



건물 기계설비계통 진단 및 리노베이션

조정식 / 한국건설기술연구원

1. 개요

기계설비는 보수관리를 철저히 하여도 세월이 흐르면서 물리적 열화 현상은 피할 수 없으며 그 내구수명은 15~20년 정도이다. 한편, 1980년대 산업현대화가 시작되면서 대규모의 기능적으로 근대화된 건축물이 계속해서 건설되기 시작하였는데 이들에 대한 갱신 공사의 요구가 최근에 증가되고 있다. 건축물은 건물 자체의 수명에 비하여 설비계통에 대한 수명은 절반에도 미치지 못하고 있으며, 그동안 신축건물에 대한 관심이 집중되어 왔던 것도 사실이다. 그러나, 어느 정도 설비수명이 지나고 있는 건물의 기계설비계통에서 여러 가지 유지관리상의 문제점이 노출되면서 진단 및 리노베이션에 대한 필요성을 보이고 있다.

따라서, 본고에서는 기계설비계통에 대한 전반적인 기술적인 진단을 기초로 하여 기존 설비와 덕트 및 배관의 노후도 정도를 진단하여 현실성 있고 적합한 리노베이션 방안을 강구하고자 한다. 또한, 기계설비계통의 기능이 건물의 내구 연한까지 성능을 유지하고 적절한 시기의 리노베이션으로 최상의 설비상태를 유지하여 쾌적한 실내환경을 구현하는 데에 있다.

2. 기계설비계통의 진단

2.1 진단의 개요

건물은 준공이후 유지보수작업에 의한 기능의 유지가 필요하다. 그 건축물을 관리하는 종합관리 기술자를 시작으로 보일러와 전기 기술자 등 각종 전문기술자의 일상점검과 정기점검, 법령점검 등에 의해 각종 기능상태가 점검되고 기능유지와 회복을 위해 필요한 조치를 취하는 작업의 반복에 의해 이루어지는 것이다.

진단의 현상을 살펴보면, 우선 물리적인 노후현상으로, 고장의 빈도가 많아지기 시작할 때, 교환 부품의 구입이 어려울 때, 수리가 기술적으로 불가능하거나 대규모의 수리가 필요할 때, 성능이 저하되고 사용상의 안전성이 유지될 수 없다고 판단될 때, 성능노후에 의해 유지관리비(에너지 비용을 포함한)의 증가가 현저할 때 그리고 성능노후에 의해 부하를 공급할 여력이 없다고 판단될 때 등이 된다.

또한, 사회적 노후현상으로는 법적으로 부적합할 때, 새로운 기능요구(OA화, 장애자를 위한 시설, 에너지 절약화, 안전성의 향상 등)가 발생할 때, 새로운 시스템의 출현에 현재의 시스템이 뒤



떨어졌을 때, 건축물의 사용목적에 비할 때, 그리고 건축물의 부가가치를 높이고 경영의 효율을 도모하려고 할 때 등이 있을 수 있다.

2.2 진단대상 설비

진단설비는 일반적으로 공조환기설비, 급수와 배수·위생설비, 전기설비 및 수송설비로 크게 구분되나, 여기서는 기계설비에 국한하기로 한다.

(1) 실내 환경

- ① 실내공기환경(온·습도, 기류, 분진, CO·CO₂의 농도)
- ② 조명설비(조명방식, 기구형식, 바닥 면적당 전력)

(2) 기계설비

- ① 열원시스템(방식, 용량, 대수, 축열조 용량)
- ② 운송시스템(송풍방식, 송수방식, 유량, 동력 등)
- ③ 조닝(방위별, 용도별, 시간대별)
- ④ 보온, 보냉(주요 재료 및 두께)
- ⑤ 환기설비(대상, 계통, 방식, 풍량, 동력)

- ⑥ 위생기구(세척방식, 절수방법)
- ⑦ 급탕설비(대상, 방식, 열원)
- ⑧ 조명설비(방식, 기구형식)
- ⑨ 에너지절약 방법(전열교환기, VAV, 외기냉방, 최소 외기제어, 절수, 폐열회수, 조명제어장치, 역을 개선 등)

진단대상이 되는 각 설비와 계통·기기, 진단대상을 공조·환기설비 및 위생설비에 한하여 표 1. 및 표 2.에 나타내고 있다.

실내환경에 대한 조사항목은 필요한 내용에 대하여 분야별로 표 3.에 나타내고 있다.

2.3 설비기기의 성능진단

(1) 설비기기의 열화와 진단

기계설비기기와 시스템의 성능이 계획, 설계의 내용대로 준공 후부터 운전 시 항상 정상적으로 가동되는 것이 바람직하나 장시간 운전 에 따른 설비기기·시스템의 부하변동, 주변환경으로부터의 영향, 정비, 취급방법, 운전, 보수, 부품교환 등에 의해 소규모의 부품에서부터 완성된 기기류, 시스템의 구성재료에 이르기까지 열화가 발생되어 초

표 1. 공조설비의 진단 대상

설비	계통·기기	진단 대상명
열원 설비	열원 기기	냉동기, 냉각유닛 등
	운 반 계	배관재료(냉·온수관·냉각수관 등), 펌프 등
공기조화	공기조화	수냉식 팩키지, 공냉식 히트펌프팩키지 등
	운 반 계	송풍기, 덕트 등
환기 설비	환기 기기	전열교환기 등
	운 반 계	송·배풍기, 덕트 등
자동제어	자동제어	조작기기, 제어판넬, 감시장치



표 2. 위생설비의 진단 대상

설비	계통·기기	진단 대상명
급수설비	수원계	탱크(FRP제, 강판제 탱크) 등
	운반계	배관재료(급수관, 밸브, 펌프) 등
	단말기기	급수전류 등
급탕설비	열원기기	가스기구(가스탕비기), 전기온수기 등
	운반계	배관재료(급탕관), 밸브, 펌프 등
	단말기기	급탕전류(샤워기기, 수도관) 등
배수·통기	저류계	탱크(배수탱크) 등
	운반계	배관재료(배수관) 등
	단말기기	대변기, 소변기, 세면기 등
위생기구	위생기구	세면화장대, 시스템키친, 바디샤워기기 등

표 3. 실내환경의 진단

항목	조사의 목적
거주자의 실제 감각	실내환경 요소에 대한 거주자의 실제감각 조사
실내온도·습도	실내설정 온습도 조건의 변경 검토
기류 분포	실내기류 분포의 파악
실내 CO ₂ 농도	외기취입량 변경의 검토
실내부유 분진농도	공기필터의 변경, 청소의 검토
실내 조도	실내조도와 조명방식의 검토

기의 능력과 상태의 유지 및 발휘가 어려워진다.

(2) 배관의 열화 진단

일반적으로 배관의 열화와 그 기능을 발휘하지 못하는 상태는 부식이 가장 큰 원인이 되며 이는 배관의 용도, 재질에 따라 다르게 진행된다. 급수, 급탕 배관시스템에서는 아연도금 강관 경우 녹물 발생, 녹부스러기에 의한 관 폐쇄, 부식에 의한 누수와, 동관은 부식에 의한 누수 등이 발생하며 공

조배관시스템에서 냉각수배관, 냉온수배관의 아연도금 강관은 급수관과 동일하게 관부식에 의한 관 폐쇄, 누수가 발생한다. 또한 배수 시스템에서는 배관 내 퇴적물에 의한 관 폐쇄 등의 문제가 발생한다.

이와 같은 배관 열화상태를 진단하는 방법으로서는 배관샘플에 의한 진단, 초음파 두께 측정기에 의한 진단, X선 사진에 의한 진단, 와류탐상기에 의한 진단 그리고 수질, 수량, 기타에 의한 진단



표 4. 배관의 노후도 등급분류 기준

등 급	기 준
A	· 신품과 유사
B	· 배관 두께가 감소 되지 않았으나 스케일이 1mm정도 형성 · 부식속도가 0.08mm/년 이하 · 잔존수명이 5년 이상 추정
C	· 배관 두께가 감소 및 녹, 스케일이 3mm정도 형성 · 부식속도가 0.08mm/년이상 1.00mm/년이하 · 잔존수명이 5년 이하 2년 이상 추정
D	· 심각한 두께 감소와 감소 및 녹, 스케일이 3mm정도 형성, Pitting 형성 · 부식속도가 1.00mm/년 이상 · 잔존수명이 2년 이하 추정

등이 있다.

배관의 노후도 등급분류는 일반적으로 표4.를 기준으로 한다.

(3) 덕트의 진단

총래 덕트의 수명은 건축물의 수명과 동일시하여 생신에 대한 논의가 거의 없었다. 그러나 최근 전자산업과 유전공학에 관련된 첨단산업의 연구, 제조에 클린룸의 이용과 덕트를 통하여 공급되는 공기는 무진·무균에 가까운 고도의 질적 관리가 요구되고 있으며 일반 보건용 공소에서 위생관리 측면에서 덕트의 재생 및 갱신의 요구가 대두되고 있다. 덕트자체는 공조, 환기 시스템 중 공조기, 송·배풍기 등의 기기류에 비하여 열화의 진행이 크게 발생되지 않으며 갱신 시에는 소홀히 하는 경우가 있다.

그러나 실내공기의 질적조건 확보측면으로는 오염물질제거와 청소가 갱신의 대상으로 고려되기도 한다. 장시간 실내공기를 순환시키는 과정

중 실내에서 제거되는 분진과 세균 미생물 등이 덕트내부에 퇴적 또는 번식하고 일부는 공기 중 재비산하여 실내에 송풍되어 실내환경을 악화시키는 경우가 있다. 필터가 공기 순환중에 부유 오염물질을 제거하고 외부로부터 침입을 방지하나 일반적으로 공조설비에 사용하는 에어필터의 제진효율은 그다지 높지 않아 오염물질의 실내유입을 완전히 차단하는 것은 불가능하다. 건축물의 수명이 유지되고 있는 한 어느 시기에 설비의 정비, 갱신을 반복하게 되며 덕트에 대하여도 공조 위생 환경 측면을 고려하여 덕트내부 청결이 유지되어야 한다.

3. 설비계통의 에너지 절약방안

기존건물의 개·보수에 있어서는 상황이 다르다. 설비의 개보수는 수년간에 걸친 건축물 운영 경험을 바탕으로 설계치에 의한 시공이 아닌 실제



운전상황에 대한 고려에 의해서 각 건물에 맞는 맞춤형 설비의 설계가 가능하다. 이 경우 최우선적으로 고려할 수 있는 문제가 바로 에너지 절감적 수법의 검토이다. 따라서, 현재 건축물에 적용 가능한 에너지 절감방법은 크게 분류하면 다음과 같다.

(1) 최소 외기량의 최적화

건축물의 에너지소비상태를 파악해 보면 외기처리를 담당하고 있는 부하가 에너지의 상당부분을 차지하고 있다. 실로 건축물의 에너지 절감의 가장 큰 효과는 바로 외기처리에서 나온다. 외기 도입량은 건축물에 실내요구 환경 조건에 따라 결정된다. 도입외기량을 최적화하는 방법에는 크게 두가지 방식으로 요약해 볼 수 있다.

첫째, 건축물의 용도 및 시간적 변화에 따른 필요 외기량의 변화를 설계치가 반영하고 있는가를 검토하는 것이고, 둘째로는 필요한 외기량 만큼 실제외기가 도입되고 있는가를 정확히 검토하는 것이다. 외기량의 최적화 방법의 설비적 수법으로는 대표적인 것이 CO₂ 제어이다.

재실인원 1인당 일정량의 외기는 필요하나, 사무실 건물에 있어서 재실인수가 변동하는 데, 변동인원에 대응하는 외기량을 도입하는데는 환기덕트에 CO₂ 검출기를 설치하여 외기덤퍼를 제어하게 되면 상당량의 에너지를 절감할 수 있다.

(2) 외기 냉방방식의 채용

주로 봄, 가을 등의 중간기에 활용하는 방법으로 외기 직접투입방식과 외기 간접투입방식 등이 있다. 이 방법의 채용여부는 실내, 외의 엔탈피 차이에 달려 있으며, 공조장비의 용량과 엔탈피 차이 등의 비교를 통하여 외기 냉동가동 여부를 결정하게 된다. 혹한기에도 냉동기를 가동해야하는 건물, 예를 들면 항온항습시설 등이 있는 경우 등

은 밀폐식 냉각탑 또는 개방형 냉각탑을 이용한 간접투입방식이 활용될 수 있다.

(3) 전열교환기의 채용

공조폐열회수에 있어서 다른 분야에 비해 외기와 실내기온의 차이가 작은 점을 고려 할 때, 일반 현열교환기는 투자경제성이 떨어지게 마련이다. 전열교환기는 현열 뿐만 아니라 물질이동에 의한 잠열까지 열교환을 하게 되므로 높은 열교환율을 자랑한다.

(4) 공조방식의 최적선택

변풍량(VAV)으로 대표되는 에너지 절약형 공조방식은 비교적 대규모의 투자가 필요함에도 적용사례가 늘고 있는 것은 시스템 및 운전의 최적화에 의하여 가장 이상적인 에너지 절약형 공조조건을 충족시킬 수 있다는 점이다. 이 방식은 냉·난방용 에너지뿐만 아니라 팬동력도 절감시켜 높은 에너지 절감효과를 기대할 수 있다.

(5) 열원방식의 변경검토

1) 냉동기 부문

냉동기에서 에너지를 절약할 수 있는 방법은 유지보수적인 측면, 운영적 측면, 효율적인 설비로의 교체적 측면으로 생각해 볼 수 있다. 유지보수적인 측면에서 정기적인 세관을 통하여 응축기 및 증발기의 열 전달효율 감소를 막고, 냉매량의 적정량 유지 및 불응축가스의 적절한 추기를 통하여 전체적인 냉동효율의 감소를 막는 것이고, 운영적 측면에 있어서 냉수온도의 상승운전 및 냉각수 온도의 하강운전을 통하여 냉동능력을 증대시킬 수 있다. 냉수온도의 상승은 전체 공조시스템의 여유를 고려하여 적당한 상승폭을 결정해야



하며, 냉각수 온도의 하강은 단순 운영적인 개선으로는 곤란하나, 건물에 공급되는 시수 및 정수와의 추가 열교환기 설치를 통하여 냉각수 온도의 하강이 가능하다.

2) 빙축열

기존의 냉동기가 노후되어 효율의 저하 또는 장비의 수명주기에 따라 냉동기를 교체해야할 경우에 실내 현열의 증가 등으로 냉방용량의 증가설치가 불가피하다. 장비의 증가설치시 수변전용량이 비례적으로 증가하나, 여유공간 및 간선용량 등의 문제로 수변전용량의 증가는 어려운 실정이다. 빙축열을 설치시 일냉동부하의 40% 이상을 야간에 축열하여 주간에 냉동기와 병행하여 사용하므로 장비용량이 50% 정도로 축소되어 기존의 수변전용량을 활용 할 수 있다.

부속설비 및 배관류의 경우 용량에 비례하여 크게 차이가 나지 않으면 재활용하여 사용할 수 있고, 저장된 냉열원을 방열하므로 저온의 급기가 가능하여 예냉부하를 단시간에 처리할 수 있고 실내의 쾌적한 공조상태를 조성할 수 있다.

3) 보일러

보일러가 설비수명기간 이상이 되어 열효율의 감소가 현저한 경우는 보일러 교체를 검토해야한다. 사용연료와 보일러 방식에 따라, 장·단점이 극명하게 나타나므로 신중히 고려해 결정해야 한다. 사용연료의 종류도 발열량당 단가를 단순비교하는 것이 아니고 폐열회수의 범위 등이 상이하여 전체적인 보일러 효율이 차이가 나므로 이런 점들은 복합적으로 비교해야 한다.

보일러 형식에 따라서 검토 건물의 난방부하 특성에 가장 적합한 형식 및 수량, 현장설치여건이 결정될 수 있으므로 역시 복합적으로 검토되어야 한다.

4) 연소 배기폐열의 활용

보일러 배기가스의 폐열은 설비가 허용하는 한도내에서는 회수하여 이용해야한다. 일반적으로 가스보일러의 경우 배기가스의 온도를 50℃ 이하로의 열회수도 가능하다. 이 경우 배기가스중 수분의 응축열에 의한 막대한 양의 응축잠열을 이용할 수 있으므로, 보일러 효율이 저위발열량 기준으로 100% 또는 그 이상도 가능하다. 그러나 액체, 고체 연료의 경우는 배기가스중의 이산화황에 의한 저온부식으로 인해 배기가스의 노점이하 온도로는 배기가스의 온도를 낮출 수 없다. 그러므로 액체연료의 종류에 따라 엄밀하게는 다르지만 150% 이하로의 열회수는 불가능하다.

(6) 유체 반송동력의 절감

같은 열량을 전달하는데 소요되는 에너지량을 비교해 보면 공기의 비해 물이 약 절반이하로 가능하다. 그러므로 덕트의 길이는 될 수 있으면 짧아야 하며, 원격지로의 이송을 위해서는 물 또는 증기로서 반송해야 한다. 펌프 및 팬에 있어서 에너지 절감에서 대표되는 기기는 인버터를 필두로 한 회전속도 가변속 기기류이다.

(7) 에너지절약 자금의 활용

건물의 개보수를 시행할 때, 사전에 개보수를 위한 소요자금을 적립하였다면 쉽게 개보수를 시행할 수 있지만, 소요자금이 적립되지 않았을 경우에는 소요자금이 커다란 부담이 될 수 있다. 더욱이, 개보수에 소요되는 비용은 신축시에 동일한 설비를 설치할 때 보다 비용이 추가되기 때문에 개보수에 소요되는 비용부담이 클 수 밖에 없다. 더욱이 에너지 절약을 위하여 고효율의 기기를 설치한다고 할 경우, 고효율기기가 일반장비에 비하여 가격이 다소 고가이기 때문에, 개보수시 에너



지절약형으로 교체한다는 것은 실로 중요한 결심을 요구하게 된다. 이러한 경우, 정부에서 운영하고 있는 저리의 에너지 이용합리화 자금을 이용할 경우에는 초기투자비를 쉽게 조달할 수 있고, 조달한 자금도 분할상환이 되기 때문에, 자금운용상 커다란 도움이 되고, 또한 금리가 낮기 때문에 경제적 효과가 상승되는 이중적인 효과를 얻을 수 있게 된다.

4. 기계설비시스템 리노베이션 방안

4.1 리노베이션 방안

건물 기계설비시스템에 대한 리노베이션을 위한 철거 및 시설공사 방안으로는 몇 가지로 분류할 수 있으며, 그 내용은 다음과 같다.

(1) 전층 동시 리노베이션 방안

전층을 동시에 리노베이션을 실시할 경우에는 층별이나 Zone 별 공사비용에 비해 약 10% 정도 줄일 수 있으며, 공사기간도 최대한으로 단축시킬 수 있는 잇점이 있으나, 현재 건물에서 사용중인 입주자들에 대한 동시 이주대책 등이 뒤따라야 할 것이다.

(2) 층별 리노베이션 방안

1~2 개층에 대해서 부분적으로 리노베이션을 실시하면서 부분적인 공사를 실시하는 방안으로서, 효율적인 철거 및 리노베이션을 함으로써 작업의 능률성은 높아지나, 다른 층과 연결되어 있는 덕트에 의하여 공기의 청정 및 온.습도에 대한 불만의 소지가 발생할 수 있다.

(3) 공조 Zone별 리노베이션 방안

공조설비의 Zone별로 리노베이션을 실시하는 부분 리노베이션 방안으로서, 다른 층과 연결된 덕트공사를 무리 없이 처리할 수 있으나, 같은 층의 다른 Zone에 입주하여 있는 입주자에게 불편을 야기할 수도 있다.

따라서, 건물의 철거 및 공사방안 가운데 기존의 입주자에 대한 배려와 작업성 등을 고려할 때, 부분 리노베이션 방안인 층별 리노베이션나 Zone 별 리노베이션 방안이 바람직하다고 볼 수 있다.

4.2 리노베이션 절차

건물의 기계설비계통에 리노베이션은 초기검토, 기획검토, 시공 및 유지관리의 4단계로 구분할 수 있다. 그러나, 신축과는 달리 기존의 건축물을 대상으로 하기 때문에 사전에 면밀한 검토가 이루어져야 한다.

(1) 초기 검토단계

리노베이션 시행은 기획에서 시공 그리고 준공 후의 유지관리의 효율성까지 감안하여야 하므로 이를 전문적으로 선정하여야 한다. 선정된 업체는 기초적인 상담과 면밀한 조사를 실시한다.

(2) 기획/계획단계

건물 기계설비계통의 개략적인 상황을 파악하기 위하여 진단을 실시하고, 이를 토대로 리노베이션 시행을 위한 제안서를 작성한다. 제안서에는 각 분야별로 시행방법, 범위, 투자비 및 투자이익 산출 등을 포함한 리노베이션 방안이 기술되어진다.

(3) 설계단계

건물 기계설비계통에 대한 진단내용을 토대로



상세하고 구체적인 설계를 실시한다. 설계에서는 법적인 규제 및 권장사항 등에 대한 면밀한 검토와 합리적인 설비시스템에 대한 적용성이 함께 고려되어야 한다.

(4) 시공단계

리노베이션에 관련된 전문시공 및 감리를 시행한다. 전문 기술과 경험을 보유한 업체를 활용하여야 하며, 다양한 요소기술과 경험이 필요하므로 시공업체는 Out-Sourcing 체계가 잘 갖추어져야 한다. 또한, 건물의 유효활용 증대, 유지관리 효율의 극대화 등을 전제로 투지이익을 극대화하도록 한다.

(5) 유지관리단계

준공 후 기존 및 신규 이용자의 평가, 에너지 절약 정도, 성능 등 최초 리노베이션 시행시의 목적과 대비하여 효과를 검증해 본다. 그리고, 증대된

가치의 유지를 위한 효율적 유지관리 수법에 대한 추가적인 컨설팅이 필요하고, 차후의 리노베이션에 대비한 유지관리가 필요하다.

5. 맺음말

건물의 기계설비를 운영하는 데에는 준공시부터 지속적인 진단 및 리노베이션이 요구되고 있다. 특히, 효율적인 성능유지 및 양호한 실내환경 보전, 그리고 에너지의 능률적인 사용 등은 기계설비시스템의 진단 및 리노베이션에서 전제조건이 되고 있다.

따라서, 건물의 신축뿐만 아니라, 기존건물의 기계설비시스템에 대한 진단 및 리노베이션이야말로 중요한 분야가 되고 있는 것이 분명한 사실로서, 지속적인 연구와 부단한 관심이 필요하리라 사료된다.

참고문헌

1. 박종일, 1999. 6, 건축설비 갱신과 진단, 도서출판 전기원
2. 황원택, 1999.7, 건축설비 개수(Retrofit) 설계기술 및 사례, 월간 설비기술, p94~105
3. 황건희, 1999.7, 설비의 개보수와 에너지절감, 설비, p51~56
4. 조정식 외, 2000. 11, 시설물 기계설비시스템 진단 및 개선방안, 한국건설기술연구원
5. 清水 滿 外, 1990.11, 建築設備の再生産-最新のリフォーム技術, 技術書院

