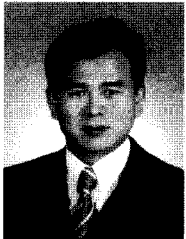


## 건물에너지 성능개선진단과 설비진단 및 갱신 리모델링 기술



오 용 진  
현대산업개발 팀장

### 1. 개요

국내건물의 에너지소비는 전체 에너지 소비량의 약 30%를 차지하고 있으며, 그 비율은 점차적으로 증가하고 있다. 이는 건물의 수적인 증가에도 그 원인이 있겠지만 건물의 노후화에 의한 비효율적인 에너지소비 및 부적절한 건물관리에 의한 에너지소비도 전체 에너지소비량 증가에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다. 따라서 국내에서도 건물의 리모델링 사업, ESCO사업 등을 통해 건물의 성능개선과 함께 에너지 절약을 꾀하고 있다.

건설기술이 미비하던 1960년대 이후부터 양적 팽창 개발에 의해 건설된 1990년대까지의 많은 건축물들은 적절한 유지관리 및 개보수가 이루어지지 못한 채 대부분 사용하고 있으며 이는 에너지 효율성이 크게 떨어지는 문제를 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 건설후 10 ~ 50년 정도 된 건물을 다시 짓는다는 것은 건물 구조체의 수명을 60 ~ 100년으로 볼 때 건물소유주의 입장뿐만 아니라 범국가적인 차원에서도 막대한 손실을 나타낸다. 또한 재건축에 의해 발생하는 건설폐기물은 지구 환경적인 입장에서 처리가 매우 어렵다. 따라서 건물의 리모델링이 그 해결방법 중의 하나이며, 우리보다 산업화와 도시화의 진전이 빨랐던 서구선진국의 경우에는 기존 건축물의 리모델링 시장 수요가 전체 건설수요의 30%이상을 차지하는 것으로 알려져 있다. 우리나라에서도 그 시장이 점차 확대되고 있으며 2000년에는 9조 5천억원, 2005년에는 13조 4천억원에 이를 것으로 전망되며, 2005년도의 리모델링시장은 전체 건설투자의 14%내외를 차지할 것으로 전망된다.

일반적으로 건물의 리모델링은 구조적 성능개선, 기능적 성능개선, 미관적 성능개선, 환경적 성능개선, 그리고 에너지 절감을 위한 성능 개선등으로 대별된다. 여기서는 건물의 에너지 성능 향상에 주안점을 두어, 건물의 에너지 성능진단 및 설비진단, 그리고 그 적절한 해결책을 찾는 성능개선 리모델링 기술에 대해 다뤄보고자 한다.

### 2. 건물 에너지 성능진단

건물의 에너지 성능진단(ENERGY AUDITING)이라는 용어는 1980년대 들어 새로이 대두된 신조어로서, 에너지 사용량을 산정하는 데 있어 일부의 경우는 일련의 특정 행동만을 제한하여 정의하는 경우가 있는 반면, 일각에서는 광범위한 제반 활동을 포함하여 정의하고 있어 아직 정확한 용어의 정의는 확립되지 않은 상태이다.

그러나 현재 일반적으로 통용되고 있는 의미에서 에너지 성능진단은, 건물의 에너지 절감 잠재성을 평가하고, 각 요소별로 에너지 절약요소를 평가 도출하는 일련의 행동으로 정의할 수 있다. 이러한 측면에서 건물의 에너지 성능진단은 포괄적 개념인 건물관리(BUILDING MANAGEMENT) 및 건물 에너지 관리(BUILDING ENERGY MANAGEMENT)의 일부분으로 규정될 수 있다. 이러한 건물의 에너지 성능진단은 아래와 같은 절차에 의해 진행된다.

#### 2.1 초기작업

건물에너지 개수를 수행하기 전에 선행되어야 하는 작업으로 대상건물을 선정하고, 건축주와 면담을 통해 합리적인 개수의 목표를 결정하고 이에 따른 팀을 구성하는 단계이다. 이 단계에서 결정되는 목표에 따라 투입되는 자금, 인력, 시간을 배분하고, 개수나 보수의 범위가 결정되므로 건물에너지 개수의 진행에 있어 기본 틀을 잡는 단계라고 할 수 있다. 이 단계에서는 프로젝트를 수행할 대상 건물의 선정, 건축주와 면담 및 에너지 개수의 목표 설정, 그리고 프로젝트를 수행할 팀을 구성하는 단계이다.

#### 2.2 건물 에너지 성능조사

이 단계에서는 개략적인 현장조사와 상세한 현장조사를 통해 수집, 관찰, 분석된 데이터를 토대로 개략적인 건물의 에너지 성능 파악이 이루어지는 단계이다.

##### 1) 개략적인 현장조사(WALK-THRU. AUDIT)

개략적인 현장 조사는 건물에 대한 개략적인 현장

조사와 건물 사용자, 관리자, 소유자 등과의 인터뷰를 바탕으로 건물에너지 개수 프로그램에 참가하는 모든 사람들에게 건물과 건물의 에너지 성능에 대한 개략적인 이해를 제공하기 위한 작업이다. 건물과 건물의 에너지 성능에 대한 구체적인 분석과 평가를 수행하는 단계라기 보다는 에너지 개수 프로그램에 참가하는 사람들에게 건물의 현황 및 에너지 특성에 대한 개괄적인 이해를 제공하여 그들이 건물과 건물의 에너지 성능에 친숙해질 수 있도록 하는 단계라고 할 수 있다.

이 단계에서 수집해야 하는 정보는 건물에 대한 일반적인 사항, 대지조건, 건물의 외피, 각 층별 조사, 에너지 사용과 사용량에 대한 개략적인 조사, 쾌적도 등이 있다.

**2) 상세한 현장조사(DETAILED AUDIT)**

개략적인 현장조사 후 수학적이고 정량적인 판단보다는 건물의 과거 에너지비용에 대한 기록과 주변에서 쉽게 활용할 수 있는 에너지 성능에 관한 정보를 바탕으로 현재 건물에너지 개수 프로그램에 참가하는 사람들에게 건물의 에너지 소비에 영향을 주는 여러 가지 에너지 절약 가능성들을 발견하게 해주는 단계로서, 건물과 시스템에 관한 정보, 건물의 대지조건과 주변건물의 상황, 건물의 외피조건, 실 구성과 실별 조건 및 특성, 시스템 현황과 운전 스케줄, 에너지 사용량, 기상데이터 등을 수집한다.

**(1) 기초정보 수집**

건물의 에너지 성능과 관련된 여러 가지 데이터를 도면과 각종 기록들을 통해 빠짐없이 수집하는 단계로서, 실내환경의 쾌적기준, 기상자료, 일반적인 건물의 정보, 건물의 외부 조건, 건물의 외피조건 등에 관한 정보를 수집한다.

**(2) 건물정보 수집**

도면과 각종 기록들을 통해 수집된 데이터들을 직접 현장 확인하고 변동사항들을 조사하는 단계로서, 일반적인 건물의 정보, 외부조건, 외피조건, 실 구성과 실 조건, 시스템의 특성과 스케줄, 에너지 사용량 등에 관한 자료를 수집하여 기초정보 수집단계에서 수집한 각종 정보와 비교 검토할 수 있게 준비한다.

**(3) 운영정보 수집**

재실인원현황/사무기기현황/시스템 스케줄, 시스템 운전 특성, 실내 환경성 등의 실제 상황에 관한 정보를 수집한다.

**3) 에너지 성능 파악**

도면과 각종 기록, 현장확인을 통해 수집된 데이터들과 개략적인 현장 조사단계에서 파악한 건물의 에너지 성능에 대한 느낌을 토대로 건물의 에너지 성능을 살펴보는 단계이다. 이때에는 에너지 사용기록이나 고지서 등을 통해 에너지 소비형태 파악, 과도하거나 비정상적인 최대에너지 수요에 대한 파악, 기존 시스템들이 적절한 용량으로 설계되었는가의 파악, 에너지 소비와 비용과의 연관성의 파악, 실내환경이 쾌적도 기준에 맞게 유지되는가 등을 파악한다.

이에 따라 단위면적당/용도별/월별 및 일별/외기온과 에너지 사용의 상관관계등 에너지 사용 특성, 최대에너지 수요 특성, 기존시스템의 용량의 적합성, 용도별/월별 및 일별/에너지원별 에너지 비용특성, 쾌적도 등에 관한 사항들의 결과를 도출할 수가 있다.

**2.3 건물에너지 성능 분석**

정확하게 평가하고 구체화할 수 있는 절약가능성들을 도출하기 위하여 건물의 에너지 성능과 관련하여 다양한 분석을 수행하는 단계로서, 에너지 성능조사 단계에서 수집한 에너지 성능에 관한 정보를 확장하는 단계라고 할 수 있다. 이 단계에서는 전체 에너지사용뿐만 아니라, 기상의 변화, 건물운영과 이에 따른 에너지 사용형태, 에너지 비용 등과 같은 건물의 에너지 성능에 대한 상세하고 정확한 정보가 필요하며, 장치의 기능과 시스템의 반응, 운영 등의 정보를 수학적으로 정량화하고, 해석하는 능력 또한 필요하다.

**1) 분석목표 범위 설정**

절약 가능성들에 대해 에너지 성능 조사단계에서의 예상들을 재조사하고, 그 예상들이 프로젝트의 예산과 일정 범위 안에서 이뤄질 수 있는지의 점검, 에너지 성능조사를 통해 명백하게 밝혀진 절약 가능성들과 기타 여러 가지 가능성들에 대해 어느 정도의 상세함과 어느 정도의 정확도를 가지고 평가할 것인가를 결정해야하며, 에너지 성능분석의 범위와 정확도에맞게 적절하게 사용될 평가 방법에 대한 선택을 해야 한다.

**2) 에너지 성능분석**

에너지 성능 조사의 다음 단계로서, 정확하게 평가되고 구체화될 수 있는 절약 가능성들을 도출하기 위해 건물에너지 성능에 관해 이전단계보다 포괄적인 연구가 필요로 되는 단계라고 할 수 있다. 즉, 에너지 성능 조사 단계가 제공하는 에너지 성능에 관한 정보를 확장하는 단계라고 할 수 있다. 이 단계에서는 전체 에너지 사용뿐만 아니라 날씨의 변화, 운영과 사용패턴, 결

과적인 비용과 비례하여 각각의 기기들에 의해 소비되는 에너지 등과 같은 건물의 에너지 성능에 대한 상세하고 정확한 정보가 필요하고 이러한 정보에 대한 에너지 계획가의 전문적인 판단능력, 즉 장치의 기능과 시스템의 반응, 운영 등의 정보들을 수학적으로 정량화하고 해석하는 능력이 필요하다고 할 수 있다.

3) 절약가능성 도출

건물에너지 성능 분석의 결과를 검토하여 에너지 절약 가능성을 도출하는 단계이다.

2.4 절약가능성 평가와 개수의 우선순위 결정단계

이 단계에서는 건물의 에너지 성능분석단계에서 도출된 절약 가능안에 대한 실제 효율을 에너지나 비용의 절감량, 개수의 난이도 등의 관점에서 종합적인 평가를 한 후 개수의 우선 순위를 결정하는 단계이다

1) 추가절약 가능성 검토

도출된 절약 가능성들을 여러 가지 조건과 참고문헌 등을 통해 재검토하고, 건물에너지 성능조사와 분석과정에서 간과되었거나, 추가로 도출될 수 있는 절약 가능성들을 찾는 단계

2) 절약 가능성 평가

건물의 에너지 성능에 영향을 미치는 각 요소들 중, 어떤 것이 실제의 에너지 소비량에 주로 영향을 미치는지를 평가하고, 건물의 에너지 성능 향상을 위해 에너지 절약 가능성이 있는 여러 가지 요소들을 개수하려고 할 때, 이러한 각각의 가능성들이 경제성의 관점에서 얼마만큼 효율성을 가지는가에 대한 비교우위를 평가한 후 개수 전후의 에너지 소비량 변화를 예측하는 단계이다.

3) 목록작성과 검토

- (1) 절약 가능 목록 작성 : 다음의 세 가지 종류로 나누어 절약 가능성의 리스트를 작성한다
  - a. 확실하게 증명되어 실행 가능한 가능성 : 여러 가지 평가를 통해 절약 효과가 검증된 가능성을 의미한다.
  - b. 다시 한 번 자세하게 평가해야 할 필요가 있는 가능성 : 절약이 예상되지만 좀 더 자세한 분석이 이루어져야 할 필요가 있는 가능성을 의미한다.
  - c. 평가절하된 주요 가능성 : 일반적으로 많은 절약 효과를 거둘 수 있다고 판단되는 가능성이었으나, 평가 결과가 좋지 않은 가능성을 의미한다.

- (2) 최종검토 : 리스트된 가능성들을 건물과 관련된 많은 사람들의 의견을 참고하여 최종적으로 검토하는 단계로서, 건물주의 재검토, 건물운영자와 관리자의 의견 청취, 제조업자들로부터의 의견 청취, 여러 가지 시뮬레이션을 통한 타당성평가 등을 통하여 개수할 요소들을 결정한다.

4) 우선순위 결정 :

평가된 결과를 토대로 개수의 우선 순위를 결정하는 단계

3. 설비진단 및 성능개선

건물의 각종 에너지 관련 설비 및 장치들의 노후 및 열화성 분석, 시스템의 성능분석, 노후화 된 설비운전 상태에서의 실내환경조사 등 시스템의 전반적인 성능측정은 물론 유지관리 실태분석을 통한 건물에너지 소비성향 파악 그리고 추후 건물 개보수의 범위와 건물 성능개선의 방향 등 전반적인 사항을 실제 사례를 중심으로 기술하고자 한다.

3.1 건물개요

- 건물명 : S빌딩
- 연면적 : 10,749 m<sup>2</sup> (3,326평)
- 규모 : 지하 2층, 지상 10층
- 위치 : 서울시 영등포구 여의도동
- 준공년도 : 1983년 6월

3.2 현황

1) 건축현황

- 외관마감
  - 알미늄 후레임과 복층유리를 사용한 커튼월로 아직은 양호한 상태임
- 1층 및 지하층 출입문
  - 상당부분의 틈새가 존재하여 침기를 유발함

2) 기계설비 현황

- (1) 열원
  - 냉방열원 : 터보냉동기
  - 난방열원 : 지역난방
- (2) 열원설비 문제점
  - 장비노후화로 열원설비의 효율이 저하되어 실내환경 악화

- 냉방열원으로 터보 냉동기 운전하여 수전용량 과다
- 터보 냉동기 운전으로 수전용량 과다, 구냉매 (R-11) 사용으로 냉매수급 문제 발생
- 실용도 변경 및 실내부하 증대로 피크부하시 냉방 용량 부족
- 야간작업 및 냉난방불량에 의한 개별냉난방 장비 증설현상
- 정유량방식으로 부분부하 및 실용도 변경시 개별제어가 어렵다.
- 최대부하를 기준으로 반송장비를 운전하므로 에너지 소비가 크다.
- 본사사무실 및 임대사무실의 혼용으로 발생하는 부하변동에 대한 대처가 어렵다.

(3) 공조설비 문제점

- 정풍량방식이므로 공조시 개별, 실별제어가 어렵다
- 최대부하를 기준으로 공조기를 선정하여 공조기 용량 크다
- 사무실을 운전시간과 용도구분 없이 공조기 1대로 공조하여 부하변동에 대처가 어렵다
- Air Balancing을 정확히 해야하고, 실용도 변경시 풍량조절이 어렵다
- 외주부(Perimeter) 부하를 팬코일로 냉난방처리하나 설비노후화 등으로 냉난방불량
- 팬코일을 북서존, 남동존으로 구분하였으나 정유량 펌프 구동으로 부하변동에 대처가 어렵다
- 화장실, 10층 식당의 난방을 콘벡터로 처리하나 설비노후화 등으로 난방불량
- 콘벡터를 이용한 난방은 동파위험 및 난방불량으로 년중 최소기간만 운전
- 공조기, 팬코일, 콘벡터의 냉난방부하에 대한 유량공급을 정유량펌프로 운전하여 에너지 과소비
- P1 냉수순환펌프 2대, P4 온수순환펌프 2대의 운전 효율저하로 냉온수순환 불량
- 덕트노후화로 누기발생, 공조기내 Pre-Filter만 설치되어 덕트내 침적물 적체되고 공기오염 발생
- 공조기 노후화로 내부부식, 소음의 실내전달
- 부하변동에 의한 압력밸런싱 불량과 부분공조시에도 대형공조기 가동으로 에너지 손실발생
- 공조기와 송풍기의 정압 낮아 실내환기 안됨
- 개방식 팽창탱크의 설치위치가 10층 식당용 콘벡터와 동일한 높이로 설치
- 옥탑층 식당, 화장실용 콘벡터 난방시 옥탑층 팽창탱크로 Over Flow되어 난방불가능
- 콘벡터계열 난방불량으로 정상운전 불가능하여 화장실, 주방 등의 수배관 동파위험

3) 전기설비 현황

- 차단기, 계전기 등 각종 전력기기의 내구 연한이 초과되어 전력계통의 불안전을 초래할 수 있다.
- 유입식 변압기에 의한 효율저하와 정기적인 절연유 의 여과, 보충 등으로 운영비용손실이 발생되고 있다.
- 한전개폐시설이 건물내부의 공간을 점유하고 있어 이설할 필요가 있다.
- 변압기 절연유나 BATTERY에 의해 실내환경이 오염될 수 있다.
- 변압기 BUSHING 및 고압 BUSBAR가 개방형이어서 유지보수가 어렵고 안전사고의 우려가 있다.
- 채래식 형광등에 의한 에너지 손실과 광속 및 연색성이 저하되어 있다.
- 엘리베이터가 노후되고 단종된 기종이어서 잦은 고장의 원인이며 사고위험이 대단히 높고 고장발생시 장시간의 운전정지 상태를 초래할 수 있다.

3.3 개선방안

1) 건축

- 출입문의 기밀화 : 침기에 의한 부하 절감

2) 기계설비

(1) 부하계산

a. 열원

- 냉열원 : 빙축열 시스템(전기) + 난방/가습/급탕용 지역난방(중온수) -> 스크루 냉동기(180 USRT 1대)
- 온열원 : 지역난방 (중온수열교환기 610 MCAL/H 1대)

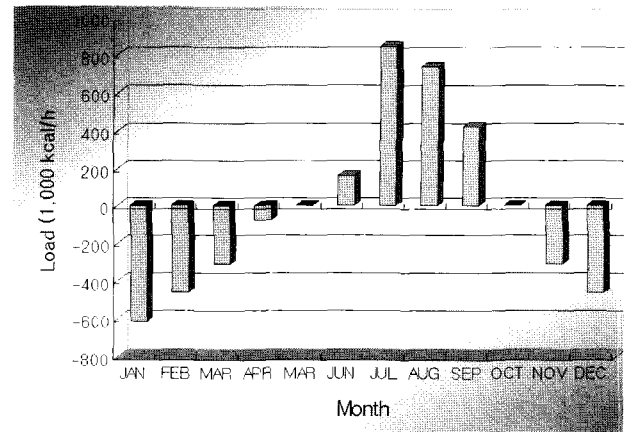
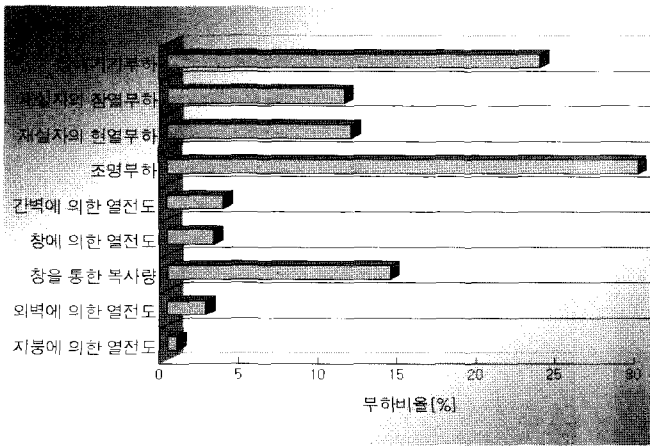
b. 냉방기간 : 6월 20일 ~ 8월 31일 (서울지역 기준)

c. 설계온도 : 사무실, 식당 : 냉방 26℃, 난방 21℃  
로비 : 냉방 28℃, 난방 20℃

d. 기상데이터 : 서울지역 표준기상데이터 (기상연보)

e. 부하분석결과

- 사용프로그램 : TRACE 600 (미국 TRANE사 개발)
- 해석 알고리즘 : 냉방부하계산에 대해서 사용된 본 프로그램에서는 CLTD, TETD-TA, DOE-2법 등이 가능하며 이 중 DEO-2(Transfer Function Method)에 의해 부하계산을 수행하였고, 연간 부하계산을 병행하여 월별 냉난방 부하를 분석하였다.
- LOAD, DESIGN, SYSTEM PHASE 분석 : 건물최대 부하에 대한 계산과 SYSTEM SIMULATION의 계산에 의해 에너지 절약적인 최적의 용량 산출



요소별 냉방부하량 (최대부하시)

월별 부하량

(2) 공조조닝

- 1개의 사무실존, 2개의 임원실존, 2개의 식당존, 1개의 은행존, 3개의 임대사무실존으로 구분하여 공조기조닝
- 9층의 전산실에는 별도의 항온항습용 패키지 조닝
- 사무실 공간의 기류, 온도를 고려하여 급기구, 환기구를 배치
- 외기냉방 도입에 따른 에너지 절약

(3) 공조방식

- 천정급기, 천장배기의 층별변풍량 공조방식, 다양한 기능의 사무실공간에 대한 공조계획
- 자가사무실과 임대사무실공간의 공조조닝을 변풍량 방식으로 분리하여 운전, 환경조건 제고
- 외부존(Perimeter)의 부하를 담당하는 팬코일을 4방위로 구분조닝하여 에너지 절감
- 전체공조에 의한 낭비를 방지하기 위한 거주역만의 공조에 대한 배려
- 건축과 협의하여 사무실의 소음, 진동을 고려하여 공조실 계획
- 목적, 사용시간, 조닝등 각부분의 부하특성을 고려한 시스템 구성
- 9층 공조실에 기존설치된 불필요한장비철거공간에 신규 공조설비 증설
- 지하2층 기계실내의 유휴공간을 이용하여 빙축열 및 신규 공조기 2대 교체설치

력제어용 변환기를 내장하여 원격감시제어가 가능하도록 구성한다.

- 한전개폐시설을 이설하고 무보수 밀폐형 축전지를 도입하여 공간활용을 최대화한다.
- 노출된 고압 BUSBAR를 폐쇄형 BUSDUCT나 케이블로 대체하여 안전성 향상과 유지관리를 원활하게 한다.
- 고효율 몰드변압기를 채택하여 전력손실을 최소화한다.

(2) 조명설비

- 절전형 전자식 안정기를 채택하여 에너지를 절감한다.
- 삼파장 램프와 고조도 반사갓을 설치하여 조도를 향상시키고 사무환경을 개선한다.
- 제품 수명이 긴 안정기와 램프를 사용하여 유지보수 비용을 절감한다

(3) 승강기설비

- 인버터에 의해 제어할 수 있는 VVVF 기종으로 설치하여 승차감 향상, 착상오차 개선, 소비전력 절감 등을 도모한다.
- 유지보수용 자재확보가 원활하여 승강기 관리를 원활하게 하고 안전도를 향상시킨다.
- 출입문 안전장치(MULTI BEAM), 음성합성장치를 설치하여 이용자가 편리하도록 한다.
- 엘리베이터 감시반을 종합방재실에 설치하여 운행상태를 점검한다

3) 전기설비

(1) 수변전설비

- 변압기와 차단기를 하나의큐비를 안에 배치하고 전

#### 4. 결론

이상과 같이 건물의 성능개선 활동과 에너지 성능인자, 에너지 절약기술에 대하여 간략하게 살펴보았으며, 또한 실제 건물에 적용한 사례를 통해 기계 및 전기설비적 요소에 대한 진단과 측정에 대해 알아보았다

최근 각광을 받고 있는 빌딩 리모델링의 핵심적인 작업은 건물성능 개선차원에서의 기계설비의 교체이며 최신 에너지 절약형 고효율 공조시스템을 채택하고 있으나, 계획적이고 치밀한 진단없이 건물 개보수를 실시하여 원래 기대했던 에너지 절감효과, 시스템 성능개선, 실내환경 개선, 유지관리비용 절감 등의 효과를 거두지 못하는 사례가 빈번하다.

그런 의미에서 건물의 개보수를 시작하기 전에 철저한 진단을 통해 초기 투자비를 최소화하면서 최대의 에너지 절약 효과를 거둘 수 있는 노력을 기울여야 할 것이다.

---

### 신 간 안 내

건축기술에 대한 새로운 지식의 학습과 적용의 인식을 넓히고, 체계적인 현장실무교육의 필수자료로서, 이 책의 저술자인 한 건설업체가 최근에 개발하거나 실제로 적용한 신기술·신공법 사례 등의 귀중한 기술정보를 과감히 공개함으로써 여러 건설기술자에 대한 정보공유에 도움이 되고자 하였다. 또한 이 책의 편집 디자인에서도 시각화 또는 컬러화를 시도하는 등 내용 구성상의 획기적인 복 디자인이 돋보인다.

- 책 명 : 건축 실무 이야기
- 책 형 : B5 / 408pp
- 저 자 : 삼성물산 건설부문
- 발 행 : 공간예술사
- 연 락 처 : (02) 737-1020
- 정 가 : 24,000

