

건물의 리모델링을 위한 설비 진단 사례

이선옥, 최승환

리모델링의 시기와 활성화 배경

일반적으로 건축물의 내용년수는 45 ~ 55년임에 비하여 통상 건물내 구조물 또는 부품의 사용가능 내구년수는 10~20년으로 다양하다.

따라서, 평균적으로 신축 후 15~20년이 된 건물은 개수에 해당되는 리모델링 사이클에 진입하는 것으로 간주되어 리모델링이 필요한 시기이다.

1960년 이후 우리나라는 도시화와 산업화의 진전에 따라 주거용, 업무용, 공업용 건축물의 재고가 축적되었으며 전체 재고 건축물의 25%내외가 준공된지 15~24년 이상이 경과된 건물이고 아파트의 고층화 경향으로 재건축보다는 리모델링을 선호하는 방향으로 수요가 활성화 될 전망이다.

이처럼 리모델링이 활성화되는 배경에는 첫째, 사회적 측면에서 건물 신축에 따른 건축 폐자재의 과다 발생, 건축자원의 과다 소비로 사회적 비용 절감이 요구되기 때문이고 둘째, 수요 측면에서 건축물 소유자 입장에서 신축비용의 30~60% 정도의 투자로 건물의 물리적, 사회적 기능 향상으로 재건축보다는 리모델링의 수입이 더 많아지기 때문이다. 셋째, 시공자 측면에서의 리모델링은 금액측면에서 공사 규모가 적지만 공사기간의 단기성으로 인하여 단위 기간당 평균 매출액은 신축과 비슷한 수준이 되어 수입은 신축과 비슷하게 됨에 따라 시공자 입장에서는 리모델링을 선호하기 때문이다.

설비 진단 방법

예비조사

- 진단의뢰자의 의뢰목적을 명확히 파악하고 현장 현

황을 조사하기 위하여 예비조사를 실시한다.

- 예비조사는 각종 진단에 앞서 실시하는 것으로 의뢰자의 요구사항과 문제점의 정도, 범위 등을 청취하고 준공도서, 각종 검사기록, 운전기록 등을 통하여 진단 계획서를 작성하기 위한 각종 정보를 입수한다.

- 주요 작업내용

기능장애의 내용, 범위, 정도의 확인, 1차 진단 이후의 작업실시를 위한 제반조건(실시시기, 기간, 예산, 보관서류, 자료)등의 존재와 기타 실시 제약조건(근무공간의 작업제한, 작업의 시간제한, 강제적 설비기능정지의 허용범위, 시기 등)의 확인 등을 시행한다.

- 조사에는 관리자의 협력이 필요하며, 관리대장의 제공과 문제점의 청취등은 조사대상의 선정에 앞서 중요한 정보가 된다.

진단계획

예비조사의 결과를 기초로 진단내용, 진단대상, 진단방법, 진단공정 등을 검토하여 진단계획서를 작성한다.

- 열화진단

건축설비를 구성하는 기기와 재료를 대상으로 부품 조달의 난이도, 열화현상(부식, 변색, 변형, 성능저하 등)의 정도와 범위등을 진단한다.

- 안전기능진단

주로 방재설비를 대상으로 건축법과 소방법을 기준으로 현행 법규와의 적합성과 문제점 등을 진단한다.

- 환경기능진단

온열환경, 빛환경, 음환경, 진동환경, 보건위생환경 등의 환경요소에 대하여 양호 불량여부, 업무환경과 보수환경의 설비시스템과의 적합성 등을 진단한다.

- 에너지 절약기능 진단

에너지 절약방법의 채용 내용과 에너지 사용량 등을

이 선 옥 (주)우원 TAB사업부 (wwtab@chollian.net)

최 승 환 (주)우원 TAB사업부 (wwtab@chollian.net)

진단한다.

현장조사

진단계획서를 기초로 진단대상에 대하여 현장조사를 실시한다. 현장조사는 건물의 규모, 경과연수, 예산에 따라 실시등급을 달리한다.

- 1차조사

진단대상에 대하여 관찰, 청각, 촉각 등의 오감에 의한 조사와 관리자료의 분석조사 등의 조사를 말한다. 2차 조사에 비하여 간단하고 비교적 단기간에 실시하나, 오감에 의하여 조사하는 것으로 정량적으로 평가하기가 어렵다. 진단자는 각 설비에 대하여 풍부한 경험과 지식이 요구된다.

- 2차 조사

설비시스템, 기기의 운전상태, 계측기기를 이용한 각종 자료의 수집 및 분석, 표본 분석(배관의 절단조사 등) 등을 실시한다. 공조설비는 냉방기간, 난방기간의 조사가 필요하며, 조사기간은 6~12개월이 소요된다.

- 3차조사

대형기기 등의 분해, 분석에 의한 조사로서, 제조회사와 외부 조사기관에 의뢰하여 실시한다.

진단 및 평가

- 진단 및 평가는 진단대상에 대하여 사회적 열화와 물리적 열화의 정도와 범위, 개선이 필요한 대상, 범위, 시기 등을 판정한다.
- 물리적 열화의 정도는 준공시점의 초기성능을 기초로 열화현상의 정도를 3단계(정상, 초기저하, 말기저하) 정도로 평가하며, 기기의 경우 여러 부속 중에서 비교적 중요한 부품의 열화정도를 파악한다.
- 사회적 열화는 진단시점 또는 최근에 요구되고 있는 기능 수준을 정하고, 이 기준으로부터 현재의 상태를 파악한다. 또한 요구기능에는 폭이 있으며, 건물의 용도, 수준 등에 의해 기준을 고려할 필요가 있다. 따라서 평가에는 기준수준을 명확히 할 필요가 있다.
- 개선시기에 대해서는 수명의 관점에서 3단계(초기 대응, 중기대응, 장기대응)정도로 평가한다.

호텔건물의 설비 진단 사례

건물현황

- 건물명 : S호텔
- 위치 : 서울특별시 광진구
- 연면적 : 28,485평 (94,000㎡)
- 건물사용현황 : 본관동, 콘벤션, 면세점외 15개동

시설현황

- 터보 냉동기 : 470 Rt × 3대, 230 Rt × 1대, 320 Rt × 1대, 150 Rt × 1대, 120 Rt × 1대, 100 Rt이하 × 10대
- 보일러 : 10 ton × 3대, 5 ton × 1대, 465,200 W 이하 × 24대
- 냉난방, 냉각수 펌프 : 55 kW이하 × 96대
- 열교환기 : 465,200 W × 8대
- 공기조화기 : 54대, 환기팬 : 50대, PAC : 25대, 급탕 탱크 : 14대
- 급탕 순환 펌프 : 32대, 정수장 펌프 : 9대
- 생활 하수 및 정화조 펌프 : 7대

진단 영역의 개요

본 영역은 S호텔 설비에 대한 전반적인 기술 진단을 통하여 기존 설비의 노후부식으로 인한 개보수계획과 설비개체가 요구하는 각 부문별 문제점을 도출시켜 호텔 영업의 현실을 감안한 대책을 모색하여 원만한 기능 유지와 쾌적한 실내환경을 조성하는데 그 주안점을 두었다.

- 기존 설비에 대한 문제점 파악 및 개선안 작성
- 운전비용 절감방안 강구
- 투자 우선순위 결정
- 년차적인 사업추진계획 수립
- 향후 효율적인 시설관리를 위한 설비 성능의 실측자료 확보

진단 결과 요약

S호텔의 건축설비 대부분은 1978년에 건축된 후 15년이 경과된 현시점에서 진부화와 노후화로 전면적인

개보수가 요구되나 호텔영업등의 현실성을 감안하여 부분적인 개보수를 실시하는 것으로 하였다.

- 공기조화기 및 송풍기의 대부분은 노후화로 풍량이 부족한 상태에서 운전되고 이로 인한 결로발생, 공조 불량등의 여러 가지 문제가 발생되고 있었다.
- 노후부식으로 잦은 누수가 발생하는 온수 및 증기배관은 천장 또는 인테리어 속에 설치되어 있는 관계로 추후 인테리어 교체시 재시공하고 우선은 열손실이 심한 기계실 및 공조실에 설치되어 있는 배관에 대하여 재보수를 실시하며 누수 및 증기누설이 있는 기계실 및 공조실의 일부 배관을 교체한다.
- 덕트는 노후화 진행정도가 심한 편이고 특히 공조기의 풍량부족과 자동제어 설비의 노후화로 인한 작동 불능으로 덕트와 보온재 사이에 결로가 발생되고 있으며 이로인한 급속한 덕트 부식이 발생되고 덕트의 공기누설과다와 덕트 보온 미비로 에너지 낭비가 비교적 많다.

이러한 문제점을 제거하기 위하여 덕트를 전반적으로 교체하여야 하나 인테리어나 천장속의 덕트를 교체하기가 불가능 하므로 우선 기계실이나 공조실의 덕트를 교체 또는 보수하되 에너지 절감형인 외기 냉방의 공조시스템이 가능하도록 재시공하고 인테리어 및 천장속 덕트는 년차적으로 보수한다.

- 냉동기 및 냉각탑은 내구년한의 경과로 노후화 진행정도가 심할뿐 아니라 그의 성능 또한 저하되어 호텔의 쾌적한 실내환경의 유지가 어려울 정도이고 호텔규모에 비하여 냉동기 용량이 부족한 편이다.
- 냉동기 및 냉각탑의 성능 향상을 위한 여러 가지의 방안을 모색하였으나 기존의 냉동기가 오존파괴의 냉매를 사용하므로써 수년내 오존파괴의 냉매사용이 규제되는 것을 고려하였고 하절기의 최대 냉방 전력 사용억제의 국가시책과 운전비용 절감의 목적등을 고려하여 빙축열시스템을 도입한다.
- 공기조화설비에 대하여 현존한 여러 가지의 문제점을 도출하여 그의 원인을 실측값에 의하여 정밀 분석하고 개선방안을 모색하여 제시함으로써 공조설비의 기능이 향상되도록 한다.

문제점 및 개선방안

공조설비는 대부분 노후화가 많이 진행된 상태이며, 공조기 및 송풍기의 풍량은 설계값의 36.3 ~ 77.9%으로 쾌적한 실내공조에 악영향을 미치고 있다. 특히 지나친 풍량 부족은 토출 공기의 온도를 낮게 유지시켜 여러 가지의 문제점을 유발시키고 있다.

저온의 기류가 내실자의 신체에 직접 스치게 되면 내실자가 온도차를 느껴 불쾌감을 유발시키고, 덕트내에서 결로가 발생되어 덕트의 부식을 촉진시키는 촉매제 역할을 한다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 개선방안은 풍량 부족과 부식 정도에 따라 달라진다. 부식정도가 심하고 풍량이 부족한 장비는 전면적으로 교체하고, 부식이 심하지 않고 풍량이 부족한 장비는 모터 폴리만을 교체하여 문제점을 해결한다.

본 호텔의 공조설비는 부식에 의한 문제점이 많이 발생하고 있지만, 이것을 정밀 분석하여 보면 설계, 시공, 운영상의 잘못으로 인하여 파생되는 것이 대부분이다.

따라서, 설비의 리모델링은 표 1과 같이 현 시설에 대하여 정밀 진단을 실시하여 문제점에 대한 원인을 철저히 분석한 후에 개선방안을 모색하여야 한다.

공조기의 노후도 정밀 조사결과

공조기의 케이싱, 송풍기, 각종 코일, 자동제어기기, 기타 여러 구성기기에 대하여 육안 및 정밀 측정으로 노후도를 조사하였다.

조사결과, 시설의 운전 및 관리 측면의 문제점으로 공조기의 노후화 진행속도가 빨라지고 있다. 또한, 설계 측면의 문제점으로 인하여 냉난방 불량이 발생하고 있는 공조기도 많다.

· AHU - 1

- 공조기 케이싱 내의 보온재가 떨어져 케이싱 표면의 결로 발생 뿐만아니라 이로 인한 에너지 낭비가 심하고 송풍기는 냉수코일 응결수에 의한 부식상태가 심하고 풍량과 정압이 부족하게 나타났다.

<표 1> 기능정상화 방안

문제점 및 원인	개선 대책
1. 냉동기 및 냉각탑등 냉방용량 부족 (현황) - 기존설비용량 : 2,230 Rt 적정용량 : 2,850 Rt (현상) - 용량부족으로 외기덤퍼를 완전 차단하고 공 조기를 운전함 으로써 신선한 외기공기 유입이 불가능	<ul style="list-style-type: none"> · 620 Rt의 냉방능력을 증가 · 빙축열 냉방방식도입으로 냉방능력을 증가 시켜도 운전비용은 오히려 절감됨.
2. 자동제어설비의 진부화 (현황) - 1978년에 도입한 전기식 현장제어 방식 (현상) - 계절등 외부조건과 잘 조화된 실내의 온도 및 습도유지 불가능 - 효율적인 설비관리 및 운용 불가능 - 관리인력증가 - 불필요한 에너지의 소모	<ul style="list-style-type: none"> · DDC 방식의 자동제어설비 도입 · 운전비용 절감효과
3. 공조기 성능부족 및 송풍기 풍량부족 (현황) - 노후화로 풍량부족 : 설계치의 36.3% ~ 77.9% (현상) - 결로발생으로 인한 덕트의 급속한 부식발생 - 고객에 냉기가 직접 접촉함으로 불쾌감 유발 - 공조지역간 공기량 불균형으로 기류발생	<ul style="list-style-type: none"> · 본관공조기 16대 및 사무나공조기 2대 교체 예상비용 : ₩376,200,000 · 본관 · 콘벤션 · 힐탑 · VIP 맨션 · 제임스의 공조기 모터풀리 교체(11대) 예상비용 : ₩7,140,000 · 송풍기교체(55개) 예상비용 : ₩157,300,000 · 송풍기 풀리교체(27개) 예상비용 : ₩ 11,580,000 계 ₩552,220,000
4. 콘벤션 및 필 1, 2호 냉각수 펌프유량 부족 (현황) 스트레이나에 이물질 부착으로 압력손실 발생 (현상) 펌프유량과 냉동기 냉방능력이 설계치의 약 60%로 성능부족	<ul style="list-style-type: none"> · 정기적인 관리 및 청소
5. 결로발생에 따른 덕트의 부식으로 공기누설과다 및 보온불량과 외기 냉방이 불가능 (현황) - 본관공조기 15대, 콘벤션 6대, 사무나 3대 의 덕트부식으로 20~30%의 공기누설 - 본관공조기 13대, 콘벤션 10대, 사무나 3대의 보온불량 (현상) - 불필요한 에너지 소모 - 공조불량지역 발생	<ul style="list-style-type: none"> · 제 1종 환기방식으로 전환을 위한 공조기 8대교체 예상비용 : ₩132,640,000 · 제 1종 환기방식으로 전환을 위한 환기팬13대 증설 예상비용 : ₩36,770,000 · 본관 21대, 콘벤션 9대, 사무나 3대의 덕트교체 예상비용 : ₩1,255,000,000 · 기계실 및 공조실 덕트보온공사 예상비용 : ₩242,500,000
6. 냉동기 운전효율 저하 (현황) - 설치후 15년으로 (평균기계수명 10~12년) 냉동기 냉방능력 저하 - 설계치대비, 본관의 경우 72.1%에 불과함. (현상) - 년 300,000 kWh의 불필요한 에너지 소모(약 23,000,000원/년) - 외기덤퍼 차단운전으로 CO ₂ 및 부유분진 농도가 높아져 쾌적한 환경유지 불가능, 경우에 따라서는 두통등 유해환경 발생우려 - 공조지역간 공기량 불균형으로 주방 및 화장실 냄새가 인접지역 으로 확산	<ul style="list-style-type: none"> · 본관 냉동기 3대 교체 · 현행 터보 냉동기 교체의 경우 예상비용 : ₩365,000,000 · 운전비용절감형인 빙축열 시스템에서 사용되는 상온 및 저온 냉동기로 교체하는 것이 타당함
7. 냉각탑 노후화(설치후 15년 경과) (현황) - 냉각탑 냉각능력이 설계치의 78.8~81.9% - 지지대 및 냉각팬 부식 (현상) - 냉동기 고압축 압력상승으로 냉방능력 저하 - 안전사고 우려	<ul style="list-style-type: none"> · 본관 냉각탑 230 Rt의 시급한 교체 예상비용 ₩30,360,000 · 본관 470 Rt 냉각탑 3대는 빙축열시스템 도입을 위하여 용량 변경 교체

〈표 1〉 기능정상화 방안 (계속)

문제점 및 원인	개선대책
<p>8. 명월관의 주방 및 식당 급배기팬 풍량부족 (현황) - 급배기팬 풍량이 설계치의 37.3~88.7%로 불가함 - 환기횟수 부족 (기준치의 약 40%) (현상) - 주방냄새가 식당등 영업장 확산 - 연기잔존으로 불쾌감 유발 - 과냉으로 냉방병원인 제공 - 송풍기 소음과 진동방생 - 불필요한 에너지 소모</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 영업장을 실마다 분리하여 급기덕트에 MVD를 설치하여 배기팬과 연동하고 공조기에 인버터 설치 예상비용 : ₩248,500,000 · 기존 공조설비를 전면 교체하되 냉동기 및 냉각탑등 열원설비 재사용하고 전열 교환기 도입 · 연간운전비용절감액 : ₩12,000,000
<p>9. 전지역의 필터오염 (현황) - 필터오염상태 감지시설 미비로 육안검사만으로 필터오염상태 파악 (현상) - 급격한 풍량감소현상 발생 - 실내환기횟수 부족으로 냉난방 부하변동의 대응 불가능 - 코일오염으로 전열효율 저하되어 냉난방 능력 저하 - 과냉으로 열손실 발생 및 냉방병 유발</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 68대의 필터차입계 설치 예상비용 : ₩7,130,000
<p>10. 외기도입구의 전차기열코일 오염 (현황) - 가열코일의 오염상태가 심하여 정압손실 증가 (현상) - 공조기 풍량감소 - 외기유입차단으로 CO₂ 적재현상 유발 - 전열효율 저하로 인한 에너지 소모</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 외기도입실 청소 및 10개소에 필터오염 감시장치 부착
<p>11. 공조기 냉수코일 응결수 배수불량 (현황) - 배수장치의 설계 및 시공불량 (현상) - 필터파손 - 케이싱 하부 급격한 부식발생 - 하층의 천장재 및 인테리어로 누수</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 전지역 공조기 배수시설의 재설계 및 재시공 예상비용 : ₩12,000,000
<p>12. 수영장의 공기량 불균형 (현황) - 급기 및 환기풍량의 역균형 정상 : 급기풍량 < 환기풍량 현재 : 급기풍량 > 환기풍량 (현상) - 수영장냄새의 인접지역 확산</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 수영장 공조기 급기송풍기 회전수 감속으로 낮은 부압유지 예상비용 : ₩500,000
<p>13. 힐탑내의 공기량 불균형 (현황) - 과도한 배기량으로 외부공기 유입 정상 : 급기량 ≥ 환기량+배기량 현재 : 급기량 ≤ 환기량+배기량 - 주방 급기송풍기 풍량부족 (설계치의 14%) (현상) - 과도한 부압형성으로 동절기시 차가운 공기유입</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 1안) 공조기의 급기팬 회전수 증가 및 주방 급기팬 교체 · 1안으로 해결이 되지않는 경우 건축 구조를 변경하여 방풍실 설치
<p>14. 구내식당 주방배기불량 및 급배기풍량 불균형 (현황) - 덕트굴곡 및 부식으로 구내식당 이외의 지역에서 풍량손실이 커 주방배기량이 급기량에 비하여 극히 적다. 정상 : 급기량 < 배기량 현재 : 급기량이 배기량의 3배이상</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 공기밀봉작업 및 배연팬, 덕트 이용 · 환기시설 재설계후 전면적인 개보수

<표 1> 기능정상화 방안 (계속)

문제점 및 원인	개선대책
15. 원수의 수질악화로 배출슬러지 증가 (현황) - 배출슬러지처리를 자체 처리할 수 있는 시설미비 (현상) - 원수수질의 악화로 배출슬러지량이 증가하고 배출슬러지 오락 문제발생 - 배출슬러지의 수거처분	· 배출슬러지 처리시설 설치검토 환경보전법 및 도시계획법상의 법규가 상호 위배되므로 충분히 검토필요 예상비용 : ₩418,000,000

- (설계풍량의 76.7%으로 풍량부족)
- 냉수코일의 핀 오염심화로 전열효과가 떨어져 있고 냉수코일의 통과유량 부족으로 냉방능력의 부족현상이 발생하고 있다.
 - 전치가열코일 전단에 필터가 미설치되어 있어서 코일핀의 오염이 심화되고 냉수 2방전동밸브가 작동되지 않아 바이패스밸브가 100% 개방되어서 온도 제어가 되지 않고 있었으며 난방용 밸브모터의 인터록 릴레이가 훼손되어 있고 계절전환용 릴레이의 부식으로 점점불량이 발생하고 있다. 이로 인하여 공조지역 전체가 부분부하시 과냉, 과열이 되고 최대부하시 냉난방 불량이 발생하고 있다.
 - AHU - 2
 - 공조기 케이싱내의 보온재가 결로수에 침수되어 내 부부식이 심하고 송풍기의 정압과 풍량이 부족하다.(설계풍량의 51.7%)
 - 응결수 트랩의 규격 미달로 응결수가 배수되지 않아 케이싱 하부의 부식이 급격하게 진행되고 있다.
 - 공조기 토출측과 덕트 사이의 캔버스 훼손으로 공기가 심하게 누설되고 있다.
 - 자동제어 기기의 노후화상태는 난방용 밸브모터의 인터록 릴레이가 훼손되어 있고 계절전환용 릴레이의 부식 심하고 점점불량이 발생하고 있다.
 - 바이패스밸브의 30% 개방으로 온도제어의 효과가 떨어져 과냉과열이 발생되고 있다.
 - 냉수코일의 핀 오염으로 전열효과가 급격하게 저하되어 있고 냉수코일의 통과유량의 부족으로 냉방능력이 부족하다.
 - AHU - 3
 - 공조기 케이싱내의 보온재가 결로수에 침수되어 내

- 부부식이 심하고 보온재가 부분적으로 떨어져 있는 상태이다.
- 송풍기는 기내 및 기외 정압손실의 과다로 풍량 부족 현상이 발생하고 있다.(설계풍량의 57.8%)
- 필터오염이 심하다.(손실 압력 ΔP = 143Pa)
- 동제어기기의 노후화 상태는 난방용 밸브모터의 인터록 릴레이가 훼손되어 있고 계절전환용 릴레이의 부식심화로 점점 불량이 발생하고 있다.
- AHU - 4
 - 송풍기의 풍량 및 정압이 부족하고(설계풍량의 74.3%) 환기 및 외기 풍량 조절 전동 댐퍼(MVD)가 미설치 되어 있다.
 - 난방용 밸브 모터의 배선 잘못으로 3방변의 작동이 반대로 작동하고 있다.
- AHU - 5
 - 송풍기의 풍량 및 정압이 부족하다.(설계 풍량의 77.9%)
 - 자동제어기기의 노후화 상태는 난방용 밸브의 오배선으로 3방변의 오작동(반대동작)하고 있고 난방용 밸브모터의 인터록용 릴레이가 훼손되어 있고 계절전환 릴레이의 부식이 심하고 점점불량이 발생하고 있다.
 - 냉수용 바이패스밸브가 50%정도 개방되어서 온도 제어가 되지 않아 과냉과열이 발생하고 있다.
- AHU - 6
 - 공조기 케이싱내의 보온재가 결로수에 침수되어 내 부부식이 심하고 케이싱 부식으로 밀봉상태가 불량하여 공기가 심하게 누설되고 있다.

- 송풍기는 냉수코일의 결로수로 인하여 부식이 심하고 풍량 부족현상이 발생하고 있다.(설계풍량의 52.5%)
- 필터오염의 심화로 정압손실이 과다하여 ($\Delta P = 212 \text{ Pa}$) 풍량부족이 발생하고 있다.
냉수코일의 핀 오염으로 전열효과가 저하되고 있고 유량 부족으로 냉방능력이 설계열량보다 부족하다.

운전비용 절감을 위한 최신설비 도입 방안

• 빙축열 설비 도입

- 필요성 : 기존 냉방능력 부족분 620 Rt 증대
기존의 노후화된 냉동기 및 냉각탑 교체 과도한 운전비용 절감
- 예상 공사비
 - 총공사비 : 161,700만원
 - 한전지원금 : 25,470만원
 - 실제공사비용 : 136,230만원
- 기대효과 : 기존 냉방 시스템을 교체 또는 증설하는 경우에도 74,860만원이 소요되어야 하므로 빙축열 시스템 도입에 따른 추가비용은 61,370만원이 필요하다.

이처럼 빙축열 시스템을 도입할 경우 연간 운전비용의 절감액은 13,882만원이고 투자비 회수기간은 약 4.4년으로 경제성이 있는 것으로 판단된다.

• 최신 자동화 설비 도입

- 필요성 : 기존의 노후화된 전기실 현장제어기기 교체 필요 외기냉방 공조방식의 도입을 위하여 DDC 제어방식의 도입이 필수적이다.
진부화된 설비 관리 체계의 전면적인 개선이 필요함. 계절 및 외부조건과 연동하여 일정한 실내의 온습도 유지 및 공기 청정도 유지로 실내환경의 향상 설비의 자동화로 에너지 절감이 필요하며 불필요한 시설보수 및 관리인력 투입억제 되어야 한다.
- 예상공사비 : 124,800만원
- 기대효과 : 연간 운전비용 절감액은 23,611만원이고(냉방 5,773만원 + 난방 7,350만원 + 공조 4,266만원 + 인건비절감 6,038만원)

투자회수기간은 약 5.3년으로 비교적 경제성이 있는 것으로 나타났고 기대효과는 운전비의 획기적인 절감과 쾌적한 실내환경의 조성으로 호텔 영업의 경쟁력이 높아진다.

운전비용 절감을 위한 빙축열시스템 도입검토

운전비용을 절감하기 위하여 빙축열 시스템과 흡수식 시스템에 대하여 운전비용을 산출하여 비교하였다. 냉방 방식별 주요 장비 현황은 표 2~3이고, 공사비용은 표 4와 같으며 빙축열 시스템의 경우 1,362,300천원이고 흡수식 시스템의 경우 1,009,010천원이다.

• 운전비 산출을 위한 전기요금 체계

- 일반전력
업무용 고압(A) 기준
기본요금 : 4,370원/kW
전력요금 : 하계절(6~8월) → 76.8원/kWh
비냉방비(1~5, 9~12) → 51.2원/kWh

<표 2>빙축열 시스템의 주요장비

구 분	빙축열 시스템
냉 동 기	430 Rt × 3 set
열 교환기	667 Rt × 3 set
냉 각 탑	500 Rt × 3 set
냉각수펌프	45 kW × 4 set
냉수펌프	75 kW × 4 set
브라인펌프	75 kW × 4 set
냉각수관경	250 mm
축열용량	10,080 t·h

<표 3>흡수식 시스템의 주요장비

구 분	흡수식 냉방 시스템	소비 전력	비 고
흡수식 냉동기	500 Rt × 4대	29.6 kW	29.6 kW
냉 각 탑	700 Rt × 3대	60.0 kW	증기소비량 : 8.8 ton/h
냉각수펌프	7,700 LPM × 4대	220 kW	대향류형
냉 수 펌 프	5,500 LPM × 4대	220 kW	

<표 4> 공사비용

(금액단위 : 천원)

	구 분	빙축열 시스템	흡수식 냉동기
주요장비비	냉 동 기	420,000	600,000(600 Rt × 4대)
	냉 각 탑	37,290	62,400(700 Rt × 4대)
	냉 각 수 펌프	13,272	20,000(7,700 LPM × 4대)
	냉 수 펌프	20,408	20,000(5,500 LPM × 4대)
	열 교환기	105,000(판형열교환기)	
	브 라인 펌프	30,408(팬흡입볼류트)	
	축 열 조	560,000	
	소 계	1,176,378	702,400
설치공사	설비공사	120,000	120,000
	자동제어	110,000	55,000
	소 계	230,000	877,400
공과잡비(15%)		210,622	131,610
공사비합계		1,617,000	1,009,010
지원금	한전지원금	93,000	
	조세감면금	161,700	
	소 계	254,700	
투자비총액		1,362,300	1,009,010

- 심야전력

기본요금 : 4,370원/kW × 주간사용량 / 전체사용량
× 계약전력

전력비사용시 기본요금 : 440원/kW

전력량 요금 : 주간 → 65.6원/kWh

야간 → 25.3원/kWh

• 운전 전력 산출

- 터보 냉방시스템

주요장비는 터보냉동기 4대(500 USRt), 냉각탑 4대(650 USRt), 냉각수 펌프 4대(55kW), 냉수펌프 4대(55 kW)로 구성된다.

<표 5> 터보 냉방시스템 운전 전력 산출

월	산 출	전력(kWh)
5	1,964 kW × 63시간	123,732
6	1,964 kW × 252시간	494,928
7	1,964 kW × 434시간	852,376
8	1,964 kW × 434시간	852,376
9	1,964 kW × 252시간	494,928
10	1,964 kW × 84시간	164,976
계		2,983,316

주요 장비별 운전 동력은 터보 냉동기 1,480 kW, 냉각탑 44 kW, 냉각수 펌프 220 kW, 냉수펌프 220 kW이며, 터보 냉방 시스템의 총 운전 동력은 1,964 kW이다. 그리고 터보 냉방 시스템의 운전전력 산출값은 표 5와 같이 2,983, 316 kWh이다.

-빙축열 냉방 시스템

빙축열 냉방시스템의 주요장비별 운전동력 현황은 다음과 같으며, 총 운전 동력은 주간외의 경우 1,546.8 kW, 야간의 경우 1,438.5 kW이다.

빙축열 냉방시스템의 운전전력 산출 값은 표 6과 같이 주간외의 경우 1,838,331 kWh이고, 야간의 경우 1,560,742 kWh이다.

-흡수식 냉방시스템

흡수식 냉방시스템의 주요 장비별 운전동력은 613.6 kW 이고, 운전전력 산출값은 표 7과 같이 932,056 kWh이다.

<표 6> 빙축열 냉방시스템 운전 전력 산출

월	산 출	전력(kW)
5	주 450.0 kW × 63시간	28,359
	야 1,438.5 kW × 45시간	64,732
6	주 821.6 kW × 252시간	207,043
	야 1,438.5 kW × 180시간	258,930
7	주 1,564.8 kW × 434시간	679,123
	야 1,438.5 kW × 310시간	445,935
8	주 1,564.8 kW × 434시간	679,123
	야 1,438.5 kW × 310시간	445,935
9	주 821.6 kW × 252시간	206,892
	야 1,438.5 kW × 180시간	258,930
10	주 450.0 kW × 84시간	37,800
	야 1,438.0 kW × 60시간	86,280
계		(주) 1,838,331 (야) 1,560,742

<표 7> 흡수식 냉방시스템 운전 전력 산출

월	산 출	전력(kWh)
5	613.6 kW × 63시간	38,656
6	613.6 kW × 252시간	154,627
7	613.6 kW × 434시간	266,302
8	613.6 kW × 434시간	266,302
9	613.6 kW × 252시간	154,627
10	613.6 kW × 84시간	51,542
계		932,056

<표 8> 운전비용

구 분		터보 냉방	빙축열 시스템	흡수식 시스템
전 기 요 금	기본요금	103,000,000	13,950,000 ¹⁾	32,170,000
	운전요금	209,050,000	(주) 120,590,000 ²⁾ (야) 39,490,000	65,310,000
	합 계	312,050,000	174,030,000	97,480,000
가 스 요 금		-	-	171,900,000
합 계		312,050,000	174,030,000	269,380,000

주 : 1) 계약 전력량 = 348.5 × (1.0 + 0.85 + 0.75) + 75 × 1.25 × 0.65 + 318 × 1.25 × 0.6 = 1,206 kW

기본 요금 = 1,206kW × 0.58 × 4,370원/kW × 3월 + 1,206kW × 440원/kW × 9월 = 13,950,000원

2) 주간운전요금 = 1,838,331 kWh × 65.6원/kWh = 120,590,000원

야간운전요금 = 1,560,742 kWh × 25.3원/kWh = 39,490,000원

3) 전력요금 = 97,480,000원/년

기본요금 = 631.6 kWh × 51.2원/kWh + 687,231 kWh × 76.8 원

운전요금 = 244,825kWh × 51.2원/kWh + 687,231 kWh × 76.8원/kWh = 65,310,000원/년

4) 가스요금 = 가스사용량 × 단가

$$= 893,000\text{Nm}^3 \times 230.36\text{원/Nm}^3 \times \frac{399}{1,519} + 893,000\text{Nm}^3 \times 179\text{원/Nm}^3 \times \frac{1,120}{1,519} = 171,900,000 \text{ 원}$$

<표 9> 경제성 검토

구 분	빙 축열 시스템	흡수식 시스템
(1) 공사비용	1,362,300,000	1,009,010,000
(2) 터보 냉동시스템 대비 추가공사비용 (터보냉동시스템 공사 비용 ¹⁾)	613,700,000	260,410,000
(3) 운전비용	174,030,000	269,390,000
(4) 터보 냉동시스템 대비 운전비용절감액 ²⁾	138,020,000	42,670,000
(5) 공사비 회수기간 : (2) / (4)	4.4년	6.1년

주 1) 터보 냉동시스템 공사비용

냉 동 기 : 365,220,000 설 치 공 사 : 136,000,000
 냉 각 탑 : 52,200,000 공과잡비(15%) : 97,644,000
 펌 프 류 : 97,540,000 합 계 : 748,600,000

2) 터보 냉방시스템 : 312,050,000원/년

기본 요금 = 1,964kW × 4,370원/kW × 12월 = 103,000,000원/년

운전 요금 = 783,636 kWh × 51.2원/kWh + 2,199,680 kWh × 76.8원/kWh = 209,050,000원/년

<표 10> 냉방방식의 장단점 비교

	일반 냉방 시스템	빙축열 냉방 시스템	흡수식 냉방 시스템
냉방 방식의 장·단점	<ul style="list-style-type: none"> · 공사비용이 저렴하고 설치 공간의 확보가 비교적 쉽고 공사기간이 짧다. · 세가지 시스템중에 성능 신뢰도가 가장 높고 일정한 냉수온도를 유지시킬 수 있다. · 세가지 시스템중에 연간 운전비용이 가장 많이 든다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 저가의 심야전력으로 제빙하고 주간에 해빙시켜 실내를 냉방하므로 운전비용이 획기적으로 적어진다. · R-22와 R-123냉매를 겸용 으로 사용할 수 있는 냉동기이므로 오존파괴의 냉매 사용 규제시 쉽게 대처할 수 있다. · 공사비용이 고가이고 자동제어가 복잡 하며 시공성과 유지관리가 어렵다 · 축열조 설치공간이 필요하다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 빙축열 시스템보다 공사비용이 적으나 성능의 신뢰도가 터보 냉동기보다 못하다. · 보일러의 안전성있는 운전이 필요하다. · 냉동기의 용량제어가 용이하여 냉방부하의 변화에 원활히 대응하여 불필요한 에너지가 소모되지 않는다. · 운전관리자들의 냉동기에 대한 정확한 지식이 필요하며 운전관리하는데 어려움이 따르나 최근에 설치 사용례가 많아 어느정도 기술축적이 되어있다.

<표 11> 경제성 분석결과

	일반 냉방 시스템	빙축열 냉방 시스템	흡수식 냉방 시스템
냉방 방식의 장·단점	<ul style="list-style-type: none"> · 투자비용이 저렴하나 수년내에 기존터보 냉동기를 교체하여야 하고 운전 비용이 빙축열시스템보다 1.79배 많이 소요되어 비경제적이다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 전체공사비 중에 법인세 감면과 한전 지원금을 제외 하면 실제의 초기투자비용은 1,362,300천원이고, 터보냉동기의 공사비용과 대비한 투자회수기간은 약4.4년이다. · 즉, 빙축열 도입 5년째부터는 연간 운전비용이 138,020천원 정도 절약된다. (442.2% 절감) 	<ul style="list-style-type: none"> · 흡수식냉동기의 도입시 터보냉동기보다 공사비용이 많고 빙축열보다 1.55배 많고 투자비용과 운전비를 고려할 때 경제성은 있으나 보일러의 안전성있는 운전이 필요하다.

결론

표 8은 냉방 시스템별 운전비용의 산출값이다. 여기서 보는 바와 같이 빙축열 시스템의 운전비용은 174,030천원으로 다른 냉방 시스템보다 아주 저렴하다는 것을 알 수 있다.

표 9는 냉방시스템별 투자회수기간을 분석한 것이다. 빙축열 시스템은 투자회수기간이 4.4년으로 경제성이 있는 것으로 분석되었으나 흡수식 시스템은 6.1년으로 투자회수기간이 비교적 길어 경제성이 떨어지는 것으로 분석되었다.

표 10은 냉방시스템별 장·단점을 비교한 것이며 여기서 보는 바와 같이 터보 냉방 시스템은 공사비용이 저렴하고 설치 공간의 확보가 비교적 쉽다는 장점이 있으나 운전비용이 가장 많이 든다.

빙축열 냉방 시스템은 저가의 심야 전력으로 제빙하고 주간에는 해빙시켜 실내를 냉방하므로 운전비용이 획기적으로 절감되고 냉매 사용 규제시 쉽게 대처할 수 있는 장점이 있으나 공사비용이 고가이고 자동제어가 복잡하고 축열조의 설치공간이 필요하는 단점이 있다.

흡수식 냉방 시스템은 빙축열 보다 공사 비용이 절감되나 성능의 신뢰도가 떨어지는 단점이 있다.

<표 12> 설비 리모델링 공사비용

구 분	세부공정	금액(원)
공조장비 교체	공조기 교체공사	376,200,000
	공조기 폴리교체	7,140,000
	송풍기 교체공사	157,300,000
	송풍기 폴리 교체공사	11,580,000
	소계	
덕트 및 배관 보온	덕트	242,550,000
	배관	231,000,000
	소계	473,550,000
빙축열	장비 및 배관공사	1,387,000,000
냉각탑	230 RT × 1대	30,360,000
자동제어	2way밸브 및 기타	100,000,000
계		2,543,130,000

표 11은 냉방시스템별 경제성을 분석하여 비교한 것으로 빙축열 시스템을 도입하면 연간 운전비용이 터보 시스템보다 138,020천원이 절감됨을 알 수 있다.

표 12는 설비리모델링의 예상 공사비용을 산출한 것이다.

이상에서 본 호텔의 냉방 시스템 선정은 운전비용이 획기적으로 절감되고 성능의 신뢰도가 높은 빙축열 시스템으로 선정하는 것이 타당하다고 판단된다. ❀