

생활폐기물 자동집하시설 성능진단 소개(청라지구)

도시에서 생활폐기물은 전통적으로 차량을 이용하여 이송되었으나 편리하고 환경적으로 지속가능한 도시를 위해 지하 이송관로를 이용한 “눈에 보이지 않는 진공 흡입 시스템”을 통해 지하에서 생활폐기물을 이송하는 자동집하시설에 대한 성능진단 과정 및 결과를 소개하고자 한다.

배 경

본 과업은 청라국제도시에 가동 중인 공공환경시설인 생활폐기물 자동집하시설 전반에 대한 종합 기술진단을 통하여 시설의 안정성 및 공정성을 확보함에 있다. 즉 성능진단을 통하여 각종 설비 성능의 적정성, 시스템의 효율적인 운영 및 최적의 유지관리 등을 판단하고 개선방안을 제시하는 것이다. 과업수행기간은 2013. 2. 18~2013. 8. 30으로 약 6개월간 실시하였고, 이번 자동집하시설 성능진단의 과업수행은 한국건설기술연구원(주관) 및 (사)한국생활폐기물기술협회(위탁)가 과업 수행을 하였다. 청라지구 생활폐기물 자동집하시설은 5개 집하장으로서 각각 투입 시설, 관로시설, 집하시설로 구성되어 있다(그림 1).

본 론

성능진단 과업의 범위

본 과업의 대상은 자동집하시설 5개 집하장이며, 생활폐기물 자동집하시설의 현황조사 및 기술진단을 통해 시설물의 개선 및 시스템의 효율

김일복

(사)한국생활폐기물기술협회 회장
한국산업인력공단 산업현장교수

(주)제일ENG

전무/산업기계설비 기술사
ibok@dreamwiz.com



[그림 1] 청라지구 생활폐기물 자동집하시설 구성도

화 방안을 제시하는 등 자동집하시설의 신뢰성을 확보하는 것으로 주요 과업 범위는 다음과 같다

- 현황조사/조사계획수립 : 기초자료조사(청라지구 자료조사, 시설물 현황조사, 과업관련 계획조사), 조사계획수립(현장조사 문제점 파악을 통한 세부기준 수립)
- 투입시설조사 : 설비 기능조사, 소음 및 악취조사
- 관로시설조사 : 관내부조사, CCTV 정밀검사(집하장별 2km), 압력조사(50곳)



[그림 2] 청라지구 생활폐기물 자동집하시설 설치지구

- 집하시설조사 : 블로어 성능평가 및 시설물 기능조사, 소음 및 악취조사
- 공정 및 운영조사 : 공정별 운영상황 조사
- 시설 개선방향 제시 : 조사를 통한 문제점 도출 및 해결방안 제시
- 시스템 최적화 방안 수립 : 운전에너지의 최소화를 위한 시스템 최적화 방안 수립, 원활한 수거를 위한 폐기물 운전 방법의 최적화 방안 수립 등

과업 대상 지구는 인천시 서구 경서동, 연희동, 원창동 일원의 청라지구이며, 설계기준으로 사업면적은 17,771,448.7 m², 계획인구는 90,000인(31,035세대) 그리고 생활폐기물 수거량은 약 70톤/일(일반 51톤, 음식물 19톤)이다(그림 2).

성능진단 현황 조사

성능진단을 실시하기 전에 자동집하시설과 관련된 공공기관, 건설사, 설계사, 연구원, 시스템사 등에서 근무하는 전문가들의 자문을 통해 아래와 같이 각 분야에 대한 주요 고려사항에 대한 현황 조사를 하였다.

운전에너지 분야

- 혼합수거 방법은 쓰레기 수거의 작동횟수를 줄일 수 있기에 운전에너지를 줄일 수 있다. 인구가 10만 이상이면 혼합수거 방법의 채택으로 40%의 에너지 절감이 가능하다.

악취 발생 분야

- 악취는 음식물쓰레기에서 주로 발생하며, 기간

(계절, 날씨, 온도)에 따라 다르다.

- 혼합수거 방법을 채택하면 악취, 에너지절약 등의 문제 해결에 도움이 된다.

쓰레기 소각분야

- 음식물의 혼합비율이 높으면, 수분의 비중이 높아져 소각장에서는 곤란해지며, 일반 및 음식물 쓰레기를 동일 관으로 이송 시에는 혼합현상이 발생한다.
- 청라지구도 타 지역 소각장에서 자료를 수집하여 혼합소각의 추진을 고려하고 있다. 혼합소각에 대한 법적 기준이 없어 소각이 가능하므로 본 건은 해당 시청의 담당자에게 설명하여 해결의 실마리를 마련하는 것도 좋을 것 같다.

기타의견

- 혼합수거 및 분리수거에 대한 차이점 분석이 필요하다. 즉 혼합수거 시에는 회석배수가 50 정도로 문제가 없다. 타지역의 경우 혼합소각 방법을 채택하고, 연소방식은 스토커소각 방식이며, TMS 처리로 다이옥신의 발생문제는 없는 것으로 판단된다.
- 음식물쓰레기는 이물질 혼합으로 퇴비화가 불가하여 소각을 고려해야만 한다.
- 타 지역의 관로청소에 있어서, 주기는 압력계를 보고 판단하며 일주일에 두 번 빈도로 수행하고 있다.
- 배관 내에 압력 측정장치를 상시 설치하여 감시하는 것은 이론적으로는 유효하나, 압력공이 이물질로 막히기 때문에 현실적으로 어렵다.

성능진단 시설별 진단범위 및 방안수립

투입시설의 진단방안

- 투입시설 기술진단 범위
 - 투입시설의 보수 및 민원 현황 조사 : 투입시설

의 보수 및 관리현황 조사, 투입 시설 관련 민원 발생 현황 조사

- 투입시설 운영에 대한 현상 진단 : 투입구 용량 및 위치의 적정성 평가, 투입구의 소음 및 악취 측정 및 분석, 투입 시설의 기능 진단
- 투입 시설의 개선 및 효율화 방안 : 시설 개선 대책 및 최적 관리방안 수립

●투입구의 주요 기능조사 항목

각각의 구성 부품 형식 및 적합성 검토, 도어개폐 여부 및 속도, 종량제 봉투 인식장치 작동 여부, 레벨 스위치 센서 작동 여부, 투입구 외견상태 및 주변 청결정도, 투입구부분 부식상태 및 누기 발생 여부, 투입가능 쓰레기 표시 램프 작동 여부, 소음상태 검사, 기타 필요사항

●투입시설조사계획

- 대상지역 : 민원 다수 발생 투입구(도어 개폐불량, 봉투인식문제, 소음발생 등)
- 조사방법 : 현장조사(투입구 기능 확인), 주변 환경 분석(악취, 소음 등)
- 조사대상 : 민원/보수자료 분석, 조사단지 선정, 발주처 및 운영자와 협의 후 결정한다.

투입구는 일반폐기물과 음식물류 폐기물로 구분하며 일반형과 대형투입구가 있다(그림 3).

관로시설의 진단방안

각 집하시설 당 관로 2 km를 대상으로 CCTV를 통한 관로 내부 상태, 주관로 누수문제 해결을 위한 보수작업, 분양지분 이송관로와의 연결 및 전체 관



[그림 3] 집하시설용 투입구형태

로 길이 적정성, 막힘 및 청소를 위한 주기적 관로 청소 주기의 적정성, 투입구별 · 섹션밸브 별 수송 관로의 상태 진단, 이송관로의 연결 각도 및 상승 각도 적절성, 점검맨홀 · 섹션맨홀의 외견 및 침수 여부, 맨홀침수 시 유입수 자동배출 여부를 조사 및 분석하고 압력 특성을 진단한다. 관로 조사 구간의 선정기준은 분기점(2중 분기점), 특수곡관부, 하천 등 횡단구간, U자 형태의 관로 구간이다(그림 4).

여기서 관로시설 평가 기준은 다음과 같다

- 직관, 곡관, YT관 용접 이음부 이상 유무 : 관로 내부 맞대기 접합부의 용접상태는 완전 용입이 되어야 하고 용접표면은 고르게 분포되어야 한다.
- 용접 오점 이상 유무 : 관로 내부 맞대기 접합부는 돌출부가 없어야 하고 용접이 누락되지 않아야 한다.
- 침입수 발생 유무 : 관로 내 용접 불량, 용접누락 및 갈라짐 등으로 인해 침입수가 없어야 한다.
- 관로파손 및 균열 유무 : 관로 내 파손부위 및 균열이 없어야 한다.
- 관로침하 발생 유무 : 관로 진행방향으로 상승 및 하강각도가 15도 이내로 한다.
- 쓰레기 및 음식물 퇴적 유무 : 관로 내 쓰레기

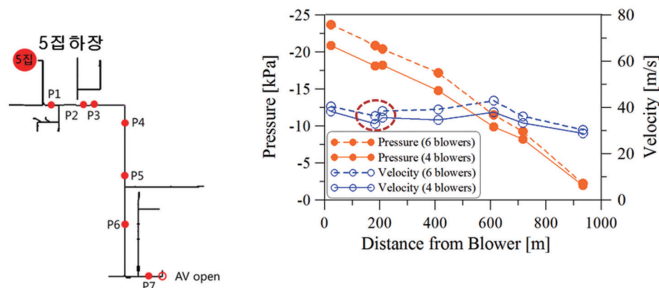
또는 음식물이 적체하지 않는다.

- 관로내면 이물질 고착 : 관로 내면에 이물질이 고착되지 않아야 한다.

집하시설의 진단방안

- 집하시설 진단 범위 및 방안

- 집하시설 진단대상 : 송풍기 성능, 집진 및 탈취설비, 분리설비 등 기타설비
- 송풍기 성능진단 : 개별송풍기 풍량 · 압력 · 효율 측정, 대수 운전에 따른 압력 및 유량 특성, 송풍기 소음, 송풍기 진동 등
- 집진 및 탈취설비 진단 : 먼지제거 조사, 집하장 내부 악취 진단, 탈취효율 조사, 배관 토출 측 악취 조사
- 분리설비 진단 : 쓰레기 걸림 상태 조사, 쓰레기 분리능력 조사
- 블로어 성능진단 범위 및 방안
 - 블로어는 집하장 운전에너지의 90% 이상을 차지하므로 성능진단 방법과 내용의 전문성과 신뢰성이 중요
 - 육안점검 : 블로어 및 모터 성능표시 명패 확인, 외관 도색 등
 - 성능시험 : 블로어 단품성능(압력, 풍량, 소음, 효율), 블로어 연동제어 성능(압력, 풍량, 소음)
 - 시스템에너지 저감방법 : 터보블로어 자체의



- 블로어 가동조건 - 블로어 4대 및 6대 각각 가동
- 블로어 4대 가동조건에서도 최저 설계유속 보다 큰 관 내부 유속 유지
- P2 및 P3 구간의 유속 - P2가 P3보다 저속 ??

[그림 4] 관로내 속도 측정지점 및 결과 그래프

고효율 설계, 에너지 절약형 최적 운전제어 알고리즘 개발

성능진단 시설별 진단결과 자문

앞에서의 “성능진단 시설별 진단 및 방안 수립”을 바탕으로 성능진단을 한 결과의 시스템 최적화 방안을 위하여 자문위원으로부터 아래와 같이 각 분야에 대해 최종적으로 성능진단 결과에 대한 자문을 실시하였다.

투입구 분야

투입구 개폐 불량에 의한 민원은 타 지역의 자동집하장에서도 발생되었으나 즉각적인 조치가 필요하다. 투입구로의 침입수 발생은 투입구 주변의 배수로 설치나 투입구의 설치위치를 높이는 방안이 있으며 공기흡입구에 의한 소음 민원은 거의 없다.

운전에너지 및 운영비 분야

운영비는 전력비와 인력비로 나눌 수 있으며 현재 집하시설을 관리하고 있는데 인원을 증가시키는 것은 민원대응 등 장점도 있지만, 운영관리비의 압박을 가져와 향후 인수하는 당사자와 협의가

필요한 사항이다.

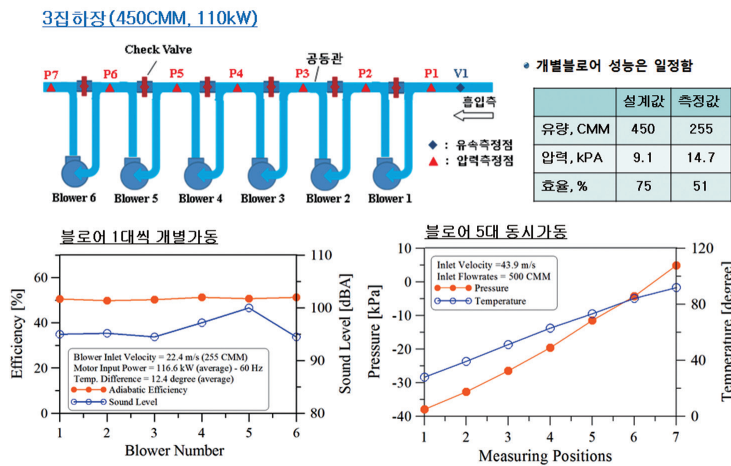
또한, 송풍기 운전에너지 절감을 위한 방안으로 송풍기의 최고 효율점의 유량조건에서 가동하도록 송풍기의 가동대수를 선정하고 인버터 제어를 한다. 타 지역에서 채택하고 있는 음식물 및 일반쓰레기 혼합수거 방식은 운전에너지의 사용량을 30% 정도 줄일 수 있다. 운영면에서는 적절한 운전매뉴얼의 사용이 필요하며, 초기 시험 및 실제 운전데이터를 참고로 최적운전 방안 도출이 필요하다.

악취발생 분야

집하장 내의 악취제거를 위하여 국소탈취를 효과적으로 적용할 필요가 있고, 탈취설비의 처리량을 고려하여 풍량이 초과하지 않도록 유의해야 한다. 음식물쓰레기에 의한 악취는 우선적으로 밀봉을 잘하면 효과적이며 타 집하장 악취저감 사례를 고려하여 추가적인 저감방법 적용이 필요하다.

쓰레기 소각 분야

청라지구도 타 지역의 쓰레기 소각처럼 혼합수거된 것을 소각하는 것이 좋을 것 같고 혼합소각에 대한 법적기준은 없으며, 다만 음식물쓰레기 재이



[그림 5] 블로어 성능진단 및 결과 그래프

용은 권고사항이다.

기타의견

섹션맨홀은 전장품과 밸브 설치로 배수펌프의 설치가 필수이며, 점검맨홀은 전장품이 있는 경우에는 배수펌프를 설치하고 나머지 설치되지 않은 점검맨홀은 주기적인 점검 및 배수가 필요하다.

하월관의 재순환 영역에 공기흡입구를 추가로 설치하면 쓰레기의 적체가 해소될 수 있다. 관 내부에 고인 물은 관로청소로 배출이 가능하다.

맺음말

현재 자동집하시설의 국내 설치는 약 60만 세대가 사용 중이며, 그동안 여러 가지의 시행착오와 법 제화가 되지 않아 지자체의 운영상 어려움 등으로 본 사업의 진행이 다소 미진한 상태이나, 현재 운영되고 있는 시설이 사용하고 있는 주민들에게 편리성과 환경성을 인정받아 “버리는 기술”의 발전을 도모할 수 있게 될 것이다. 특히 이번에 실시된 성능진단은 발주처, 시공사, 지자체 등 이해관계가 상반된 관련 담당자들의 관계에서 합리적이고 우호적으로 인수인계를 할 수 있는 기본바탕이 되어 매

우 바람직하게 생각된다. 향후 타 지역의 자동집하시설의 인수인계 시에도 이와 같이 공정하고 신뢰성 있는 전문기관을 통해 성능진단을 실시할 것을 추천한다.

끝으로 본 성능진단을 총괄하여 주신 장춘만박사님과 참여한 모든 분에게 감사를 드린다.

<자동집하시설 국내 설치사례>

(2013.1.30. 조사기준)

1. 지역단위 설치사례 : 설치 개소 28개소, 사용세대 수 약 50만 세대
2. 재건축/재개발 단위 설치사례 : 설치 개소 17개소, 사용세대 수 약 4만3천 세대
3. 빌딩 단위 설치사례 : 설치 개소 27개소, 사용세대 수 약 1만4천 세대

참고문헌

1. 청라국제도시 자동집하시설 종합기술진단 연구용역 최종 보고서 2013. 8. 30, 한국토지주택공사.
2. 강동구 생활폐기물 관로이송시스템 도입타당성 조사보고서 2013. 8. 20, (사)한국생활폐기물기술협회. 