



(주)세코  
송성암부장  
secoeng@netsgo.com

## 1. 머리말

냉난방설비에 대하여 에너지 관리진단을 실시하여 개선사업을 하는 목적은 기존 건물내 시스템기능의 노후화로 인하여 작동불능 상태로 방치되어 각종 부작용을 일으키는 부분과 효율저하로 인한 에너지낭비 부분이 발생하여 이런 문제점을 도출하고 에너지절약형 설비 개체와 건물특성에 맞는 시스템을 구축하기 위해서다.

이를 통해 효율적인 냉난방시스템이 되도록 설계, 진단을 실시하며, 실내 사무환경 개선으로 쾌적한 실내를 유지하여 지적 생산능률 향상과 각종 장비 교체에 의한 고효율화로 에너지절약에 기여할 수 있다.

시설개선에 소요되는 투자비용은 정부의 에너지 절약시설지원 자금중 ESCO(에너지절약전문기업) 자금으로 ESCO기업이 선투자후 분할상환하는 제도를 활용하여 개선사업을 시행한다. 당사가 최근에 에너지진단을 실시하여 공사를 진행하는 B대학교를 사례로 하여 자료를 정리하였다.

## 2. 냉난방설비 교체사례

### 2-1. 에너지사용 예비진단

건축주에게 ESCO사업을 실시함에 따른 공사투자에 대한 확신을 가지도록 각종 근거 자료를 사용하여 사업의 경제성을 충분히 설명하고 시설물 관리자와 기술적으로 발생하는 냉, 난방설비에 대한 불편함을 수치상의 간이법으로 분석한다.

에너지가 소비되는 부분에 대해 절약할 수 있는 부분을 교체경험에 비추어 상세히 설명한 뒤 시설물 관리자로부터 단위기기 및 시스템의 운전상태와 관리상태를 파악한다. 에너지 양과 질을 동시에 평가 할 수 있는 건물현황, 에너지사용현황, 냉난방설비현황(냉난방기기, 펌프설비, 풍력설비) 등 실태 조사서를 작성한다.

건물 냉난방실태 조사서에 준하여 유사한 건물의

진단보고서에 Data값을 입력시키고 사업의 경제성 평가를 실시하여 사업성 여부를 판단한다.

사업성이 있을 경우 철저한 조사 및 분석을 위해 현장경험이 풍부한 고급 및 특급기술자로 구성된 팀을 현장에 파견시켜 설비 시설물의 종합적 진단을 실시한다.

### 2-2. 종합진단

이 과정에서는 다양한 문제점들의 개별주체에 따른 주관적인 해결을 배제하고 정보의 공유와 많은 축적된 자료들을 협의에 의한 토론으로 객관적인 사항으로 해결하려고 하며, 건축물 노후도의 질적인 부분도 포함하는 총체적인 주거환경도 고려하면서 사업적 이 해관계도 해결해 나간다.

진단은 기계설비계획, 설계, 견적, 진단보고서, 경제성평가를 모두 실시하여 사업의 신뢰성을 얻도록 하는 중요한 작업이다. 그러므로 냉난방설비 변경에 따른 진단을 철저히 시행하여야 한다.

그래서 냉난방설비 변경에 따른 계획 및 진단시 요구사항을 준수하여 진단에 임해야 한다.

#### (1) 기계설비 계획 및 설계시 중점 적용사항

##### ① 정확한 현황 파악

기존의 설비진단 결과와 현장방문 등을 통하여 건물내 시설의 현황을 정확히 파악하고, 효율성, 경제성, 편리성, 안전성을 종합적으로 고려한 설계방향을 수립하여 적용한다.

##### ② 최적의 부하예측

냉, 난방부하는 방위별, 시간대별 변동을 충분히 고려하여 최적의 부하량을 산출하여야 하며, 장비의 효율을 극대화 할 수 있도록 사양 및 용량을 선정한다.

##### ③ 개별온도제어

사용에너지를 절감하기 위하여 각실에 설치된 FCU는 개별제어가 되도록 하고, 이를 통해 온열환경의 쾌적성을 확보하도록 계획한다.

##### ④ 고효율 장비적용

기계장비는 고효율의 장비를 선정하여 연료 및 전력사용량을 최소화 함으로서 에너지절감이 극대화될 수 있도록 한다.

⑤ 통합유지관리

분산 배치된 각각의 설비와 장비를 효율적으로 유지관리하기 위하여, NETWORK와 연결된 자동제어시스템을 통하여 유기적인 통합관리가 가능하도록 한다.

⑥ 합리적인 ZONING

각 용도별 건물별 사용시간대를 파악하여 ZONING을 구별하여, 적절한 용량의 장비선정은 물론 냉온수 배관설계가 되도록 한다.

⑦ 열원 공급체계

사용 가능한 기계실 면적을 고려하여 GROUP별 열원공급체제를 확립하였고, 1,2차측 순환계통을 분리하여 반송동력을 줄이는 방법 강구

(2) 진단시 요구사항

- ① 적용 대상건축물에 적합하도록 열원시스템 구성
- ② 환경오염이 없고 가격이 저렴한 청정에너지 사용권장
- ③ 장비의 운전방식에 따른 연료사용량 조사
- ④ 장비의 잔존수명을 평가하는 운전시간 및 관리방법 검토
- ⑤ 장비의 성능을 분석하는 열정산과 사용년수에 따른 효율조사
- ⑥ 기존시설물에 대한 철거와 교체될 시설물의 적용성이 용이해야 한다
- ⑦ 설비시설물 교체에 따른 실내환경 변화 모색
- ⑧ 주위에 사용할 수 있는 열원을 파악하고 사용할 수 있는 열은 열교환기를 이용해 회수방법 모색
- ⑨ 가능하면 열효율이 높은 열원기기에 대하여 검토하고 고효율을 얻어 경제성이 높게 할 것
- ⑩ 기존시설물은 사용 가능한 부분을 조사하여 경제성이 있는 시스템으로 검토
- ⑪ 되도록 에너지 손실과 관계된 부분만 교체하여 금액에 대한 부담을 줄일 것
- ⑫ 교체된 시설물의 사후관리가 용이하도록 계획
- ⑬ 기존건물의 사용이 진행되고 있으므로 철거 및 교체가 사용에 지장이 없도록 계획
- ⑭ 가능하면 기기의 시뮬레이션을 실시하여 시스템 전체의 기대효과를 파악할 것

(3) 기존시설물 조사 및 진단

① 기존건물의 노후 현황 조사

기존건물에 냉,난방이 되고있는 지의 여부와 갱신이 가능한 부분과 수리하여 사용이 가능한 부분을 확인함

② 기존건물의 장비설치 현황 조사

냉,온수장치를 건물별로 분석하고 기기형식, 용량, 대수, 설치년도, 기계실 위치를 상세히 조사

③ 냉난방 부문의 현황 파악

각 건물의 냉난방설비는 전반적으로 노후화되거나, 냉난방이 공급되고 있는지, 있으면 온열환경이 어떠한 상태로 유지되고 있는지의 여부확인

④ 냉난방설비의 구성 및 문제점

난방설비의 경우 소형보일러, 증기보일러, 냉온수기, 등유난로등 다양한 열원으로 구성된 것을 단일화 할 수 있는 방법강구. 냉방설비는 적용된 건물을 파악하고, 설치된 냉방기기 열원구성이 많을 경우 에너지소비량이 많고 유지관리가 불편하다.

⑤ 냉난방 연료사용 분석

전년도의 연료사용량을 분석한 결과 아래표와 같이 연료 사용이 여러 가지 형태로 나타날 수 있으며 또한 에너지 사용량중 전기사용량의 비중이 크게 발생되어, 하절기 분산된 전기식 펌키지에어컨 등을 가스사용 냉방기로 전환할 경우 전력량의 감소가 예상되어 진다.

※ 전년도 연료사용량의 분석

용량	에너지 사용량			에너지비		
	사용량	석유환산톤(toe)	구성비(%)	금액(천원)	구성비(%)	
연료	프로판	11,224Kg	14.5	0.2	11,862	0.5
	실내등유	247,725ℓ	215.5	3.5	130,348	5.9
	보일러등유	132,428ℓ	114.3	1.9	68,999	3.1
	도시가스	471,218Nm <sup>3</sup>	493.7	8.1	211,598	9.6
	소계		838.0	13.7	422,807	19.3
전력	21,189Mkw	5280	86.3	1,772,566	80.7	
합계		6119	100	2,195,373	100	

⑥ 에너지원단위 분석

전년도 에너지원단위를 건물 종류별로 분석 비교한 결과를 보고 평균치보다 낮을 경우 열악한 환경에서 업무를 보고 있으므로 창의력이나 업무능력향상이 어려우며, 높을 경우는 과도한 운전시간과 에너지소비가 많이 발생하는 부분이 있으므로 운전시간 조정과 시스템 변경으로 고효율 운전을 통한 쾌적한 실내환경을 조성하는 것이 바람직하다.

### ⑦ 건물의 보일러 사용경년 분석

보일러의 법적 내구연한(15년)에 도달한 경우 갱신이 가능하나 경제수명은 약 10년 정도이므로 적절한 시기에 장비를 교체하여 총생애비용(LCC) 절감효과 기대

### ⑧ 건물의 개선 대책 및 공사 범위

건물이 많을 경우 각각의 냉난방공사의 범위를 정하여 관리가 효율적으로 이루어지도록 하고 시공이 간편하도록 건물을 그룹별로 처리함(ex : 학교와 같이 건물동이 많은 경우)

### ⑨ 기타 세부사항

① 철거공사에 관련된 폐자재는 적법한 방법으로 전문업체에 의뢰하여 분출하도록 하며, 사용가능한 중고자재(냉동기, 난로 등)는 전문처리업체에 의뢰하여 관리비를 절감함

② 자동제어실의 기능은 자동제어 및 원격감시 시스템을 도입하되 기존의 기계실 설비와 연계하여 호환성 있는 시스템으로 설계하고, 중앙제어장치는 그래픽 패널 및 디지털 계기판 형태로 검토

## 2-3. 냉난방 설비 기본계획시 검토사항과 시스템 개선 방향 수립

### (1) 각종 법규검토

- ① 열원공조 : 건축법시행령, 건설교통부고시, 건축물의 설비기준에 관한 규칙 등
- ② 에너지 절약 : 건설교통부고시, 에너지이용 합리화법 등
- ③ 기타법규 : 환경부령 수도법 시행규칙, 건축물 에너지절약 설계기준 등

### (2) 건물특성을 고려한 열원계획

#### ① 건물의 부하특성

학교는 실내부하 변동량이 타 용도의 건축물에 비하여 크며, 다양한 사용시간대의 분포로 ZONING의 세분화가 필요하다. 백화점

의 경우는 상품진열과 고객에 의한 실내발열부하에 주의하여 계획함이 필요함.

#### ② 설치공간을 고려한 열원계획

기존 기계실의 한정된 공간에 장비를 설치해야 하든지 신설장비는 재배치를 해야 하므로 장비반입설치와 사후관리를 충분히 고려한 기계실 장비배치가 요구된다.

#### ③ LCC(LIFE CYCLE COST)평가

건물의 LCC를 종합적으로 비교, 분석하여 경제적인 열원설비를 선정함

### (3) 공종별 설비계획

#### ① 열원설비

#### ① 냉온열원설비

ESCO사업이 가능한 고효율 설비를 선정

#### ② 열원공급 시스템 검토

건물의 ZONING은 용도별, 시간대별 특성을 고려하여 단위화함. 열원은 단위화하여 기계실에서 해당 건물로 공급토록 함

#### ③ 열원 공급 시스템 비교

●가스직화식 냉온수기 장·단점 : 기계실 점유면적이 작다, 소음 및 진동이 작다, 부분부하 운전에 유리하다, 청정연료의 사용, 수변전 용량의 축소, 법정검사 미해당, 유지관리편리, 냉각탑 용량 증가, 예열시간이 다소 길어진다, 내구연한이 다소 짧다.

●빙축열방식의 장·단점 : 값싼 심야전력 이용가능, 장비용량 감소, 장비수명이 비교적 길다, 수변전 시설이 감소, 하절기 PEAK CUT 운전가능. 난방설비가 별도로 필요, 축열조의 별도 설치공간 필요, 개보수공사에 적용 곤란, 시설투자비 상승, 압축식냉동기 사 용시 법정검사 필요, 압축식냉동기의 소음 및 진동 발생.

#### (4) 냉각탑 방식별 비교 및 선정

●직교류형의 장·단점 : 보수 및 점검이 용이하며 소음이 작다, 비산을 방지할 수 있다, 토출공기의 재순환이 적다, 외관이 미려하여 높이가 낮다. 탑 내의 기류분포가 대향류에 비하여 불리하다, 장비효율이 대향류에 비하여 다소 떨어진다.

●대향류형의 장·단점 : 가격이 저렴하다, 탑내의 기류분포가 탑 높이에 영향을 받지 않고 균등하게 분포한다, 장비의 효율이 좋다. 비산이 많이 생긴다, 대수제어를 할 수 없다, 탑높이로 인하여

미관상 좋지 못함.

### (5) 열원순환방식

정류량 단식펌프, 정류량 복식펌프, 변류량 단식펌프, 변류량 복식펌프중에서 적당한 방식을 선정하여 사용, 학교와 같이 사용시간 대가 다를 경우에는 변류량 복식펌프로서 1차측펌프와 2차측펌프를 분리한 후 2차측에 인버터를 이용한 회전수제어로 속도를 변환하여 전력을 절감

### (6) 열원공급방식

전수방식, 전공기방식, 수공기방식으로 분류하며 학교는 에너지 절감이 뛰어난 전수방식으로 선정하며, 각실에 FCU를 설치하여 냉난방을 가능하게 하는 시스템이다.

### (7) 냉난방 시스템 비교 및 선정

적용건물에 적합한 시스템을 2개안으로 선정한 후 각각의 장단점을 확인, 적당한 방식으로 적용. 학교는 각실에 FCU에 의한 방식이 보편적임.

### (8) 자동제어 설비 계획

경제적이고 에너지 절감을 목적으로 하는 총괄적 건물관리 시스템의 구축. 학교의 경우는 건물별 기계실이 중앙집중식으로 운영되는 자동제어 시스템을 시설하여 건물별 선정된 설비에 대한 통합관리 및 그룹별 감시 및 제어가 가능하도록 계획함.

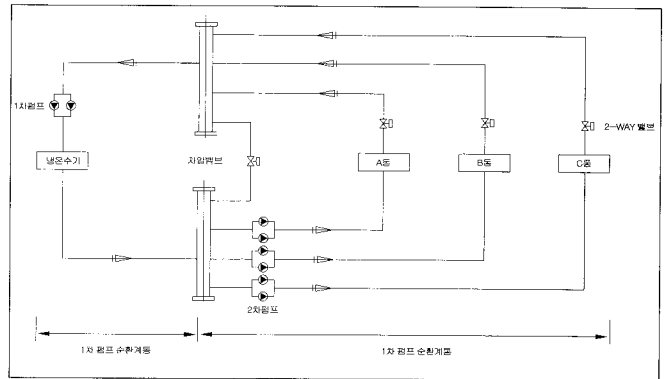
### (9) 가스시설 계획

건물에 적합한 사업범위를 파악하고, 주변의 도시가스 배관망을 사전검토하여 도시가스의 성분, 열량확인, 공급 가능한 가스압력, 가스배관경을 검토함.

### (10) 배관설계 계획

옥내배관과 옥외배관을 분리하여 시설물에 열원을 효과적으로 공급할 수 있도록 하고 에너지손실이 발생하지 않도록 보온처리하고 이종금속간에는 부식방지를 위한 조치를 강구함.

<그림1> 열원순환방식



#### (11) 소음 및 방진설계 계획

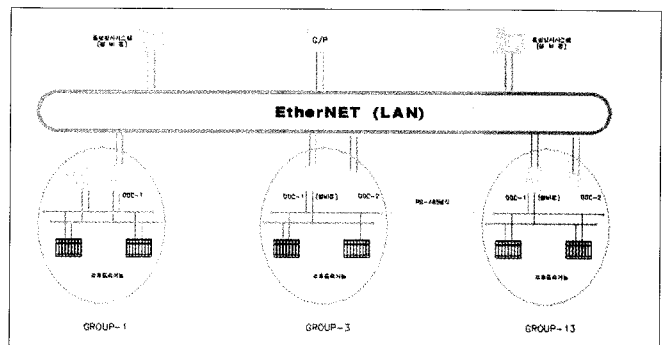
모든 배관시스템에는 장비와 임펠러에 의한 기계적 진동에 의한 유동이 발생하여 진동과 소음이 전달된다. 또한 방진기에 설치된 장비에는 가동하는 동안 추력압력으로 약간의 운동과 밀립 등이 발생하여 장비에 연결된 파이프 배관으로 진동 및 소음이 전달되어 건축구조물의 재산피해와 인명피해가 발생한다. 이런 장비 및 배관 변형 등을 사전에 방지하여 환경공해로 인한 문제 해결과 거주자의 쾌적한 근무조건과 정숙한 생활 환경을 조성하도록 계획함.

## 2-4. 에너지절약 기대효과 분석(경제성 분석)

### (1) 분석의 목적

- ① 진단결과에 적합한 개선방안에 따른 경제적 효과 확인.

<그림2> 자동제어 설비



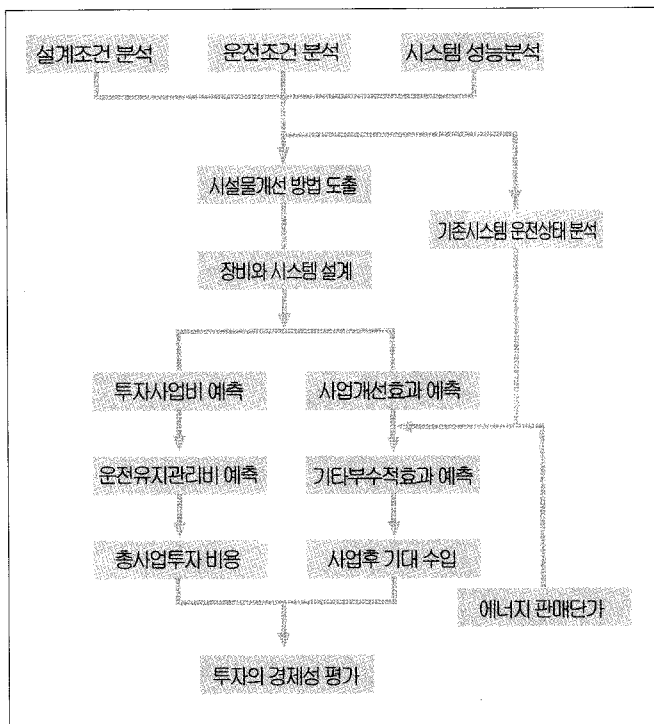
② 진단결과의 정확한 신뢰성, 활용성이 증대되어 투자결정에 확신을 부여.

③ ESCO를 통한 정부유자제도의 이점을 적극적으로 활용하여 에너지 절약형 설비개체로 거시적 목적 달성

(2) 분석시 유의사항

- ① 투자자의 결정이 명확하도록 확실한 목표치를 제시
- ② 투자에 영향을 미치는 부수적 효과지향 (환경변화)
- ③ 과업설명에 제시된 조건들을 명확히 제시하고 사용의 투명성 확보
- ④ 개별주체의 주관적이고 선입관을 가진 평가는 지양
- ⑤ 각종 입출력 data는 자료화하여 신뢰성 있는 전문기관과 협의 하여 사용

(3) 분석절차



(4) 경제성 분석 기대효과 예측

- ① 과거 사용실적을 기준하여 장래의 기대효과를 예측하며 경제성평가의 신뢰성을 줄 수 있는 방법으로 예측
- ② 운영실적의 분석을 정확히 예측하는 기대효과는 운전방식, 가동율, 부하율 등에 따라 달라지므로 철저한 운영방법을 확인함이 필요
- ③ 가동율은 운전시간에다 역일시간을 나누어 백분율로 산출함
- ④ 부하율은 평균부하에다 설비의 용량을 나누어 백분율로 산출함
- ⑤ 이용률은 부하율과 가동율을 곱하여 백분율로 계산함

(5) 에너지절감 및 운영비용의 구성요소

- ① 에너지절감
- ㉠ 운영수입은 시설개선 후 고효율과 시스템개선에 의한 절감이 발생
- ㉡ 사용에너지요금의 절감이 발생 (에너지가격 저하)
- ② 운영비용
- ㉢ 고정운전유지비와 변동운전유지비로 구분됨
- ㉣ 고정운전유지비는 인건비, 투자에 대한 감가상각비, 지급이자 포함
- ㉤ 변동운전유지비는 연료비, 용수비, 폐수처리비, 수선비, 가동비, 수전비 등이 포함

(6) 경제성 평가지표

- ① 투자회수기간법
- ㉠ 현재 가장 많이 사용하는 방법으로 투자사업비를 연간에너지 절감과 운영비용으로 나눈값으로 기간을 산정함
- ㉡ 경제성 평가기준으로 갱신설비의 경제수명보다 투자회수기간이 짧아야 한다.
- ㉢ 투자설비의 경제수명과 기존설비의 잔존수명을 충분히 고려하여 계획해야 함
- ㉣ 절감과 비용을 예측하는 데 어려움이 있음
- ② 내부수익율
- ㉠ 사업기간중 총 수입의 현재가는 사업기간중 총비용의 현재가로 타내는 할인율
- ㉡ 경제성 평가기준은 내부수익율이 할인율보다 커야 한다.

㉔ 할인율 10%는 내년엔 100원이 현재의 가치로는 90원밖에 되지 않는다.

③ 편익비용비율

① 사업기간중의 총수입의 현가를 사업기간중의 총비용의 현가로 나누어 구한다.

- ㉑ 경제성평가기준은 편익비용비율이 1보다 커야 한다.
- ㉒ 수익정도의 정량화가 용이하다.

## (7) 에너지 절감 적용 항목 분석

- ① 외벽 단열처리 등 부하절감방법연구
- ② 부분부하에 따른 냉난방기기의 대수 및 비례제어
- ③ 열원설비의 성능향상을 위한 수처리설비 설치
- ④ 공조설비계통의 변류량과 고효율모터사용
- ⑤ 공조설비계통의 방위별, 시간대별 계통구분
- ⑥ 실별 자동제어장치에 의한 온도제어방식

## (8) ESCO를 통한 냉난방 시설개선에 따른 에너지 절약 기대효과 분석

- ① 개선전후 시설현황자료 정리
- ② 투자의 경제성파악
- ③ 보일러의 연간 절감효과
- ④ 냉동기 및 방축열의 연간 절감효과
- ⑤ 에너지 비용계산
- ⑥ 냉방 비용

• 개선전 : 사용전력사용량 = 사용전력합계 × 부하율 × 가동시간 × 전력단가

기본전력사용량 = 사용전력합계 × 부하율 × 기본요금 × 12개월

전력요금합계 = 사용전력 + 기본전력

• 개선후 : 심야전력사용량 = 소비전력합 × 부하율 × 사용시간 × 전력단가

주간전력사용량 = 기본요금 + 사용요금

전력사용량합계 = 주간전력사용량 + 심야전력 사용량

㉑ 난방 비용

• 개선전 : 연료비용 = 난방연료사용량 × 사용금액

전력요금 = 시설전력 × 부하율 × 사용시간 × 전력단가

• 개선후 : 연료비용 = 개선전연료사용량 × [1-절감율] × 연료발열량비

전력요금 = 시설전력 × 부하율 × 사용시간 × 전력단가

㉒ 냉난방비용 절감금액

= 개선전 냉난방비용 - 개선후 냉난방비용

④ 투자내역서 산출

⑤ ESCO부분 공사금액합계

㉓ 비ESCO부분 공사금액합계

⑤ 투자환수 계획

⑥ 총투자 사업비에 대한 자금상환방법을 월별로 LIST작성

㉑ 자금상환회수기간이 결정됨 (5년 이내에 상환가능해야 경제성이 있음)

⑥ 각종자료첨부

⑦ 보일러 열정산서

㉒ 최근 단가 조사표

## 3. 맺음말

건축물이 고층화, 다양화되어 감에 따라 기존 건축물이 갖는 기능보다 부가적으로 빌딩자동화(BA:BUILDING AUTOMATION), 사무자동화(OA:OFFICE AUTOMATION), 정보통신(TC:TELECOMUNICATION) 등을 갖춘 인텔리전트기능이 요구되고 있다.

또 고유가시대에 따른 테넌트 효과를 얻기 위한 에너지절약형 시설로 개선하려는 건축주들이 늘고 있다. 이것은 업무환경의 변화가 쾌적성, 청결성, 안전성, 그리고 경제성을 추구하는데 따른 냉난방 공조설비 시스템을 개선하려는 요구가 매년 높아지기 때문이다. 이런 기존건물의 LONG LIFE화에 의한 설비기기 갱신변화는 더욱더 필요하게 된다.

각종 물리적, 환경적 요구사항에 대응하기 위해 건축물을 정확히 진단하고 기술적 타당성을 지닌 방안으로 투자비와 예상효과를 비교, 검토하여 해결방안이 보편타당성을 지니고 있는가의 여부를 평가하는 지표로서 활용됐으면 한다.