

생활폐기물 관로이송시스템의 진단과 최적화 방안

정원식*†

Optimization of Waste Pneumatic Transportation System by Results of Facility Diagnosis

Wonsik Chung*†

Key Words : Waste pneumatic transportation system(압축공기를 이용한 폐기물 이송 시스템), Waste collection(폐기물 집하시설), Pipelines(관로), Blower(블로어)

ABSTRACT

The purpose of this article is to diagnosis all aspects of waste pneumatic transportation system, in order to provide everyone interested in the subject with a optimal design and management of the system. The results of the analyzed inlet boxes were especially designed for customers' convenience and automatically operation, side air intake, ensure good wear. And key of pipelines were showed design standard as degree of an angle. Also, the system is mostly equipped with automatic control and watch conducted inside the waste collection facilities, and it will cut down excessive manpower and be able to be managed by least trained personnel.

1. 서 론

생활폐기물 관로이송시스템은 60년대 스웨덴에서 개발된 후, 70년대 미국, 일본을 중심으로 실증연구를 통하여 각 나라 및 지역에 최적화된 시스템을 적용하기 시작하였다⁽¹⁾. 최근 5년간 국내 생활폐기물 자동집하시설의 적용은 전 세계적으로 유례를 찾아보기 어려운 정도로 빠른 성장세를 보였으며, 신도시를 중심으로 적용된 시스템의 특성상 주거 및 상업지역 등 복합도시형태의 폐기물을 대상으로 계획되었으나 국내 음식물류폐기물 특성인 점착성과 함수율에 따른 실증연구 없이 설계 및 시공된 시스템이 대부분이다. 이러한 문제점으로 현재 운영 중인 시스템에서 몇몇 어려움을 겪고 있으며, 시스템 최적화를 위한 진단이 필요한 실정이다.

본 논문에서는 운영 중인 자동집하시설의 진단 결과를 통한 시스템의 설계 및 운영 최적화 방안을 제안하고자 한다.

2. 관로이송시스템의 진단

생활폐기물 관로이송시스템의 국내 적용 역사는 약 15년 정도이며, 최초의 대규모 단지에 적용된 용인수지2지구시스템은 2000년도부터 가동되었으나 법적으로 규정된 진단 업무를 수행한 적은 없다. 본 시스템은 도시기간시설과 동일하게 지하매설관로를 포함하고, 소비자와 직접 접하게 되는 투입시설, 그리고 폐기물전처리시설의 역할을 수행하는 집하시설로 구성되어 있다. 또한 2006년부터 적용 확대되어 최소 30여개 이상의 시스템이 설치되고 있어 주기적이고 체계적인 진단이 필요한 실정이다.

진단 시에는 설비에 대하여 안정되고 만족스런 설비 임을 확인하기 위하여 각각의 설비별 진단과 설비별 단동연동부하 운전, 운영 신뢰성 검증을 위한 각종시험 등을 단계별로 시행하게 된다. 특히 기술진단의 주요항목은 자동집하시설의 설비별 기능진단과 시운전 관련 사항에 따라 기기별 항목에 대하여 기능시험, 운전시험, 무부하 시험, 소음 및 진동시험, 성능시험 등을 시행한다.

진단 시 주요 조사항목은 현황조사로서 시설의 현황과 폐기물의 배출특성 조사이며, 폐기물 수집시설로서 집하시설로 반입되는 폐기물 특성조사는 중요한데, 운영 자료의 계량

* 한국건설기술연구원 건설환경연구실

† 교신저자, E-mail : wsjeong@kict.re.kr

화된 데이터는 진단 시 필수적인 조사 자료이다. 또한 진단은 투입시설, 관로시설, 집하시설로 구분하여 시설별 진단을 수행한다.

생활폐기물 관로이송시스템은 법적으로 명칭도 통일되지 않은 실정이며, 진단이나 성능시험 등의 법적인 규정도 없다. 따라서 주요 진단 항목은 성능진단 등에 필요한 최소한의 항목을 선정하였으며, 진단 결과는 다음과 같다.

투입시설의 진단 결과, 개선이 필요한 사항들로 투입구 이미지, 맨홀 내 부식문제, 소음문제, 음식물 투입구 등이며,

Table 1 Contents & method for input facility

Contents	Method
-각각의 구성부품 형식 및 적합성 검토 -도어 개폐여부 및 속도 -RF KEY 인식 여부 -레벨스위치 센서 작동여부 -투입구 외견상태 및 주변 청결정도 -투입구 부분 부식 상태 및 누기발생여부 -투입가능쓰레기 표시램프 작동여부 -음식물류폐기물 투입구세척수 연결구 작동여부	현장확인 현장확인 현장확인 현장확인 현장확인 현장확인 현장확인
-2중 소음기 성능검사 -온도감지기 작동여부 -공기흡입구 유입공기 습도측정	현장/성능검사 현장/성능검사 현장/성능검사



(a) view of diagnosis



(b) side air intake



(c) cable hole in manhole

Fig. 1 Diagnosis photograph of inlet boxes facility

관로시스템으로 공기가 흡입되는 공기흡입구와 투입구 보조 공기흡입구의 역할이 중요하나 국내 업체들에서 그 중요성을 인지하지 못하는 경향이 있다. Fig. 1에 투입시설 진단 모습과 보조 공기흡입구, 그리고 맨홀 내 제어선 등의 사진을 나타내었다.

관로시설은 상대적으로 단순한 설비이지만 가장 중요한 역할을 하는 시설이며, 설계 및 시공도 매우 중요하다. 투입시설이나 집하시설과 달리 현장여건에 따라 가장 많은 설계변경이 필요하게 되어 설계기준을 준수하는 시공이 필요하나 그렇지 못하는 경우가 종종 발생할 수 있다.

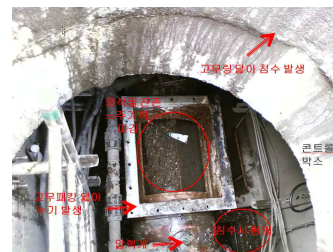
Table 2에 관로시설의 진단항목을 나타내었다.

Fig. 2는 관로시설의 상태를 확인하기 위해 맨홀과 점검구를 상태를 확인하고, 관내 상태를 점검하기 위한 장치를 나타낸 것이다.

관내 상태를 확인한 결과, 상승관부가 시작되는 지점에서는 폐기물이 잔존하고 있는 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 관로시설 설계에서 상승각도 기준이 매우 중요함을 의미

Table 2 Contents & method for pipeline facility

Content	Method
-분양자분 이송관로 연결 및 상승각도 적정여부 -분양자분 내부 이송관로를 포함한 최장관로 길이 적정여부 검토(송풍기 용량 연계검토) -주기적 Pigging 작업여부	설계/현장확인 설계도서검토 운영자료
-CCTV 조사를 통한 관마모 상태 파악 -점검맨홀 및 섹션맨홀 외견상태 및 침수여부 -침수시 유입수 자동배출 가능여부 -관로내 주요지점 기밀시험	현장확인 현장확인 현장확인 성능검사



(a) status of inspection and manhole



(b) CCTV for pipe inspection

Fig. 2 Diagnosis photograph of pipeline facility

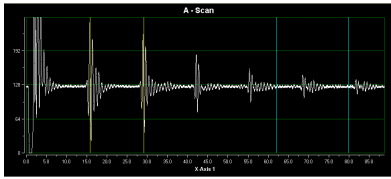
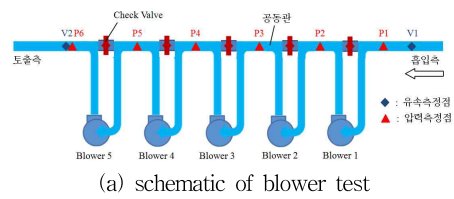
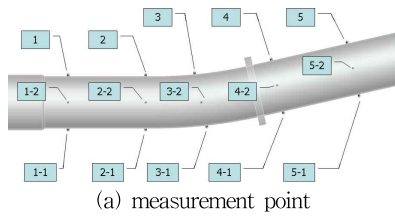


Fig. 3 Inspection system and point for ultrasonic test

Table 3 Major facilities in collection center

<p>3way pipeline switch equipment</p>	<p>Blower</p>
<p>Bagfilter and air purification equipment</p>	<p>Cyclone</p>



Fig. 4 Diagnosis of blower facility

한다.

Fig. 3은 관의 마모를 확인하기 위한 초음파 진단을 수행하는 장치와 초음파 측정결과를 나타낸 것이다. 측정결과 5년 경과된 시점에서 최대 5mm 정도 마모가 발생한 지점이 있는 것으로 나타났다.

집하시설은 수집을 위한 핵심설비와 운영을 위한 중앙제어시스템이 설치되어 있는 시설이다. 집하시설의 주요 설비는 관로전환기, 흡입송풍설비, 분리설비, 탈취설비, 압축설비, 컨테이너 설비 등으로 구성되며, 특히 송풍기의 송풍능력과 각 기기들의 유기적인 조합이 매우 중요하다.

블로어 성능 및 효율을 확인하기 위한 시험 결과, 블로어

소음은 평균 92 dBA로 일정하고 효율은 63.2%~67.69% (정압효율 기준)로 나타났으며, 단일 블로어 가동에 따른 온도상승은 15~19도 정도로 나타났다.

본 시스템을 폐기물처리시설로 볼 때 환경오염방지는 매우 중요하므로 탈취설비는 주요한 설비중 하나이다. 기존 활성탄필터를 이용한 수지지구 시스템과 달리 최근 음식물류와 분리 수집할 경우 음식물침출수가 관내 잔존하여 폐기물의 악취 배출특성이 악화되는 방향이 높은 실정이다. 따라서 최근에는 약액세정식을 포함한 탈취설비를 구성하고 있다.

활성탄 (케미컬필터, 카본필터)식의 악취 제거 방식은 효과가 미비하며 유지보수 비용이 과다하게 소모되고 있으며, 활성탄 필터만 사용시 일정시간 경과후 악취 제거가 어려워지고 오히려 이송악취보다 필터 통과후 악취가 더 많이 발생하는 현상이 발생하고 있다. 또한 필터에 이물질 끼임 현상이 발생하여 송풍기 배기압 상승으로 인한 송풍기 효율저하에 영향을 미치고 있다.



Fig. 5 View of filter room



Fig. 6 Diagnosis of cyclone and compact facility



Fig. 7 Casing type for pipeline facility

원심분리 및 압축저장설비는 이송된 쓰레기를 효율적으로 공기에서 분리하기 위한 설비로 유기적인 운전이 되도록 설계되지 않을 경우 전체 시스템 가동시간의 증가, 효율적인 분리미비 등 여러 가지 문제점을 야기할 수 있다. 특히, 원심분리기 하부에 있는 유압압축기 자동 왕복, 가압, 후진 연속 동작이 원활하고 압축기 후편으로 쓰레기가 넘어가지 않도록 설계되어야 한다.

3. 시스템 최적화 방안

3.1 투입시설

투입시설의 최적화를 위한 제안사항으로는 배출밸브로 슬라이드밸브는 지양하고 플랩밸브를 권장하며, 공기흡입구 및 보조흡입구의 최적설계, 투입구는 완전 자동운전이 가능토록 계측 및 제어선 등의 관련 설비를 구축하며, 소비자와 접촉하는 점을 고려할 때 디자인 및 부식에 대한 보완이 반드시 필요할 것으로 판단된다.

3.2 관로시설

관로시설의 최적화를 위한 가장 기본적인 제안사항은 상하향각에 대한 설계기준을 준수하되 가능한 관망의 직선화를 구축하는 것이다. 특히, 교차로의 경우 상하향각의 준수를 위해서는 상당한 거리에서 곡관을 사용하는 등 불합리한 현상이 발생하므로 가능한 2중관이나 콘크리트 보호공을 활용하여 직선화하고, 5도 이내의 곡선구간은 골드밴드를 적용하여 수송효율을 높이도록 한다.

3.3 집하시설

집하장내 기계분야는 송풍기, 원심분리기, 탈취설비, 압축설비, 컨테이너 및 배출설비 등으로 구성되어 있으나 송풍설비 및 탈취설비는 설계가 미비할 경우 완전 신규로 설치해야 하는 단점이 있으므로 초기 설계 시 안전율을 감안하는 등 최적화 되도록 한다. 나머지 설비들은 수리 및 보완이 필요하다면 즉시 개선할 수 있으며, 특히 전체 시스템이 원활하게 운전되어 전체 가동시간을 최대한 단축할 수 있도록 최적화되어야 한다.

기계분야와 달리 건축, 토목 분야도 폐기물시설임을 감안하여 전체적으로 내구성을 높이도록 설계할 필요가 있으며, 압력을 받는 실은 각각의 특성을 최대한 고려하여 설계에 반영하여야 할 것이다.

3.4 운영관리

운영관리의 방향은 무인 자동운전과 시스템 운전시간 단축, 그리고 시스템 에러를 줄이는 것이다. 이를 위한 운영관리시스템의 최적화 방안은 통합 및 확장성을 고려한 개방형 시스템으로, u-city 등 다른 도시통합운영시스템과 연계성의 강화, 자체 감시/제어 및 운영/관리, 그리고 시설물 관리 부분이 효과적으로 구현되어야 한다.

참고문헌

- (1) Jonas Tornblom, The Envac story ; From dust to waste, 2006.
- (2) Begoña Gonzalo, Solid waste pneumatic collection system in the historic centre of Leon, <http://ow.ly/2P9eB>, 2002.
- (3) Sun-Kyung Sung, Sang-Ho Suh, Optimal piping network design of pneumatic waste collection system, Journal of Fluid Machinery, v.13, no.3, 2010, pp.54-58
- (4) Wonsik Chung, Design and management standard of waste pneumatic transportation system, Fourth fluid machinery technical class, 2010. 7.