

미국의 초고층건물의 갱신공사 사례

川頼 貴晴(Takaharu Kawase) / (株)日建設計

머릿말

(社)建築·設備維持保全推進協會(BELCA)에서는 구미, 특히 미국에서는 지금부터 60년 전 이전부터 초고층건물이 건설되고 있으며, 일본에 비해 개수실적도 풍부하다고 생각되어, 동경대학 마쯔오 교수를 위원장으로 하는 특별연구위원회를 발족시켜 1991년 10월~1992년 9월에 걸쳐 미국의 초고층 건물의 개수실태를 중심으로 조사연구를 하였다.

이 조사는 현지조사(1992년 6월 6일~6월 19일)와 문헌조사로 되어 있으며, 현지조사에서는 눈에 잘 띄이는 건물에 대해 사전에 앙케트를 실시하고 이 앙케트 결과 등을 참고로 현지조사를 실시하였다. 문헌조사에는 일본 국내에서 얻을 수 있는 미국과 영국의 잡지를 중심으로 초고

〈표 1〉 현지조사 건물 리스트

| 소재지 | 건물명칭 | 준공년 |
|-----|--------------|------|
| 뉴욕 | 원 체이스 맨하탄 빌딩 | 1960 |
| | 록펠러 센터(GE빌딩) | 1933 |
| | 월드 트레이드 센터 | 1972 |
| | 7월드 트레이드 센터 | 1987 |
| 시카고 | 아모코 빌딩 | 1972 |
| | 존한콕 센터 | 1969 |
| | 시아즈 타워 | 1974 |
| 보스톤 | 부르덴샬 센터 | 1965 |

층 건물의 개수사례를 조사하고 또 현지조사 시에도 관계문헌을 수집, 조사하였다.

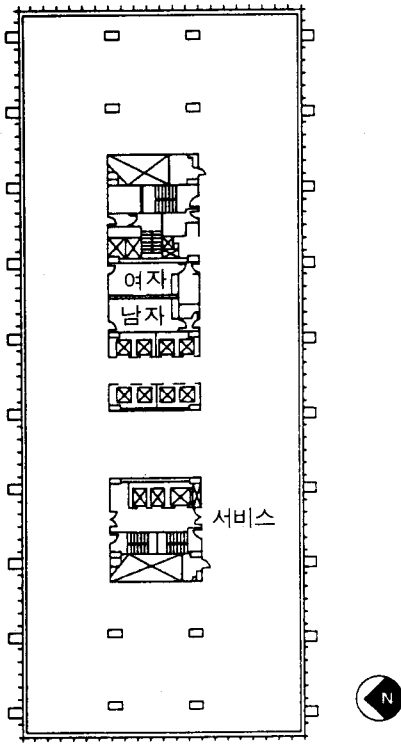
〈표 1〉에 현지조사 건물의 리스트를 표시하였다.

이러한 조사 결과는 문헌(1)이나 문헌(2)에 정리되어 있는데 여기서는 이러한 조사 중 체이스·맨하탄·뱅크 빌딩(준공 1960년)과 아모코 빌딩(준공 1973년) 2건의 초고층 빌딩의 개수공사를 초점으로 하여 기술하기로 한다. 이 조사를 실시한 후 이미 수년이 경과되었으나 개수의 내용에 관해서는 지금도 참고되는 점이 많다고 본다.

A. 원체이스 맨하탄 플라자(One Chase Manhattan Plaza) 빌딩

1. 건물 개요

- ① 건물주: 체이스 맨하탄 뱅크(건물의 대부분을 자사에서 사용하고 있다)
- ② 소재지: 뉴욕
- ③ 준공: 1960년
- ④ 바닥 연면적: 208,052㎡
기준층 바닥면적: 약 3,100㎡(〔그림 1〕참조)
- ⑤ 층수: 지상 60층, 지하 5층, 높이 248m
- ⑥ 층고: 3.66m
- ⑦ 천정고: 2.79m
- ⑧ 거주 인구: 체이스·맨하탄·뱅크 외 2개사
합계 약 7,500명



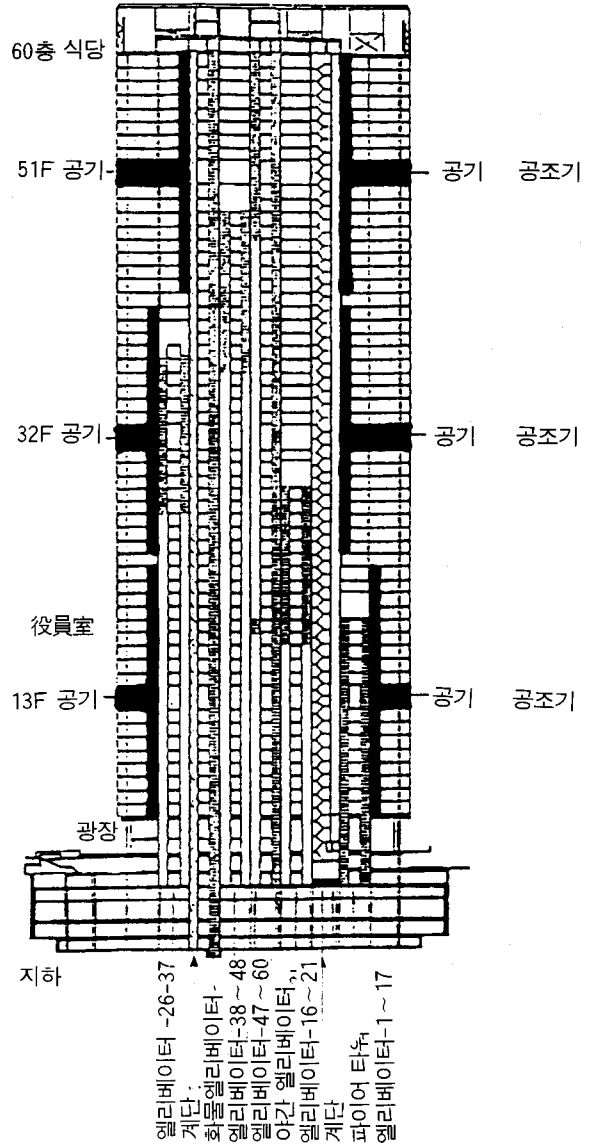
[그림 1] 원 체이스 맨하탄 플라자의 고층기준층 평면도

⑨ 공조설비

- DH(District Heating)로부터 증기를 받아 들임(12.3kgf/cm²)
- 증기구동 터보 냉동기(11F, 31F에 설치됨) 3,500RT×2대+1,100RT×2대
합계 9,200RT
- 센트럴 공조방식+인덕션 유닛([그림 2]와 [그림 3] 참조)

⑩ 전기설비

- 13,800V 5계통 인입, 주변압기 용량 4,000KVA×5대
- ① 엘리베이터 : 합계 45대(승용 42대, 화물 3대)
- ② 소화설비 : 전관스프링클러
- ③ 오피스 이외의 시설



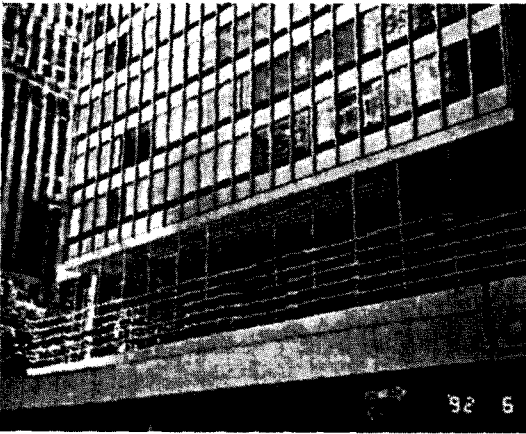
[그림 2] 원 체이스 맨하탄 플라자의 공조계통 개략도

- 7,060m²의 공공 플라자
- 테난트용의 임원식당(60F)과 회의실 / 강당 (750명) 등

2. 개수 개요

(1) 개수 전반의 계획

지금까지 대규모의 개수는 하지 않고 있다.



[사진 1] 로비 개수공사 외관

소규모의 개수를 계속적으로 하고 있다(연간 3,000만불~4,000만불의 개수비용을 쓰고 있다). 개수항목은 매년 검토한다. 비교적 큰 개수로는 건물의 내장개수, 신테난트를 위한 개수, 기기의 갱신(컴프레서등), 아스베스토스 제거(지금까지 전관의 35% 완료) 등이다.

(2) 건축 관련

아스베스토스 제거 공사때 테난트는 다른 건물로 옮기고 자사 부분은 건물 내 이동으로 대응하여 왔다. 1992년부터 로비의 개수([사진 1])를 개시하고 있다.

(3) 공조·전기설비 관련

1980년에 인테리어, 페리미터존 용 VAV 유닛 설치, 냉동기의 개수는 이미 완료하고 있으나, R22, R11을 냉매로 사용하고 있으므로 시 조례에 따라 1992년 7월 1일까지 냉매 회수 시스템을 설치할 예정.

설비의 능력은 당초부터 여유가 있게 제작되었으므로 그 증강은 필요하지 않다. 다만, 신뢰성 향상을 위해 수년 내에 발전기 2,000KVA를 증설할 예정, 변압기의 수명은 용량에 대해 여유있게 이용되고 있으므로 금후 3~4년은 견딜 수 있다고 본다. 화재경보 설비는 1979년에 설치를 완

료 하였다. 금후 피난용에 비상조명을 설치하여야 한다(3년의 유예기간이 있다).

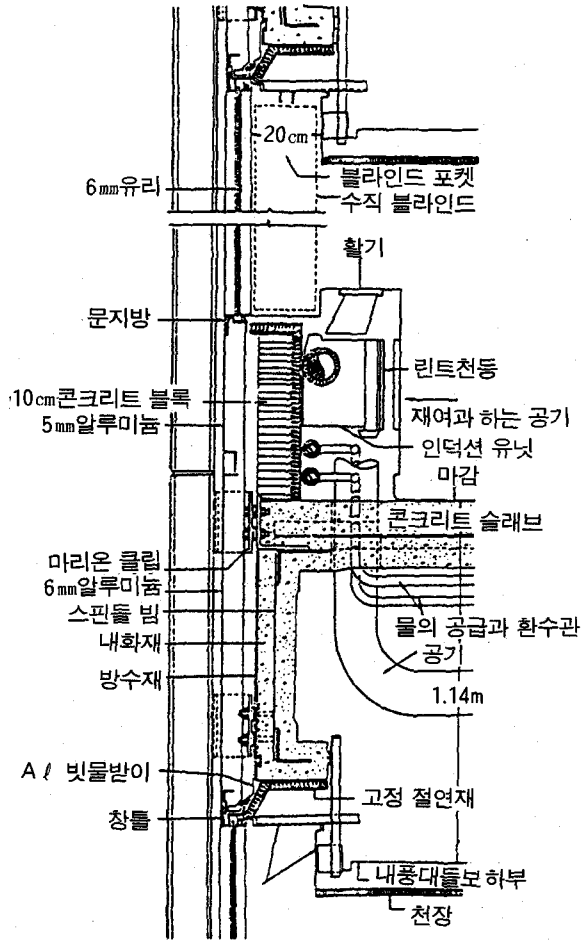
(4) BMS 시스템 관련

BMS 설비는 추가로 설치하였는데 현재는 반자동이며, 완전자동화의 계획을 진행하고 있다(1993년 완료 예정).

컴퓨터에 의한 엘리베이터 운행 시스템은 도입이 끝났다.

(5) 기타

엘리베이터의 카고(cargo)의 개수(改修)는 기본적으로는 1대씩 개수를 하였다.



[그림 3] 원 체이스 맨하탄 플라자의 인덕션 유닛 설치도

인텔리전트화(광케이블을 이용하는 LAN)에 관해서는 앞으로 검토할 생각이다. 신체장애자 대책으로는 ADA(The American With Disabilities Act)에 따라서 하고 있다.

급수, 급탕관은 늦쇠로 만든 것으로 건물과 동일한 내구성을 갖고 있다고 본다.

임대계약은 5년 이상의 리스계약이며 10년 혹은 20년일 때도 있다.

집세와 관리비는 계약시에 정하는데 계약 시점에서 정한 내용은 후일 변경할 수 없으므로 개수 하였다 해서 집세를 올릴 수는 없다.

B. 아모코(Amoco) 빌딩(구 스탠더드 석유 본사 빌딩)

1. 건물 개요

① 건물주 : 아모코지소(구 스탠더드 석유 부동산)

② 소재지 : 시카고

③ 준공 : 1973년(계획 개시 1969년)

④ 총 바닥면적 : 297,000㎡

기준층 바닥 면적 : 2,700㎡([그림 4])

⑤ 층수 : 지상 83층, 지하 5층

⑥ 층고 : 3.86m

⑦ 천장고 : 2.64m

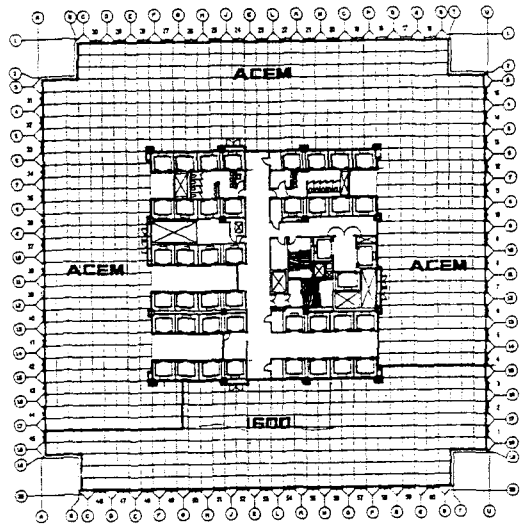
⑧ 거주 인구 :

2~49층에 아모코 회사, 50~79층에 약 40개사의 테난트가 입주중. 아모코 회사 종업원만 해도 약 5,000명, 타 테난트를 합해 약 8,100명, 조사 당시의 공실은 1개층(69층) 뿐이며 공실률은 다른 건물에 비해 적다.

⑨ 공조설비(준공 당시) :

— 보일러 / 가스·유대응(油對應) 고압증기 보일러(8.9kg/cm²)

냉동기 / 약 3,400톤 흡수식 냉동기와 5,400톤 밀폐식 원심 냉동기로 구성(운전상 융통성을 갖게 하기 위해), 합계 8,800톤



[그림 4] 아모코 빌딩의 기준층 평면도(문헌 1)

— 공조방식 / 정풍량 센트랄 공조(천장내 환기)+페리미터는 인덕션 유닛, 타워부는 저층, 중층, 고층의 3개의 존으로 구분하여 저층존과 중층존의 공조는 27층과 28층, 고층존의 공조는 81층의 기계실이 담당하고 있다.

— 제어방식 / 빌딩 제어용 컴퓨터 채용

— 성에너지 수법 / 당시의 에너지 코스트로는 성에너지 수법의 도입은 경제적 메리트가 없었으므로 성에너지 수법이 채용되지 않았다. 그러나 건물 자체의 단열성은 높고 창 면적 비율도 적게 설계되어 있다.

⑩ 엘리베이터 :

합계 84대(승용 40대는 더블덱크, 3대의 화물용, 1대는 파킹용)

⑪ 오피스 이외의 시설 :

— 81층에 아모코사의 직원용 클럽
— 지층에 카페테리아, 레스토랑, 빵집, 은행, 우체국 등이 있다.

⑫ 방재설비 :

준공시 - 화재경보시스템, 화재시 방송시스템,

위험구역의 스프링클러 설비

개수후 - 전관 스프링클러 설치

2. 개수 개요

이 건물은 제1차 오일 쇼크가 있는 1973년에 준공하였으며 석유회사에 관련된 회사가 오너인 관계로 준공후 대규모의 성에너지 개수가 비교적 빠른 시기에 이루어졌다. 이 성에너지 개수의 내용은 문헌(3)에 상세하게 보고되었다. 다음은 1982년까지 이루어진 성에너지를 주로 하는 개수를 문헌(3)을 기준으로 하여 표시하고 그후 현 지조사에 따르는 개수 내용을 기술한다.

(1) 성에너지 개수의 동기

오일 쇼크 후의 빌딩 운영 코스트의 상승에 대해 당초에는 다음과 같은 성에너지 수법이 채용되었다.

- 실내 조명의 약 40% 삭감
- 야간 조명을 절감하기 위한 경비 프로그램의 수정
- 복도의 전등을 100W로부터 40W로 변경
- 당시의 임대 상황의 허용범위 내에서 공조의 운전시간을 줄이고 실내온도를 완화
- 세수 온수온도를 내리고 급탕 순환펌프에 타이머를 부착
- 각 테난트의 요구에 따르는 세심한 운전관리와 조명 콘트롤
- 환기 팬의 운전개시 시각을 늦추고 정지시각을 앞당긴다.
- 비상계단의 조명을 50% 삭감
- 사용상황에 따르는 온도와 환기량의 설정
- 이와같은 관리·운영상의 대책은 나름대로의 효과는 이루었으나 보다 큰 성에너지화를 도모하기 위해 개수공사를 하게 되었다.

(2) 중·저층zone에 대한 성에너지 개수 공사

고층zone을 개수하기 위해서는 대형 기기를 81층으로의 운반에 제약이 있었으므로 최초의 개수공사는 빌딩의 2/3에 상당하는 중·저층zone

(3~53층)을 대상으로 하였다.

컴퓨터에 의한 성에너지·시뮬레이션과 상세설계를 병행해서 실시하고 1973년 3월 100만불의 예산으로 1,280톤의 전동 냉동기 2대를 설치하여 열회수를 하는 개수계획의 경제성이 확인되었다.

즉, 이 2대의 냉동기를 사용해 스탠더드·오일·구름의 컴퓨터실과 3~53층의 인테리어 존으로부터 열회수를 하고 그 열을 페리미터 존의 인덕션 유닛에 공급함으로써 난방용 화석연료가 절감되고 사용전력의 증가를 고려하여도 약 6년 안에 설비비의 회수가 가능하였다.

단 이 개수공사에는 다음과 같은 많은 곤란한 점이 있었다.

- 당초의 메이커의 견적은 빌딩의 높이에 의한 헤드의 고려가 없었기에 기기의 견적가격보다 구입가격이 높아졌다(냉각탑은 옥상에 설치되어 있으므로 건물의 최하층에 설치되는 열회수기의 콘텐서에는 42.2kg/cm²의 수압이 걸린다.)
- 이상하게 길게 걸린 기기의 납기(32주 이상)
- 덕트·샤프트 및 체임버 내의 대구경 배관공사. 이 공사 자체가 대단히 어려운 공사이며 용접작업은 업무 시간 외에 할 필요가 있었다.
- 공조는 정지하지 않고 배관공사를 할 필요가 있었다.
- 기기의 치수가 크기 때문에 그 반입은 주말에 하였다. 대형 열회수 칠러는 공장에서 조립하여 시험을 하고 그후 해체하여 빌딩의 주차장을 통해 반입하였다.
- 설치공사는 1977년부터 1978년에 이르는 동절기에 하였으므로 몇가지의 설비는 외기온도가 동결온도를 넘을때까지 최종 접속을 위한 운전정지를 할 수 없었다.
- 폭설로 공장이 일시적인 폐쇄로 인해 열회수 기계의 스타터 설비의 납기가 지연되었다.
- 이상과 같은 문제를 극복하고 신설한 설비의 운전이 개시된 것은 1978년 말이었다.

당시 개수공사는 1973년 오일쇼크 이후 오피스 빌딩에 대해 실시된 최대의 성에너지 개수공사였으며 1978년 그레타·시카고 위원회의 에너지 유효 이용상을 수상하였고 1982년 일리노이 ASHRAE 지부의 에너지대상을 수상하였다.

(3) 고층존에 대한 성에너지 개수 공사

고층존(54~79층)에 대한 성에너지 개수계획은 1980년 12월에 승인되었다. 그때까지 이루어진 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 검토에 따르면 이 개수로 인한 에너지 절감 효과는 32.5만불의 투자액이 4.2년에 회수가 가능하였다.

개수 내용은 로터리 스크류컴프레서(능력 270톤)를 1대 신설하고 일정량의 냉각수를 칠러 또는 증발기에 분류하는 것이다(냉각탑은 통상 동절에 운전할 필요가 있었다. 분류수(分流水)의 온도는 31.1℃, 냉각수 루프에 되돌아 오는 출구의 온도는 18.9℃였다), 동시에 고층존(54~79층)의 인덕션 유닛으로부터 나가는 온수를 기계의 콘덴서 색슨에 35℃로 보내고 인덕션 유닛에 43.3℃로 들어가게 하였다.

이 기종의 선정에 있어서 중요시한 것은 성능, 운전상의 융통성과 가격이었다.

또 서비스엘리베이터(적재하중 2.27톤)를 사용해 81층의 기계실까지 운반하기 위해서는 분해가 가능해야만 하였다. 공사는 1981년 12월에 입주자에게 폐를 끼침이 없이 완료하였으나 그 후 이 시스템은 유효하게 작동하여 혹한기에도 증기에 의한 보조열원 없이 운전되고 있다.

(4) 가변풍량(VAV) 방식 채용의 성에너지 개수 공사

정풍량시스템을 가변풍량 방식(VAV) 시스템으로 변경하였을 때의 효과를 컴퓨터로 시뮬레이션 한 결과의 110만불의 투자비가 약 4년 안에 회수가 가능 하였으므로 고층존(빌딩 전체의 1/3)의 공조를 VAV 시스템으로 개조하는 프로젝트가 1981년 10월 승인되어 연내에 VAV박스,

댐퍼, 제어기기, 직류팬·모터, 변압기의 발주가 이루어 졌다.

최초의 개수대상으로 고층존이 선정된 이유 중 하나는 이 고층존(26층)을 사용하고 있던 것이 큰 입주자가 아니었기 때문이다. 이들 입주자의 몇개는 법률, 회계사무소였으며 업무시간 종료 후나 휴일에도 공조 환기 운전이 필요하였던 것이다. 이들 일부 입주자의 욕구에 따르기 위해 존 전체의 설비를 운전한다는 것은 낭비가 크다.

가변풍량 방식의 채용에 있어서 그때까지의 운전상황을 검토한 결과 동시부하율을 고려함으로써 팬·모터의 용량을 적게 하는 것이 가능하다고 판단되었다. 기존의 4대의 250HP 교류 급기·팬·모터는 100HP 직류모터로 교체하고 4대의 150HP 교류 환기·팬·모터는 50HP 직류 모터로 교체되었다.

그 결과 새로운 전원설치가 필요하게 되었으나 전력수요는 감소되었다. 신설된 변압기는 극히 용색하기는 하였으나 기존의 스위치·기어실내에 설치할 수 있었다. 신설된 모터 제어반은 기존의 콘솔·캐비닛에 짜 넣게 제작되었다. 이 방법으로 현장설치 작업을 최소한으로 줄일 수 있었다.

테난트·스페이스의 공사 개시에 앞서 개수 계획팀이 모든 입주자를 방문하여 슬라이드를 사용하여 개수내용, 공사공정, 개수의 메리트를 설명하였다. 이 설명은 특히 다음 공사에 관한 부분에 치중하였다.

즉, 통상의 업무시간 대에 각 층의 천장내에서 재열박스과 방화댐퍼를 철거하고 신설하는 VAV 박스, 모니터·스테이션, 그리고 전동방화댐퍼를 설치하는 공사이다. 팬·모터를 교류에서 직류로 교환할 때 부분적으로 실내 환기를 정지시키는 필요성에 대해서도 설명을 하였다. 또 자사부분의 거주자에 대해서도 충분한 대화를 한 후 개수공사는 1982년 3월 1일 시작하여 1982년

6월까지 완료하였다. 입주자의 고층은 최소한으로 막을 수 있었다. 이 공사는 가변풍량 방식으로 변경할 뿐만 아니라 배연성능도 동시에 향상시키는 내용을 갖추고 있어 빌딩의 안정성 향상에도 연계되었다.

(5) 성에너지 개수공사의 효과

1982년 12월로 빌딩 완공후 10년이 경과하였는데 그동안에 실시된 각종 성에너지 대책 개수에 의해 전력소비는 92.4%, 가스소비는 29.9%까지 감소되었다.

이러한 개수공사를 평가할 때의 경제평가 항목은 단순히 투자자금의 회수연수 뿐만 아니라 이익지수, 세금공제 전 이익, 캐슈·플로, 프로젝트·센시빌리티, 그리고 잔존가치 등도 고려되었다.

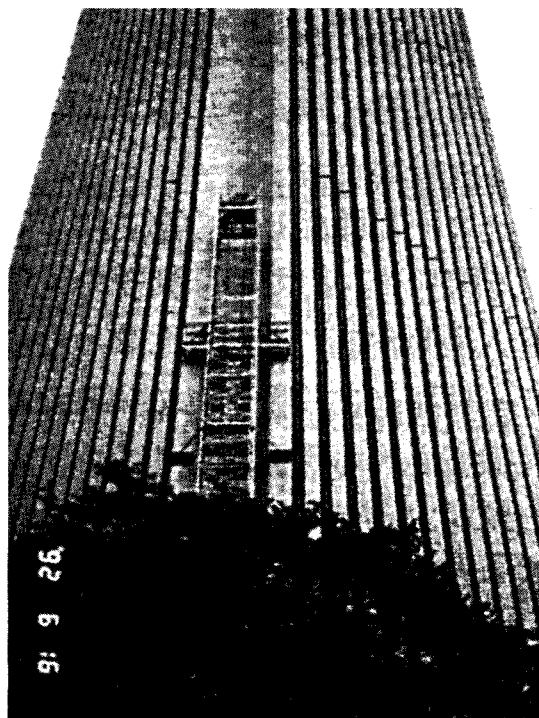
만약 스탠더드·오일회사가 주요 입주자가 아니었다면 이러한 개수 프로젝트는 실시되지 않았을 것이다. 즉, 일반 임대계약에서는 성에너지 투자에 의해 절감된 운전경비는 입주자에게 환원되고 건물주에게는 환원되지 않는 까닭이다 (통상 입주자와는 장기 임대계약을 하고 있으므로 계약조건 변경으로 투자회수를 한다는 것은 어려운 일이다).

1982년까지 실시된 개수공사는 이상과 같이 성에너지를 중심으로 한 개수이다. 그후의 주요한 개수공사는 다음에 표시한다.

(6) 건축공사 관련

1985년에 건물과 주변과의 관계, 연락을 좋게 하기 위해 북측 부분에 파빌리온을 신설하여 보행자의 출입을 용이하게 하였다.

또한 이 건물은 준공 당시 대리석을 붙인 건물로서 세계 제일을 자만하고 있었는데 대리석의 외벽 패널(1.25인치 두께)의 가운데가 부풀고 접합부에 금이 가서 깨지는 것이 보여 1989년부터 화강암 패널(2인치 두께)로 교환([사진 2] 참조)하기 시작하였다. 그로 인한 공사비는 약 7,000만불이다.



[사진 2] 외벽 패널 교환을 위한 발판대(패널교체는 거의 끝나고 있다.)

(7) 스프링클러 설치

1975년에 고층건물에 새로운 방화규제가 신설되기도 하고 1987년 2월 스프링클러 설비를 설치할 것을 결정하여 1987년 11월 설계가 완료되고, 1988년 3월 시공업자와 계약, 1990년 4월 공사가 거의완료되었다.

이 공사에 보조를 맞추어 화재경보 시스템의 보강(로비에 커맨드 패널 설치)과 비상계단 내의 소방사용(消防士用) 전화와 비상계단 록크 자동 해제 시스템의 설치, 안전센터를 이설 하였다. 공사는 입주자가 거주한 채 오후 4시~11시의 시간대에 하였다. 천장은 공사에 필요한 부분만(약 1/10 정도) 해체하여 작업하였다.

서류가 놓여져 있지 않은 책상에는 플라스틱 제 커버를 씌워서 오손되는 것을 방지 하였으나 서류가 놓여 있는 책상은 플라스틱 커버에 종이

가 부착함으로써 커버를 하지 않고 공사가 끝난 후 세심하게 청소하는 것으로 대처하였다. 공사기간 중에는 매일 아침 6시 30분부터 7시 사이에 진척 상황의 파악과 문제점을 발견하기 위해 현장을 답사 하였다.

이 공사시간 대의 노동자 임금 단가는 주간의 1.5배 이지만 총 작업시간이 적어져서(입주자가 없는 시간대 이므로 작업이 순조롭게 진행됨) 공사비가 싸졌다. 이 공사에 소요된 비용은 약 900만불이다.

(8) 조명기구의 교환

성에너지와 컴퓨터 화면의 글래어 감소를 목적으로 자사 사용분만을 대상으로 파라보릭 루버를 설치하여 고효율의 램프와 안정기를 교환 하였다. 공사에 앞서 조명 컨설턴트에게 외주를 주어 사전조사를 하였다. 개수 전의 조도는 650~750룩스 였는데 개수 후는 380~540룩스로 되었으며 조명용 전력이 2.8W/ft² (30W/m²)로부터 1.8W/ft² (19W/m²)로 감소하였다. 그중 안정기의 교환에 의한 성에너지 기여가 75% 이며 전구 교환은 25% 정도 였다.

그리고 재실센서를 설치하였다.

(9) 공조설비 관련

빌딩관리 시스템의 갱신, 로컬 컨트롤을 변경(공기식→DDC) 하였다. 금후의 계획은 CFC 대책으로 냉매의 교환을 고려 중이다.

(10) 기타

- 건축설비의 운전 보수에는 24시간제로 상시 7인의 스태프가 담당하고 있다.

- 인덕션 유닛의 배관은 동관(이것은 적어도 40년의 내용연수를 갖는다)

- 금후의 개수 계획으로는 1992년 발효된 신체장애자 보호 관련 법규 ADA(Americans with Disabilities Act)에 따르는 개수가 포함되어 있다. 여기에는 84대의 엘리베이터 전부를 개수하는데 180만불이 소요되고 있다.

- 개수 전의 진단은 컨설팅 엔지니어와 건설 회사 및 진단조사 회사에 의뢰하여 시행 하였다.

갱신할 때의 검토항목으로는 다음과 같은 항목을 들 수 있다.

- ① 자산가치의 상승
- ② 신기술의 도입
- ③ 성에너지와 비용의 절약
- ④ 공조설비의 쾌적성능 향상

성에너지 투자의 기준으로는 투자회수 연수 뿐만 아니라 '부동산 가치'에 대해 어느정도의 비율이 되는가를 생각하는 것도 기준 자료로 한다.

맺는말

여기에 기술한 내용은 현지조사시의 것이며 문장의 표현도 현지조사 시점을 기준으로 한 것임을 재삼 부언한다.

<참고문헌>

- (1) 「海外超高層ビル設備改修事例調査特別研究 報告書」平成 4年 11月: (社)建築・設備維持保全推進協會
- (2) 川瀬貴晴 「美國における超高層ビルの調査事例」空気が調和・衛生工學第69卷第4號
- (3) Edward Carmody 「Studies in energy retrofit—commercial—What the fourth tallest commercial building has done about energy consumption.」 Heating/Piping/Air Conditioning, March 1983, PP65~73

<筆者連絡先>

川瀬貴晴
(株)日建設計 東京本社 設備部長
우 104 東京都 文京區 後樂2-1-2
TEL : 03-3818-3361
FAX : 03-3818-8238

본고는 日本의 建築設備과 配管工事 96년 10월호에 게재된 내용을 金孝經(서울대 名譽教授) 博士가 翻譯한 것으로서 武斷으로 轉載하거나 複寫 사용할 수 없음을 알려 드립니다. [편집자 주]