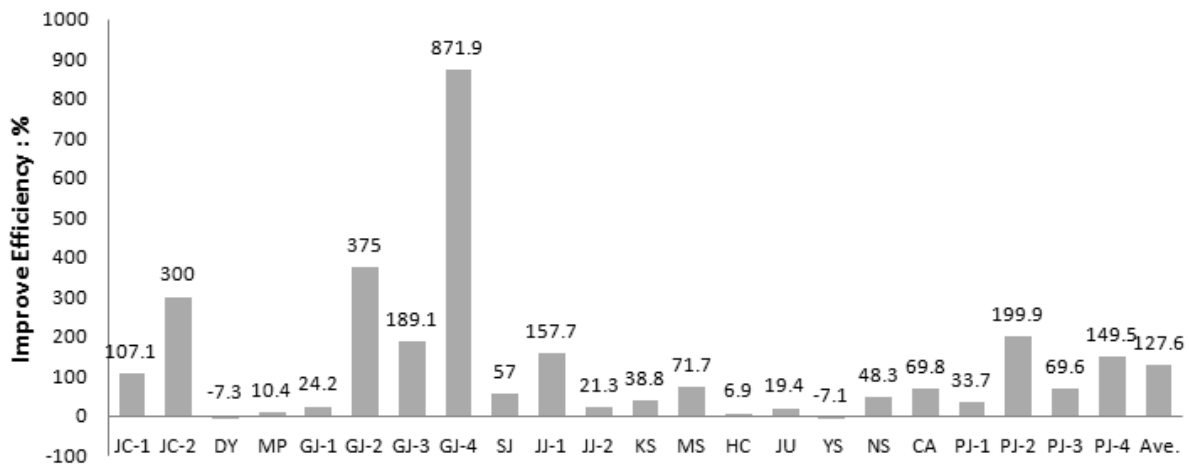


Fig. 3. Improvement on Pollutant Loads After Sewer Rehabilitation BTL Projects for each area

3.1.2 하수관거 침입수 발생비율 개선효과 분석

연구대상 15개 사업에 대하여 사업 전·후의 침입수 분석결과에 대한 검토와 운영단계의 침입수 분석결과를 비교 검토하였다. 사업 전의 분석결과는 기본 및 실시설계 자료를, 사업 후의 분석결과는 준공시의 사업효과 분석보고서 자료를 활용하였으며, 운영단계의 침입수 분석은 운영사로부터 수집한 유량측정 결과 등을 활용하였다.

연구대상 15개 사업 중 공사 전·후 유량 및 수질조사를 수행한 14개 지역에 대하여 침입수비율(일최대오수량 대비 침입수량)을 분석한 결과 Fig. 4와 같이 공사 전 평균 57.1%, 공사 후(준공시) 평균 15.6%로 나타났으며, 사업별로 개선효과는 상이하지만 사업 전에 비해 침입수 비율의 저감이 큰 것으로 검토되었다. 공사 전에 비해

공사 후 침입수 발생비율 감소 요인은 기준관로 개보수 및 배수설비 정비에 따른 불명수 저감이 요인으로 예측되었다.

또한, 사업 준공시(공사 후)의 침입수 비율과 운영단계시의 침입수 비율을 검토한 결과 Fig. 5와 같이 준공시 평균 17.1%에서 운영단계 평균 20.5%로 다소 증가된 것으로 분석되었다. 운영단계시의 침입수 분석은 운영 중 유량측정 및 분석결과 제시된 11개 대상지역에 대한 자료를 활용하였으며 일최대오수량 대비 침입수 발생비율을 적용하였다.

준공 시 대비 운영 단계시의 침입수 비율이 다소 증가된 원인은 준공시와 운영시에 적용된 ① 침입수 분석 방법의 상이, ② 조사대상 지점의 상이, ③ 조사시간 및 시기의 상이, ④ 관거의 노후화 등의 원인이 있을 것으로 예측되었다.

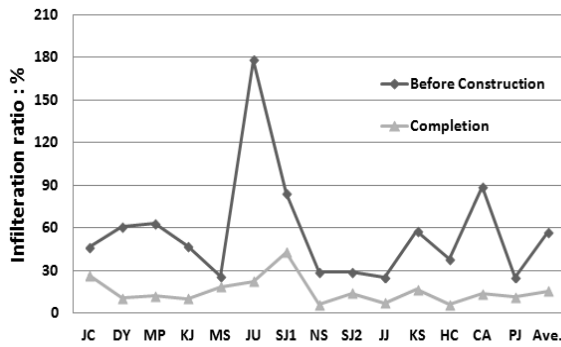


Fig. 4. Analysis Results of Infiltration Rates on Before Construction and Completion

하수관거정비 BTL사업의 진행 단계별 하수관거의 침입수 분석결과 운영단계에서 준공시 보다 다소 높게 나타났으나, 공사 전에 비해 공사 후(준공시) 침입수 발생 비율이 평균 72.7% 저감된 것으로 볼 때 사업시행에 따른 효과가 발생한 것으로 판단되었다.

3.1.3 사업구역 주변하천 수질 개선효과 분석

연구대상 15개 사업 중 준공시 주변하천 수질분석 결과가 제시된 6개 사업 18개 지점에 대하여 사업 전·중·후 하천수질 개선효과를 분석하였다. 분석결과 18개 지

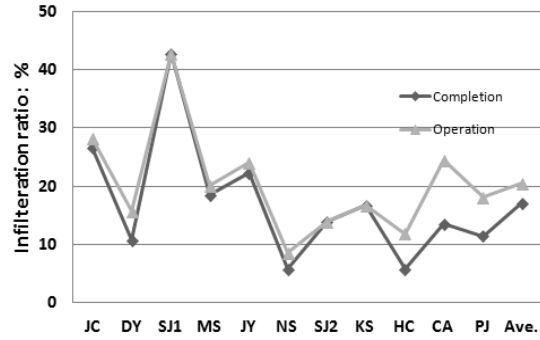


Fig. 5. Analysis Results of Infiltration Rates on Completion and Operation

점의 평균 BOD 농도는 공사 전 9.7mg/L, 공사 중 5.8mg/L, 공사 후 4.1mg/L로 나타났으며, 하수관거 사업 후 평균 135%의 하천수질 개선효과가 있는 것으로 분석되었다. 또한, 18개 하천수질 조사 지점 중 Fig. 6과 같이 16개 지점에서 BOD 농도가 저감된 것으로 나타나 하수관거정비 임대형민자사업 시행에 따라 공공구역 수질개선 효과가 나타난 것으로 판단되었으며, R3 지점 등 2개 지점의 경우 하천수질 측정시기의 상이로 인해 계절적 영향 등으로 인해 농도가 다소 증가된 것으로 판단되었다.

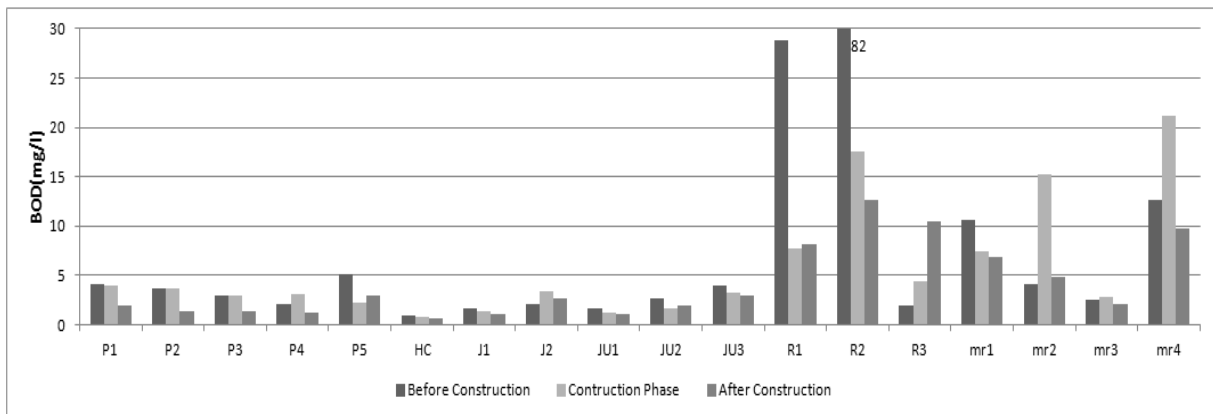


Fig. 6. Changes in Stream Water Quality(BOD) for each Point







3.2 고정식유량계 설치현황 및 운영실태 조사

3.2.1 전국 하수관거정비임대형민자사업 고정식유량계 설치현황

우리나라 하수관거정비 임대형민자사업의 고정식 유량계 설치현황은 92개 사업 중 설문에 응답한 78개 사업장을 대상으로 조사하였으며, 78개 사업 중 15개 사업

은 유량계 미설치 또는 업체 미선정 등의 사유로 집계에서 제외하였다. 조사결과 Table 4와 같이 국내 하수관거 BTL사업에 적용된 고정식 유량계는 초음파식, 전자식, 만관식, 레이더식, 벤츄리플룸식 총 5개 타입이 432개 설치된 것으로 나타났다. 이중 초음파식 유량계가 전체 설치 유량계 중 약 77%(332개소)로 가장 많이 설치된 것으로 조사되었고, 전자식, 만관식, 레이더식, 벤츄리플룸방식 순으로 설치된 것으로 나타났다.

Table 4. Status on Types of Fixed Flow Meters Installed for Sewer Rehabilitation BTL Projects

Division	Total	Ultrasonic	Electric	Pull pipe	Raider	Venturi Plume	
EA	432	332	86	8	5	1	
Ratio(%)	100	76.9	19.9	1.9	1.2	0.2	
		Ultrasonic		Electric	Pull pipe	Raider	Venturi Plume
							

3.2.2 연구 대상지역의 고정식 유량계 설치현황

연구대상 15개 지역에 대한 고정식유량계 설치현황을 조사한 결과 총 88개 유량계 중 초음파식유량계 46개소,

전자식유량계 37개소, 레이더식 유량계가 5개소 설치되어 있는 것으로 나타났으며, 설치현황 및 모델은 아래의 Table 5와 같다.

Table 5. Status on Installation of Fixed Flow Meters in Study Areas

Division	Ultrasonic		Electric	Raider	Total
	GreenTec (MACE)	ISCO	Woojin	HACH	
	SmartFlo	2150	4411e	FLO-DAR	
Subtotal	42	4	37	5	88
Total	46		37	5	

3.2.3 고정식유량계 설치 및 운영 주요문제점 검토결과

연구대상 사업에 설치된 88개소의 고정식유량계 설치-운영 현황을 조사한 결과 Fig. 7과 같이 총 88개소의 고정식유량계 중 54개소(약 61.4%)의 유량측정 지점은 양호 또는 성과보증이 가능할 것으로 판단되었으나 34개소(약 38.6%) 지점은 유효 Data 확보율 저하 등으로 불량한 것으로 검토되었다. 하지만, 88개소 지점 중 유효 Data확보율이 낮은 34개소 지점 및 사업 외 지역 유입하수 등의 영향을 받는 17개 지점의 경우 I/I 성과보증을

위해서는 유량계 설치위치 개선 또는 I/I 분석결과 활용시 보완이 필요할 것으로 검토 되었다. 고정식유량계 설치실태 조사결과 설치-운영 개선이 필요할 것으로 검토된 51개 지점에 대한 주요 문제점별 현황은 Fig. 8과 같이 펌프장 및 기타시설물 운전영향(32%), 사업 외 지역 하수 유입(29%), 저수위 지점의 유효 Data 확보율 저하(22%), 차집관거 및 하수처리장 영향(13%) 등의 문제점이 있는 것으로 조사되었다.

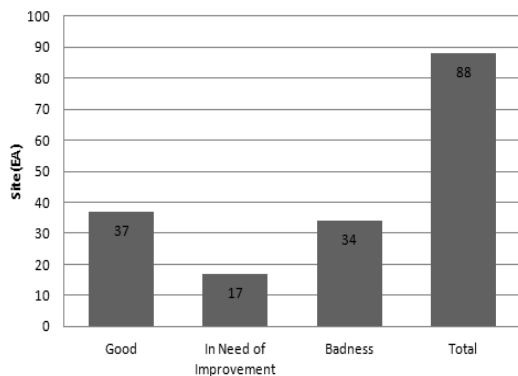


Fig. 7. Survey Results on Installation & Operation of Fixed Flow Meters

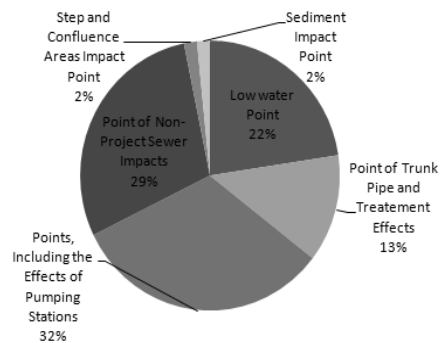


Fig. 8. Status of Major Issues on Installation & Operation of Fixed Flow Meters

3.3 고정식유량계 설치 및 운영 개선방안

3.3.1 유량계 설치 부적합 지점에 대한 개선방안

대상지역 중 DY군 F-3지점과 같이 유량계 설치지점이 저수위(저유량)인 경우 Fig. 9의 (a), (b)와 같이 측정 Data의 비정상(Data 불규칙 및 “-”유량 과다발생) 및 수위-유속 상관관계가 낮은 것으로 나타났으나, 유량이 확보될 수 있는 하류지점으로의 이동 설치시 Fig. 9의 (c), (d)와 같이 정상 Data의 확보 및 수위-유속 상관관계가 개선된 것으로 검토되었다. JU시 sg2 지점의 경우는 유량 측정지점의 저수위로 인해 Fig. 10의 (a)와 같이 측정 Data의 수위-유속 상관관계가 낮은 것으로 분석되었으나, 초음파식유량계 설치를 위한 최소수위 확보지점 선정이 어려워 저수위 측정가능(Flume식)한 타입의 유량계를 추가 설치하여 검토한 결과 Fig. 10의 (b)와 같이 기존 유량계의 유량측정 Data에 비해 유량측정 Data 패턴

이 개선된 것으로 나타났다.

맨홀펌프장 등 시설물 운전의 영향을 받는 KJ시 yn지점의 경우 Fig. 11의 (a), (b)와 같이 측정 Data의 불규칙 및 수위-유속 상관관계가 낮은 것으로 나타났으나, 시설물 운전 영향이 최소화 될 수 있는 상류지점으로 이동하여 측정한 결과 Fig. 11의 (c), (d)와 같이 유량측정 패턴 및 수위-유속 상관관계가 개선된 것으로 나타났다.

또한, 유량 측정지점 상류의 단차부 등으로 인해 와류가 형성되는 지점에 유량계가 설치된 경우 와류가 발생되지 않는 지점으로 이동한 경우 정상 Data 획득률이 높아질 것으로 검토되었으며, 사업 외 지역의 하수 유입으로 인해 I/I 분석 및 성과보증이 어려운 지점의 경우에는 사업 외 지역 하수유입이 없는 지점으로의 이동 또는 사업 외 지역 유입유량을 측정할 수 있는 유량계를 추가 설치하여 차감할 경우에는 성과보증 및 I/I 분석이 가능할 것으로 판단되었다.

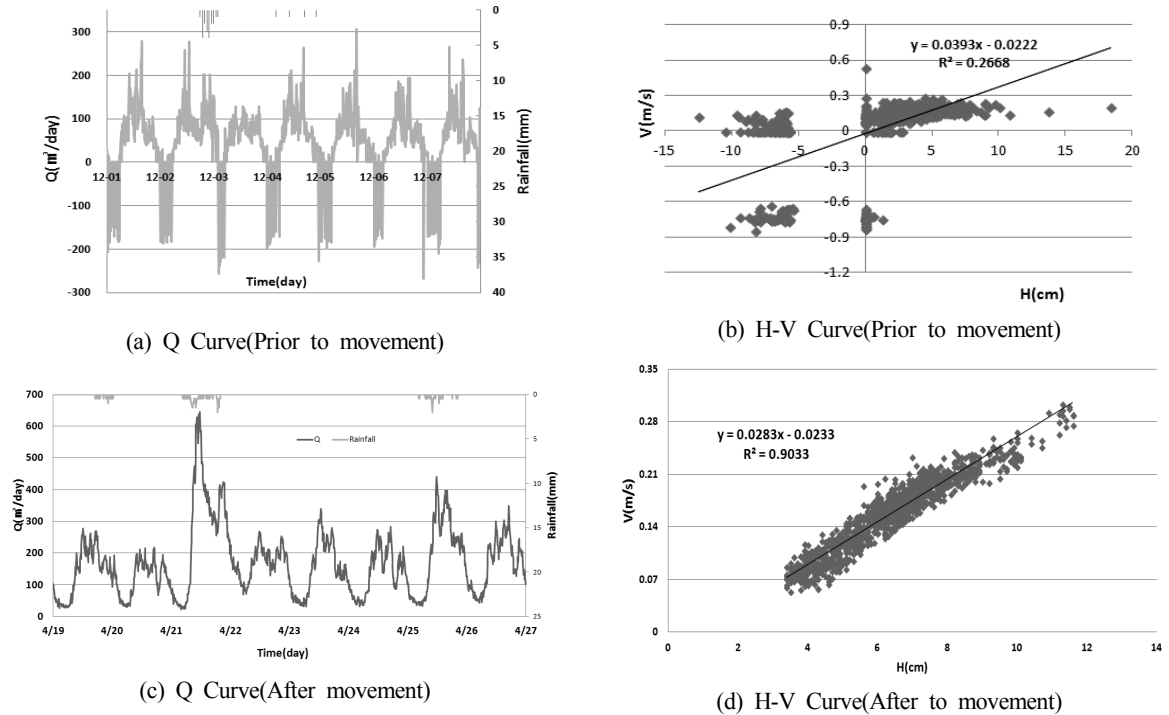


Fig. 9. Comparison of Flux Data Before/After Movement of a Flux Meter at Low Water Level Area (DY-gun)

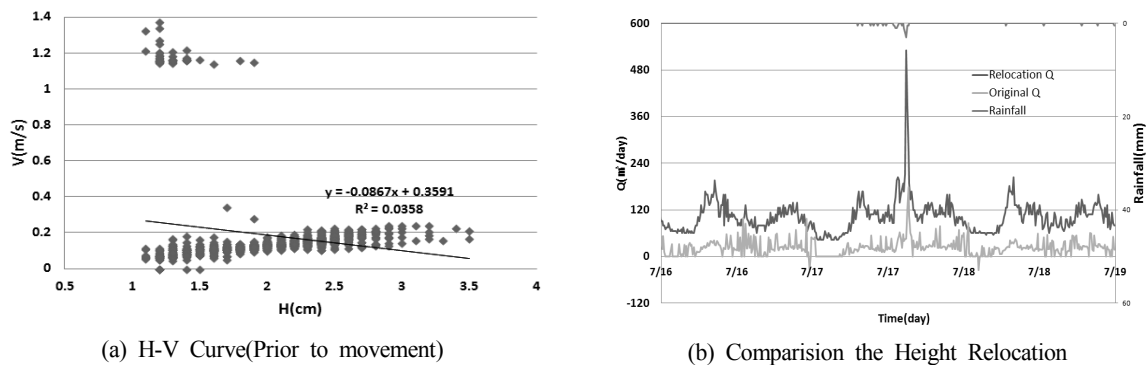


Fig. 10. Comparison of Flux Data Before/After Changing of a Flux Meter Type at Low Water Level Area (JU-si)

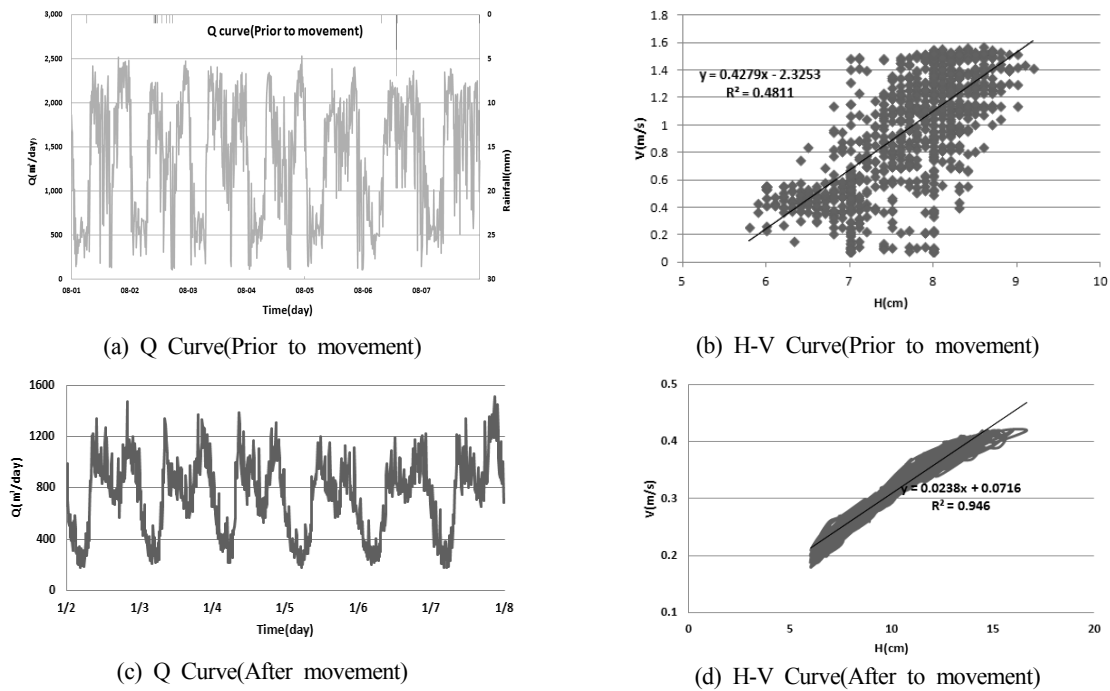


Fig. 11. Comparison of Flux Data Before/After Movement of Facilities, Including Pump Stations, Operation Effecting Points (KJ-si)

3.3.2 연속식유량계 현장 적용을 위한 관경별 최소하수량 발생시 수위 검토

연구대상 15개 사업에 대한 유량계 설치실태 조사결과 연속식(초음파식) 유량계가 가장 많이 적용된 것으로 나타났다. 연속식 유량계의 경우 수중 침적형 센서의 특징으로 인해 일정 수위(센스부 두께 이상)를 확보하지 않을 경우 유량 측정시 오류가 발생하는 것으로 검토되었다.

이에 따라 향후 연속식 유량계의 현장적용 및 설계반영을 위해서는 야간 최소하수량 발생 시간대의 유량계 설치지점의 최소수위를 검토하여 연속식유량계 적용가능 여부를 검토하여야 할 것으로 예상되었다.

국내 하수관거 설계기준(하수도 시설기준)의 관경 및 수위 설계인자인 시간최대오수량(일최대오수량×1.3~1.8),

관거 여유율(100% 이상)을 고려하여 국내 하수관거 BTL 사업에 주로 적용된 관경에 대해 관거여유율별 야간 최소수량 발생시 최저수위를 산정한 결과는 Table 6과 같다. 산정결과를 검토한 결과 D300mm 이하의 관경에서 야간 최소수량을 일최대하수량의 10~20%로 가정할 시 연속식 유량계의 최저 측정수위(현장경험치 약 30mm) 이하가 발생하는 것으로 나타났다. 따라서, 연속식 유량계의 신뢰성 있는 유량 Data 수집을 위해서는 설치지점의 평균하수량 대비 야간 최소하수량의 발생현황, 유속, 인버터 상태 등의 설치조건을 보다 면밀히 검토하여 연속식 유량계 적용 적정성 여부를 유량계 설치 전에 검토하여야 할 것으로 판단되었다.

Table 6. Review on water low levels by night minimum flow rates and diameter

(Unit : mm)

Division	D200			D250			D300			D400		
	Low water level by Night minimum flow			Low water level by Night minimum flow			Low water level by Night minimum flow			Low water level by Night minimum flow		
	10%	15%	20%	10%	15%	20%	10%	15%	20%	10%	15%	20%
Sewer Allowance 100%	14.8	19.5	23.8	18.5	24.4	29.7	22.0	29.0	35.5	29.1	39.0	47.5
Sewer Allowance 120%	13.0	17.4	21.0	16.5	21.7	26.4	19.6	26.0	31.5	26.0	34.5	42.3
Sewer Allowance 150%	11.0	14.8	17.8	14.0	18.5	23.3	19.5	22.0	26.8	22.0	29.1	35.5

주) 음영 부분은 연속식 유량계 적용시 검토대상 관거시설임

4. 결론

본 연구를 통해 도출한 하수관거정비 BTL사업의 사업효과 분석, 고정식유량계 설치실태 및 개선방안에 대한 연구결과는 다음과 같다.

연구대상 사업과 연계된 하수처리장의 운영현황을 검토한 결과 평균 유입유량은 35,853m³/일에서 32,502m³/일로 감소, 평균 유입수질(BOD)은 86.9mg/l에서 143.9mg/l로 증가, 평균 오염부하량은 3,809kg에서 5,565kg으로 증가된 것으로 나타났다. 또한 연구대상 사업의 하수관거 성과보증 지점별 공사 전·후 침입수 발생비율을 검토한 결과 평균 57.1%에서 15.6%로 크게 개선된 것으로 나타났다. 사업구역 주변 소하천의 공사 전·중·후 수질변동현황을 검토한 결과 평균 BOD 농도는 공사 전 9.7mg/L, 공사 중 5.8mg/L, 공사 후 4.1mg/L로 점차적으로 개선된 것으로 분석되었다.

따라서, 하수관거정비사업 시행 후 하수처리장의 계획수질 대비 유입수질 증가 등으로 인한 운영효율 개선, 성과보증지점의 하수관거 침입수 발생비율의 저하, 사업구역 주변 하천의 수질개선 등의 효과를 볼 때 하수관거 정비사업에 따라 가시적인 효과가 발생한 것으로 검토되었다.

또한, 연구대상 지역의 고정식유량계 설치·운영 현황을 조사한 결과 고정식유량계 총 88개소 중 54개소(61.4%) 지점은 측정된 유량 Data가 양호 또는 성과보증이 가능할 것으로 판단되었으나 34개소(38.6%) 지점은 유효 Data확보를 등의 문제가 조사되었다.

고정식유량계 설치·운영 현황 조사결과 주요문제점은 펌프장 및 시설물 운전영향(32%), 사업 외 지역 하수 유입(29%), 저수위 지점의 유효 Data 확보율 저하(22%), 차집관거 및 하수처리장 영향(13%) 등의 순으로 나타났으며, 주요문제점에 대한 개선방안은 1)펌프장 등 시설물 영향 비간섭 지점으로의 이동, 2)사업 외 지역 하수량이 발생되지 않는 지점으로 이동 또는 유량계 추가설치를 통한 사업 외 지역 유량 차감, 3)유량계 최소 측정가능 수위 확보지점으로 이동 또는 유량계 형식변경, 4)차집관거 및 하수처리장 운영 비간섭 지점으로의 이동, 5) 유량계 센스 설치개선 및 조건에 부합하는 지점으로 이동 등으로 검토되었다.

아울러, 면속식(초음파식) 유량계의 경우 야간 및 새벽시간대 등에 최소수위 미확보시 신뢰성 있는 유량 Data 확보가 어려움에 따라 현장적용 및 설계 반영시에

는 설치지점의 평균하수량 대비 야간 최소하수량의 발생현황, 유속, 맨홀 인버터 상태 등의 설치조건을 보다 면밀히 검토하여 면속식 유량계 적용 적정성 여부를 검토하여야 할 것으로 판단되었다.

Reference

- Song, HM, Cho, JI and An, CH (2010). Development of evaluation methodology on the performance of BTL sewer rehabilitation projects, *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*, 24(6), pp. 743-751. [Korean Literature]
- Chang, DH, Han IS, Woo, BH and Hong, SJ (2009). Analysis of correlation between defective number of sewer pipes and I/I (Infiltration/ Inflow) volume, *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*, 23(3), pp. 321-329. [Korean Literature]
- Han, IS, Chang, DH, Woo, BH and Lim, CH (2009). A study on feasibility analysis of sewer rehabilitation, *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*, 23(1), pp. 89-96.[Korean Literature]
- Ministry of Environment (2009). *Standard Manual for the Computation of Sewage Conduit Infiltration & Inflow*. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (2007~2011). *Sewer Statistical Yearbook*. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (2006~2011). *Current Status of the Operation of Public Sewage Disposal Facilities*. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (2009). *Manual on Installation and Maintenance of Flow Meters*. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (2008). *Study on Computation and Application of Infiltration/Inflow Suitable for Domestic Conditions*. [Korean Literature]
- Korea Environment Corporation (2008). *Study on Establishment of Standardization of Monitoring Systems for Flow Meters*. [Korean Literature]

○ 논문접수일 : 2013년 06월 10일

○ 심사의뢰일 : 2013년 06월 25일

○ 심사완료일 : 2013년 09월 03일