

공압식 밸브를 적용한 쓰레기 자동 집하시설 사례

정영훈 · 정경식*

1. 서론

쓰레기 자동 집하시설은 1967년 스웨덴에서 시작되어 약 40년의 역사를 가지고 발전을 거듭해오며 이제는 세계적으로 약 27개국에서 자동 집하시설을 설치 및 운영하고 있다. 국내에서는 대단위 택지개발에서 환경 개선의 일환으로 자동 집하시설 시스템 적용이 일반적 사양으로 자리 매김하고 있고 자동 집하시설은 기존의 비위생적인 인력 수거방식에서 벗어나 주민편의 뿐 아니라 주변 환경까지 크게 개선하는 현대생활의 필수요소로 변화하고 있다.

근래 시장의 수요와 규모가 증가하고 있는 자동 집하시설은 시스템 특성상 각 기기요소간의 총체적인 시스템 조화에 기인하여 최상의 성능을 발휘하게 된다. 시스템을 구성하는 각각의 기기 성능이 시스템 완성의 성공을 좌우한다고 할 수 있는 만큼 개별 기기요소의 성능 완성도가 매우 중요한 이슈가 된다.

본 기사에서는 각 기기 중 자동 집하시설의 핵심요소인 투입구 하부 배출밸브에 적용되어 있는 공압식 밸브제어 방식에 대한 기능 및 장단점과 공압식 밸브 제어의 적용 필요성에 대해 소개하고 현재 공압식 배출밸브와 함께 상용 중에 있는 전동식 배출밸브를 비교 검토하여 자동 집하시설의 적합성을 논하고자 한다.

2. 공압식 배출밸브의 기능과 구조

2.1 배출밸브의 역할

쓰레기 자동 집하시설의 구성 중 사용자 혹은 주민이 실제적으로 가장 처음 마주치고 쓰레기를 투입하게

되는 투입구에는 다양한 기능과 기술이 집적되어 있다. 투입구의 역할은 단순히 사용자가 쓰레기를 버릴 수 있는 기능뿐만 아니라 사용자의 안전과 향후 유지관리 측면에서의 편리성 그리고 이송중인 쓰레기와 배출되는 쓰레기간의 간섭으로 인한 막힘 방지 등 수많은 상황들이 고려되어야 하며 그 필요 기능에 대해 우수한 성능을 제공해야만 한다.

특히 하부 배출밸브는 투입구내 쓰레기 저장슈트(저류조)에 적재되어 있는 쓰레기를 진공압이 형성되는 이송관로로 배출하기 위해서 작동되는 주요 기기로써 현재 국내에서 상용화 되어 있는 종류는 크게 공압 실린더를 사용한 공압식 배출밸브와 전기 모터 방식을 채용한 전동식 배출밸브로 구분할 수 있다.

무엇보다 배출밸브는 작동시간에 있어 일정한 근거를 가지고 계산된 열림 및 닫힘 동작과 개방 상태에서 배출밸브 디스크를 고정하는 동작을 통하여 투입구에서 배출되는 쓰레기와 수송 중인 쓰레기간의 충돌을 방지하여 수송관로 내의 막힘을 방지하여야 한다. 이는 관로 상에 형성되는 진공 상태에서 배출밸브의 신뢰성 있는 동작으로 최상의 수거율을 보장하는 기초가 되기 때문이다.

아울러 배출밸브 개방 상태 시 투입구의 쓰레기 투입문을 안전한 상태로 유지시켜 사용자의 안전을 보장해야 하는 기능은 필수 항목이다. 또한 진공이 형성되어 있는 관로와 배출밸브 사이에 작용하는 음압으로 인해 배출밸브가 동작신호와 다르게 열려버리거나, 닫힘 상태의 배출밸브가 기밀을 유지 하지 못 할 경우 수송공기가 누기(Air Leakage)되어 이송관로 내에서 자동 집하에 필요한 음압을 형성하지 못 하는 문제점이 발생할 수 있다.

배출밸브는 이렇게 자동 집하시설에서 핵심적인 요소로써 무엇보다도 개폐 시 요구되는 동작에 대한 정확성, 구동동작의 신뢰성, 유지관리의 편리성, 안전성

* Envac Co.,Ltd.
E-mail : yhjung@envac.com

등을 필요로 한다. 따라서 배출밸브의 종류에 따라 특징을 정확히 분석하여 우수하고 안전한 타입의 제품을 적용하여야만 사용자의 편의를 도모하고 안전을 보장할 수 있으며, 유지관리 시 다양한 상황 변수들로부터 유동적으로 대처 할 수 있다.

현재 세계적으로 자동 집하시설의 설치 예들을 살펴보면, 해외에서 거의 전 현장에서 공압식을 채택하여 사용하고 있다. 이는 앞으로 소개될 공압식 배출밸브의 장점과 전기식 배출밸브의 문제점들을 통해 원인들을 쉽게 확인할 수 있으며, 향후 공압식 배출밸브의 적용 사례는 더욱 늘어날 것으로 보인다.

2.2 배출밸브의 기능

배출밸브의 기능은 이송관로로 일회에 배출되는 쓰레기의 양을 조절하고, 쓰레기 낙하방향 유도를 통해 이송관로에 수직으로 쓰레기가 적치되는 현상을 방지한다. 또한 이송관로 내부 공기의 유속 변화를 만들어 주어 공기속도를 빠르게 하기 위한 공기흐름유도 장치가 포함되어 있다.

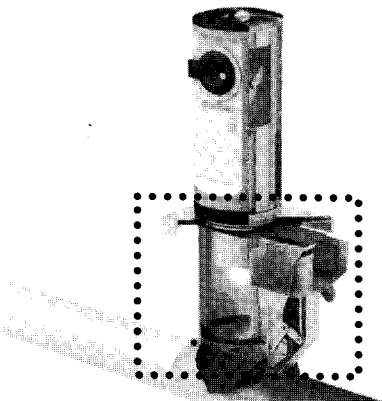


Fig. 1 투입구 하부에 설치된 공압식 배출밸브

쓰레기 투입구 저류조에 저장되어 있는 쓰레기의 양이 많을 경우 배출밸브 상단에 임시 저장되는 쓰레기의 무게가 증가되는데, 쓰레기의 특성상 쉽게 압축이 되고 밀착되는 압밀현상이 발생하면서 덩어리를 형성하게 되는 성질이 있다. 이런 성질로 인하여 배출밸브를 통해 배출되는 쓰레기는 정확한 낙하방향을 유지하여야 한다. 배출밸브 개방과 함께 덩어리로 형성된 쓰레기가 한꺼번에 이송관로 내로 낙하되면 이송관로

내에 정지됨으로써 이송이 어려워지고 이송관로의 막힘 현상을 유발하기 때문이다. 공압식 배출밸브를 사용하여 이송에 필요한 적정 공기량과 속도 하에서도 배출되는 쓰레기의 일정한 낙하 각을 유지할 수 있는 제어가 배출밸브의 핵심이라고 할 수 있다.

2.3 공압식 배출밸브의 구조

공압식 배출밸브의 구조는 압축공기로 작동하는 공압실린더(Air Cylinder)와 링크로 구성되며, 하부의 배출밸브 디스크를 일정각도로 열어 이송공기 위로 쓰레기를 흘려버리는 구조로 되어 있다. 이때 배출밸브 디스크는 이송공기의 흐름에 의해 흔들림이 없는 구조가 되어야하며, 쓰레기가 배출되는 시간동안 배출밸브 디스크를 완벽하게 고정시킬 수 있는 동작을 수행해야 한다. 그리고 열림 동작과 닫힘 동작에 있어 동작 반응 시간이 신속하게 이루어져야만 쓰레기를 필요한 양만큼 1회에 배출할 수 있다.

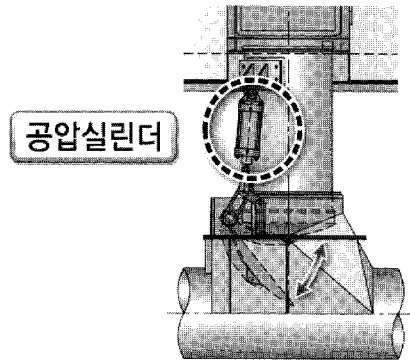


Fig. 2 투입구 배출밸브의 동작구조

또한 투입구의 배출밸브는 옥외에 설치되기 때문에 기후에 영향을 크게 받게 되는데, 공압식 밸브는 우선시 사용자에게 위협이 되는 요소가 없고 동절기에도 저온에 따른 기기의 잔고장 없는 구조로 배출밸브의 기능성을 확보하여야한다.

특히 공압식 배출밸브는 추력이 우수한 공압실린더를 사용하기 때문에 배출밸브 내 기밀유지가 용이하다. 실린더의 추력으로 패킹 압력을 유지하기 때문에 완전한 기밀을 유지할 수 있어 닫혀있는 배출밸브를 통해 이송에 불필요한 공기유입이 없어 쓰레기 이송에 필요한 압력을 유지하는데 유리하다.

2.4 공압식 배출밸브 시스템 구성

공압식 배출밸브는 집하장 내에 위치한 공기압축기 (Air Compressor)를 통해 압축된 공기를 생산 및 저장하고, 에어드라이어(Air Dryer)를 거친 후 분배기 (Feeder)를 사용하여 압축공기가 필요한 각 섹션별 원하는 위치로 압축공기관(PB Pipe)을 사용하여 투입구 하부 배출밸브 측면의 공압실린더까지 유입 시킨다.

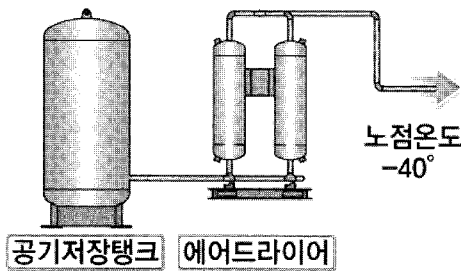


Fig. 3 투입구 하부에 설치된 공압식 배출밸브

이때 공기저장탱크 내부의 압축공기에 발생할 수 있는 응축수는 에어드라이어를 통과하면서 제거된 후 압축공기관을 통해 각 부지별 입구까지 이송된다. 실제 투입구까지 이송되어 가는 과정에서 발생하는 응축수는 배출밸브 내부의 수분제거필터를 통해 완벽하게 제습됨으로써 노점온도 -40°C 에서도 신뢰성 있는 동작을 제공하게 된다.

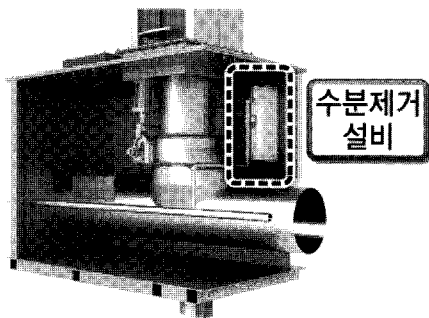


Fig. 4 배출밸브 내에 수분제거 필터

이때 투입구까지 가는 압축공기관 라인의 손상으로 인해 누기가 발생할 수 있으나 이는 압축공기관 라인

구성을 통해 해결할 수 있다. 압축공기관 설계를 섹션별로 구분하고 각 섹션마다 투입구로의 분기점을 계획하여 압력측정을 통해 누기 부위를 신속하게 확인할 수 있다. 그리고 시스템 운전 시 이송관로 내의 이송 공기 압력을 측정하면 배출밸브의 개폐 여부에 따라 이송공기 압력 차이를 측정, 압축공기의 유동상태를 감시할 수 있다. 배출밸브의 작동여부 판단으로 누기 지점을 정확히 확인할 수 있는 시스템 구성을 통해 유지관리 시 압축공기관 누기로 인한 누기 지점을 쉽게 확인할 수 있도록 구성하는 것이 중요하다.

현재 쓰레기 자동집하시설에서 사용되는 배출밸브는 개방시 가장 적정한 동작시간을 짧게 적용하여 쓰레기가 이송관로 속에 흐르고 있는 이송공기로 쓰레기가 충분히 흩뿌려지도록 동작시켜 적치현상을 방지하고 있다. 이는 오랜 자동 집하시설 운영을 통한 실측 및 다양한 상황하의 실험을 진행한 결과로써 이런 동작을 구현하기 위한 최적의 방안으로 공압식 배출밸브 시스템을 적용한 것이다. 무엇보다 공압식 밸브는 배출밸브 디스크를 정확한 동작 및 이송공기에 의한 흔들림 또는 오동작을 방지하기 위한 최선의 방안으로 평가 받고 있다.

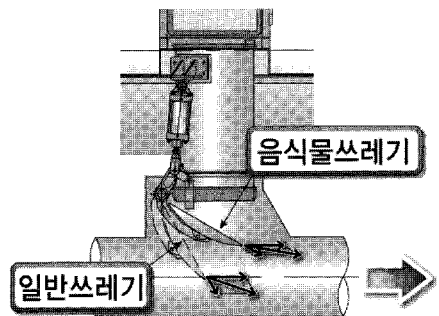


Fig. 6 쓰레기 성상에 따른 배출밸브 열림 각도

다른 측면에서 공압식 실린더를 적용하는 이유는 쓰레기의 성상에 따른 밀도 및 무게의 차이가 나는데 있다. 국내의 쓰레기는 크게 두가지 종류로 분류할 수 있으며 그 구분은 일반 쓰레기와 음식물 쓰레기로 나뉘어진다. 이 두 종류의 쓰레기는 성상과 수분함량에 큰 차이를 보이며 저류조에 저장된 쓰레기는 성상 따라 그 무게와 밀도가 상이하다. 그에 따라 개방 각도 등을 각각 구분하여 동작하여야 하는데 공압식 배출밸브는 압축공기의 량을 조절하여 성상에 따라 각기

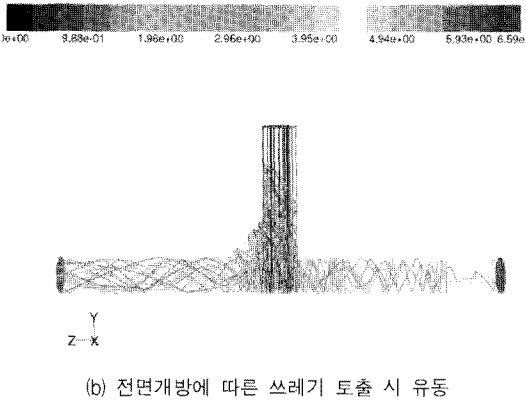
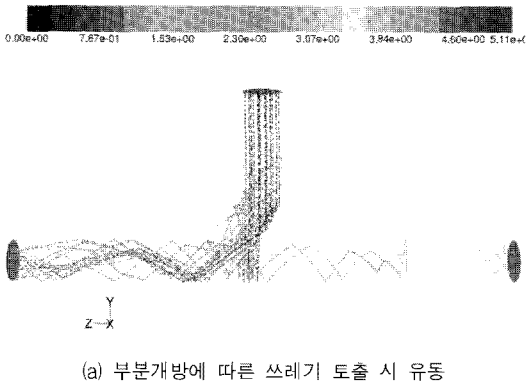


Fig. 7 개방각도에 따른 쓰레기 토출 시뮬레이션

다른 쓰레기 무게를 지지할 수 있으며 배출시 성상에 따라 소모 압축공기량을 조작하여 배출밸브 디스크의 열림 각도 조절을 용이하게 할 수 있다.

Fig.7에서 같이 배출밸브는 일정 각을 가지고 개방이 되어야 압력손실을 줄일 수 있고 이송관로에 수직으로 쓰레기가 적치되는 현상을 방지할 수 있음을 확인할 수 있다. 이는 배출밸브 구동에 있어서 배출밸브 디스크의 개방각도를 조절해야하는 중요성을 설명하고 있다.

3. 공압식과 전동식 배출밸브의 비교

3.1 공압식 배출밸브의 장단점

공압식 배출밸브는 압축공기를 사용하여 공압실린

더와 링크를 작동시켜 배출밸브를 제어한다. 공압 구동방식은 공압실린더와 링크를 이용한 단순한 구조와 출력 및 속도 조절이 용이하여 정밀도가 매우 높고 유지보수가 유리하다.

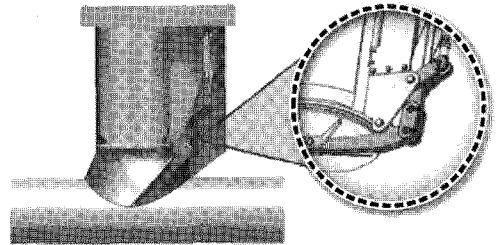


Fig. 8 공압식 배출밸브의 단순한 구조

특히 공압식 배출밸브는 배출밸브 디스크가 개방되었을 때 디스크의 흔들림이 없어 일정한 각도로 쓰레기 토출이 가능하기 때문에 쓰레기 이송효율에 영향을 주지 않는 장점을 가지고 있다.

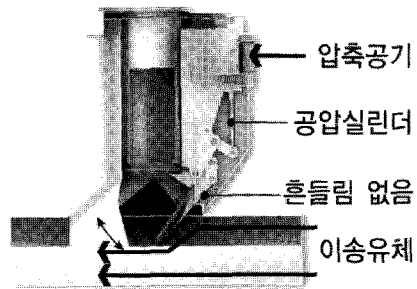


Fig. 9 공압식 배출밸브의 디스크 고정

또한 공압식 배출밸브는 기상 악화로 인한 침수 피해에 대하여 전동식에 비해 자유로우며 전동식과 다르게 감전의 위험이나 잔고장이 적고 방폭의 위험이 전혀 없다. 가령 우천으로 인한 침수피해가 발생하여 투입구가 작동 불능 상태가 되어도 투입문 및 배출밸브에 공압 실린더는 정지상태가 되어 사용자가 감전이나 기기오작동으로 인한 위험에 노출되지 않는다.

비용적인 측면에서 공압식 배출밸브의 장점은 현재 국내의 쓰레기 자동집하시설의 대다수 경우 대단위 택

지개발에 적용되는 점에서 유리함을 나타낸다. 배출밸브 개폐 속도가 개당 1초만의 차이로도 택지개발 부지 내 수 천개의 투입구 전체적인 측면으로 보았을 때 전체 시스템 운전시간이 늘어나 엄청난 경제적 손실을 가져 올 수 있기 때문이다. 전동식에 비해 빠른 개폐 속도를 가지고 있는 공압식 배출밸브가 유지비용 절약에 유리하고, 설비 자체의 단가가 전동식에 비해 1/2 정도로 경제적인점 등이 전동식에 비해 경제적 낭비를 줄일 수 있는 장점이 있다.

물론 공압식 배출밸브에도 단점은 있다. 콤프레서(Compressor)등 집하장내에 장비설치를 요구하며 전동식에 비해 액츄에이터(Actuator)의 부피가 큰 점과 압축공기를 사용함에 따라 응축수가 발생한다는 점이다. 그러나 응축수의 경우 Air Dryer 및 투입구별 수분제거설비를 사용하여 -40℃에서도 응축수로 인한 오작동 문제를 미연에 방지 할 수 있다.

3.2 전동식 배출밸브의 장단점

공압식 배출밸브와 함께 현재 상용화 되고 있는 전동식 배출밸브의 경우 공압 실린더를 이용하는 것과는 다르게 전기 모터에 의해 24/220VAC에서 배출밸브 구동이 가능하다.

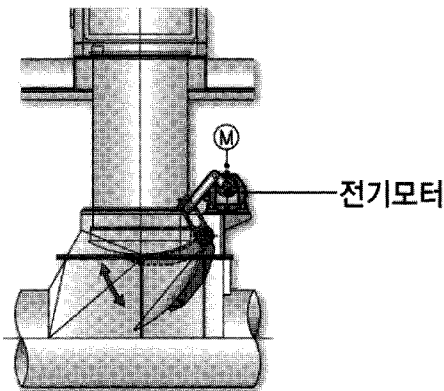


Fig. 10 전동식 배출밸브의 구조

전동식 배출밸브의 경우 조작이 용이하고 위치결정이 뛰어나며 신호변화에 따라 배출밸브 디스크의 위치결정이 정밀해지기 때문에 개방각도 조절에 유리한 면을 보이고 있다. 또한 공압식에 비해 액츄에이터의 부

피가 작고 기타 장비 없이 전기만 공급되면 작동이 가능하므로 시스템 구성에 간편성을 가지고 있다.

그러나 전동식 밸브를 투입구 하부 저류조의 배출밸브에 적용하기 위해서는 보완해야 할 단점이 다양하기 때문에 사용에 있어서 신중한 선택과 충분한 성능에 대해 보장 되어야 한다.

먼저 전동식의 경우 동작 반응 시간이 느리기 때문에 배출밸브가 요구하는 기능 중 신속한 개방 동작 시간을 필요로 하는 부분에 대해 한계성을 드러낸다. 또한 전기 모터의 경우 개방 시 공압식 밸브보다 배출밸브 디스크에 큰 힘을 전달하지 못하게 때문에 이송공기의 흐름으로 인한 흔들림이 생겨 개방각도를 충분히 유지하지 못하고 이송공기의 속도를 방해하는 작용을 하여 이송효율을 떨어뜨리는 결과를 초래한다.

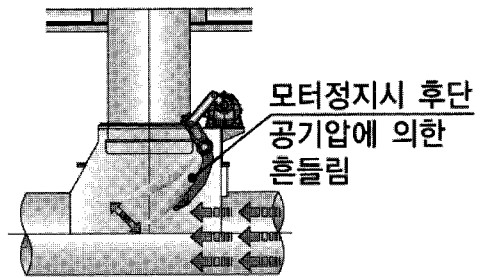


Fig. 11 전동식 배출밸브의 디스크 흔들림

또한 전동식 배출밸브의 경우 방수가 가능한 하나 우천 시 배출밸브의 침수나 수분이 배출밸브 내로 다량 유입될 경우 그리고 배선의 피복손상 등으로 사용자가 감전의 위험성에 노출된다. 이는 사용자의 생활

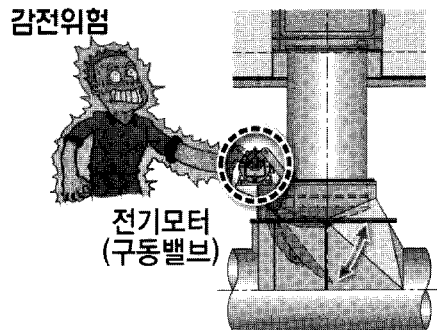


Fig. 12 전동식 배출밸브의 감전 위험성

에 가장 근접해 있는 투입구에 적용할 경우 가장 큰 불안 요소로 작용하고 있다.

그리고 수명이 공압식 밸브에 비해 짧아 유지관리 시 교체 회수가 빈번하며 시간경과에 따라 정밀도 및 출력이 저하되어 유지관리비 상승 요인으로 작용한다. 내부 구조 역시 복잡하고 배선의 누전으로 인한 잔고장이 많은 것 또한 사용에 있어 불편한 문제점으로 꼽히고 있다. 잔고장이 발생하더라도 공압식 배출밸브의 경우 간단한 교육을 받은 유지관리 인원의 신속한 수리가 가능한 반면 전동식 배출밸브의 경우 전기모터에 대한 숙련된 기술자가 필요한 점 역시 보수하여 재가동하는 시간까지의 기간이 길어져 불편을 초래할 수 있는 요소이다.

비용적인 측면에서 기기 단가 자체가 공압식 밸브에 약 2배로 비싼 전동식 배출밸브의 경우 초기 설치비가 증가하고 위에서 열거한 이유들로 인한 유지관리비가 대형 택지 개발에 적용하기 부적합하다. 또한 일반적인 대형 택지 개발지구 자동 집하시설에서의 성능보증기간이 30년을 성능에 대해 보증해야 하지만 전기모터의 평균수명이 10년인 것을 볼 때 적용에 한계성을 드러내고 있다.

무엇보다 무한정 사용할 수 있는 공기를 이용하여 힘을 발생하는 공압식 배출밸브보다 끊임없이 전기를 공급받아 동작해야 하는 전동식 배출밸브는 에너지 소모가 심하여 두 시스템을 비교했을 때 장기적인 관점에서 공압식 배출밸브보다 유지관리비의 낭비가 심할 수밖에 없다.

3.3 공압식과 전동식 배출밸브의 비교

택지개발의 특성상 수천 개의 투입구가 설치되고 장기간 사용되어야 하므로 설치 시 초기 설치비용만 아니라 향후의 사용기간 중 유지관리비용을 사용자가 부담할 수도 있기 때문에 더욱더 세심한 검토를 필요로 한다.

공압식 밸브의 경우 설치비 및 유지관리 비용, 배출밸브 구동 동작에 있어서의 신뢰성 그리고 비상시 사용자의 안전성에서 우수한 면을 나타냈다. 또한 수명기간 중의 성능저하나 잔고장이 적어 장기간 빈번히 사용되는 자동집하시설에 적용되는 투입구 배출밸브 특성에 유리한 면을 나타냈다. 그러나 부피가 전동식보다 큰 액츄에이터를 사용해야 하고 압축공기에서 발생할 수 있는 응축수를 제거할 수 있는 별도의 설비를

필요로 한다는 단점을 가지고 있다.

전동식의 경우 전력만 공급받을 수 있는 경우 어디에서나 사용할 수 있고 용이한 위치결정과 정밀도가 높은 장점에 비해 전력 소비에 대한 낭비, 잦은 교체 주기, 초기설치비 증가, 속도조절의 한계, 배출밸브 디스크의 흔들림 그리고 감전으로 인한 사용자 위험 요소 등을 단점으로 꼽을 수 있겠다.

자동집하시설의 경우 초기 설치 이후 장시간 성능을 보장하여야 하고 추가 유지관리비가 사용자나 기부받게 되는 운영주체에게 전가되기 때문에 무엇보다도 수명 및 추가 비용에 민감하게 된다. 그렇기 때문에 초기 설치 후 향후 발생할 수 있는 유지관리비나 장비 교체비가 최소화 될 수 있도록 시스템을 구성하는 것이 중요하다고 할 수 있겠다. 또한 사용자의 연령층이 어린이부터 노인까지 다양하기 때문에 투입구 사용에 있어서 안전성이 최우선 되어야 함은 당연하다.

투입구에 설치되는 배출밸브는 전체 시스템을 결정하는 큰 요소이기 때문에 장단점을 비교하여 사용자의 안전성, 동작의 신뢰성, 비용 절감 등이 우수한 시스템 적용이 필요하다.

4. 결 언

본 기사를 통해 자동 집하시설에 적용되는 배출밸브에서 공압식과 전동식 밸브 적용 시 장단점을 소개하고 향후 대단위 택지개발에서의 자동 집하시설에 적용될 경우 유리한 시스템이 무엇인지 알아보았다.

전동식을 사용하기에는 비용과 안전성, 동작의 신뢰성 등에서 불리한 요소들로 인해 향후 택지개발에 적용되는 배출밸브를 공압식으로 통일할 필요성이 있다. 장기간 사용하게 되는 자동 집하시설의 특성상 시스템을 결정하는 과정에서 항상 향후 사용자와 유지관리를 염두 하여야 하며 이를 결정하는 과정에서 정확한 장단점을 파악하여 적용할 필요가 절실하다고 할 수 있다. 현재 대형 택지개발이 다발적으로 진행되고 있고 진행예정인 있다. 지금까지 진행되어온 진행개발 과정에서 각각의 시스템 적용 결과를 검토하여 그 결과에 기인한 시스템이 선정되어야 할 것이다. 공압식과 전동식의 종류에 따라 집하시설 전체 시스템의 종류가 변하기 때문에 향후 택지개발내의 자동집하시설을 선정하는 과정에서 보다 합리적인 선택이 요구되는 시점이다.