

# 초고층 건물의 설비 기본계획

■ 오 상 준 / 삼성물산 건설부문 M&E본부 ENG팀, idol999@hanmail.net

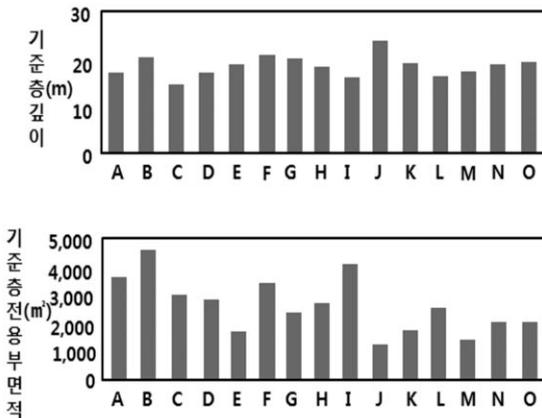
## 개요 및 기본계획

### 초고층 오피스의 특성

초고층 오피스의 경우 건축주와 임대자의 요구를 모두 만족시키기 위해서는 한정된 코스트와 스페이스를 가지고 계획을 하여야 하기 때문에 고밀도의 내부발열과 부하의 변동에 대해서 대응이 가능한 열원 및 공조시스템의 구축, 여러 입주자의 요구를 광범위하게 만족시킬 수 있는 시스템의 구축이 요구 된다.

한편, 에너지 다소비형의 건축물로서 에너지절감 대책이 필요한 측면이 있고, 설비시스템의 고효율화와 자연에너지의 유효한 이용을 포함한 중요한 검토 항목들이 있다.

### ① 건물의 깊이가 깊은 전용공간의 요구 (그림1)



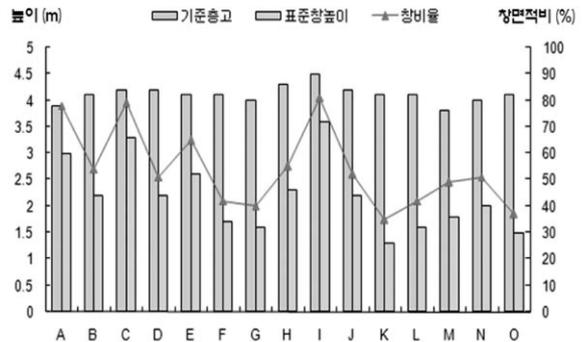
: 15 ~ 20 m의 깊이에 무주공간의 오피스가 선호된다.

② 가능한 대공간 확보에 대한 요구 (그림 1)  
: 기준층의 바닥면적이 점점 커져서 1,500 m<sup>2</sup>를 초과하는 전용부의 확보가 필요

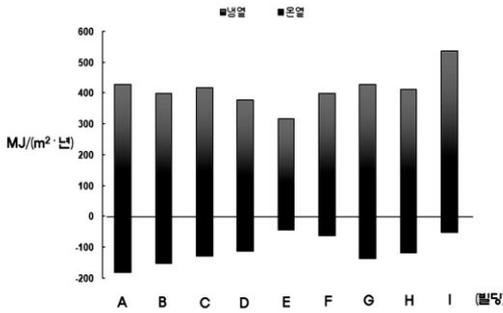
③ 대형 창 확보에 대한 요구 (그림 1)  
: 층고는 4 m전후, 창문높이는 2 m 이상, 더욱이 최근에는 3 m를 초과하는 등 가능한 개구부를 크게하는 요즘 건축의 경향

④ 냉방주체의 열 부하 특성 (그림 2)  
: 초고층 오피스의 최근 열 부하 특성에 대한 실측치가 그림 2에 표현되었다. 냉방부하가 난방부하를 크게 상회하는 경향이 결과에 반영되어져 있다.

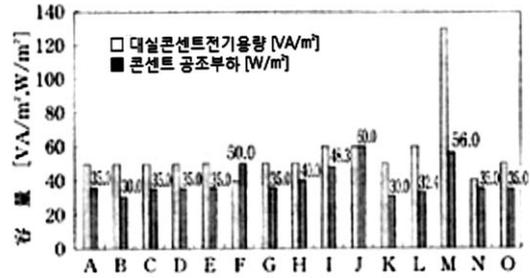
상기와 같은 특징들로 인해 초고층 건물은 외주



[그림 1] 초고층 오피스의 건축적 특성



[그림 2] 초고층 오피스건물의 연간 열부하



[그림 3] 콘센트 전원용량과 공조용량의 원단위 사례

부나 외기의 영향보다는 내주부의 영향을 크게 받게 되고 열 부하 특성에서 보는 바와 같이 내부 발열부하 증가에 기인하는 냉방부하 주체의 경향이 강하게 나타나고 있다.

그림 3에는 실제의 계획된 예에서의 설계조건 의 사례를 나타낸다.

평균적으로는 전기용량으로서 50 W/m<sup>2</sup>(콘센트 부하), 여기에 대응하는 냉방용량으로서는 대체적 으로 35 W/m<sup>2</sup>(콘센트 부하)를 보이고 있다.

**열원설비 계획**

연간 열부하에 대한 내용으로써 그림 2에서 보

여지는 바와 같이 70% 이상이 냉방수요가 되는 부하구성 비율 및 연간 냉방요구에 대응한 냉방주체의 열원시스템의 구성이 필요하다.

그림 4에 초고층 건물의 월별 열부하 분포의 실례를 나타냈다.

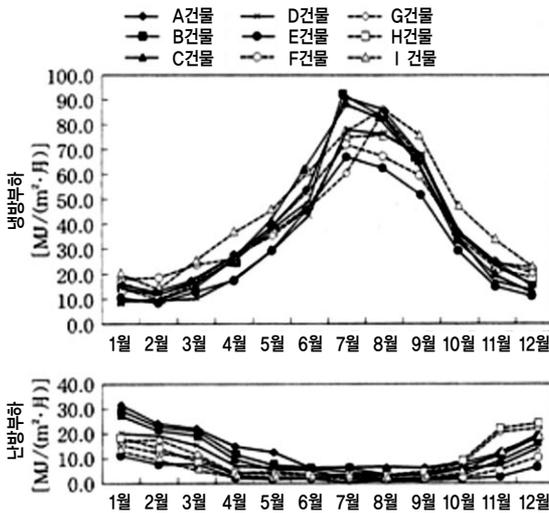
한편, 열원을 결정하는 전제조건으로서 지역냉난방의 도시 인프라가 정비되어 있느냐 이다. 도심부의 대규모개발에 있어서는 도시계획상의 영향과 환경보전의 관점에서 지역냉난방의 공급을 받는 경우가 많다.

개별열원을 설치할 것인지, 아니면 지역냉난방 등의 집단에너지시스템을 도입할 것인지 이에 상관 없이 그림 5에서 보이고 있는 열 부하 특성을 고려해서 냉방측에 효율이 있는 시스템을 구축하는 것이 필요하다. 구체적으로는 축열시스템 및 코제너레이션 시스템 등의 에너지절감성이 높은 시스템의 도입이 많다.

축열시스템으로는 빙축열의 도입이 많은데 이는 고밀도의 냉열원의 축열이 가능하고 비교적 낮은 저온의 냉수를 만들 수가 있어서 대온도차시스템을 구성하는데 용이하다.

한편 IT화에 의해 건물내에 안정적인 전력의 수요가 있고 냉방부하도 연간 안정되어 있으며, 또한 비상발전기의 겸용이 가능하여 초기투자비 및 스페이스의 유효한 이용이 가능한 열병합발전에 대한 도입 예가 많다.

건물하나만을 위한 배열 이용에서부터, 지역냉난방과 연계된 종합적인 이용과 열병합과 연계된 지역냉난방시스템 등의 계획 예도 대규모 초고층



[그림 4] 건물의 바닥면적당 월별 냉난방부하 실측 사례

	개념도	특징
중래 방식		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 서브플랜트에서 냉수 및 증기를 받는다</li> <li>2) 비상 전용의 발전기를 설치</li> <li>3) 수전을 받아 전력을 공급한다</li> </ol>
CGS 방식		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) CGS로 발전한 전기와 수전을 받아 전력을 공급한다.</li> <li>2) CGS 배열을 DHC 서브 플랜트에 공급한다.</li> <li>3) 서브플랜트에서 냉수 및 증기를 받는다.</li> </ol>

[그림 5] 열병합발전시스템의 계획 예

건물의 시스템으로서 실현가능한 방법이다.

### 에너지 절감 계획

그림 6에 초고층 건물을 포함한 대규모 건물에서의 연간 1차 에너지소비량을 조사하여 나타냈다. 일반적인 오피스의 에너지 소비량과 비교하면 열원과 전용전력은 배 정도의 차를 보이고 있고, 단위면적당의 1차 에너지 소비량은 2,500 MJ/m<sup>2</sup>·년 정도를 보이고 있다.

이는 공조면적을 기준으로 판단할 경우, 약 758 KWh/m<sup>2</sup>·y 이다.

이것은 전용부분에서의 OA화 의해 콘센트부하가 증가하고 여기에 따라서 냉방부하가 증가한 것에 기인하는 것으로 판단된다.

전용전력을 제외하면 열원과 공용전력부분은 각각 반반 정도가 되며, 열원의 약 70% 이상이 냉열

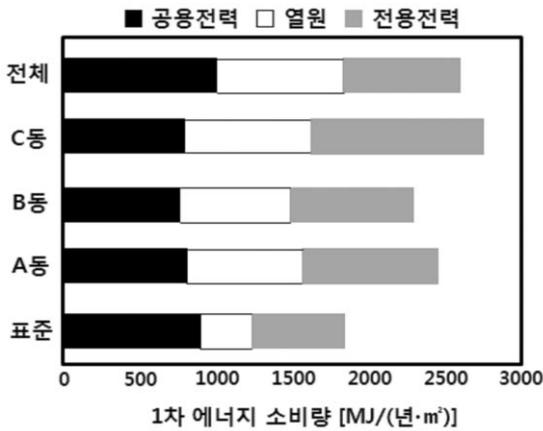
원에 대한 수요임을 감안하면, 소비 에너지의 약 반은 임대 오피스 전용부에서의 전력소비량과 냉방에 소요되어지는 결과를 보이게 된다.

다음으로는 임대 오피스 전용부분에서 소비되어지는 에너지의 내용을 그림 7에 나타냈다. 공조방식이 다른 두가지 방식에 대해서 전용 단위면적당 연간 1차 에너지 소비량을 비교 하였다.

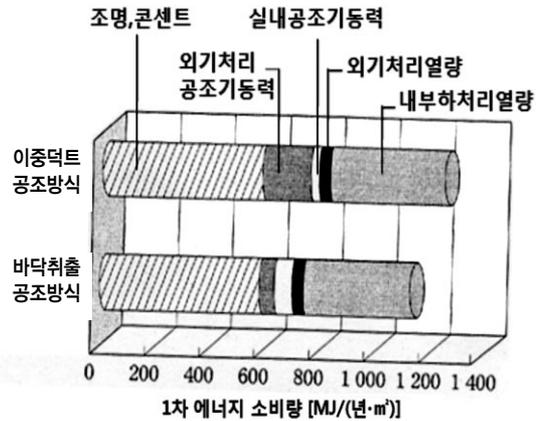
전체적으로 반 정도가 조명 및 콘센트에서의 전력소비이고, 35%가 열원, 나머지 15%가 공조의 반송동력으로 소비되고 있음을 알 수 있다.

공조계획에서도 이러한 소비량의 약 반을 점유하고 있는 열원과 공조용 반송동력을 저감할 수 있는 대책이 필요하다.

그림 7에서 공조방식의 차이에 의해서 발생하는 반송동력의 차이를 보여주고 있는데, 전체적으로 약 10%의 에너지절감이 가능하다. 더욱이 열



[그림 6] 1차 에너지의 소비특성



[그림 7] 오피스 전용부분에서의 에너지 소비특성

원에 대해서 외기부하와 내부부하의 구성을 보면 압도적으로 내부부하(냉방부하)가 차지하는 부분이 많음을 알 수 있고, 실내발열부하에 주로 기인하는 냉방부분에서의 에너지 절감수법의 도입이 에너지절감에 큰 부분이 됨을 알 수 있다.

초고층 등의 대형 오피스에 있어서 외기냉방시스템의 도입효과에 대해서 그림 8에 나타냈다.

계산에서는 정격 송풍량 (20 ~ 25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> · h)의 약 50%까지 외기를 도입하면 냉수의 생산 및 반송동력의 절감에 의해 약 30%의 CO<sub>2</sub> 저감량을 보일 수 있음을 알 수 있다.

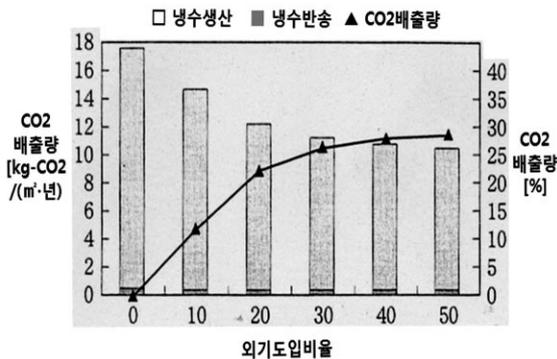
이러한 초고층 건물의 에너지 소비특성에서 큰 에너지절감 효과를 기대할 수 있는 대상으로써 외

기냉방과 자연환기에 의한 냉방에너지의 저감과 이를 공급하는 반송동력의 저감이 공조동력을 저감하는 커다란 2가지 항목임을 알 수 있다.

### 입상 Zoning

#### 개요

초고층 건물에서의 입상 배관 및 덕트 등의 입상 Zoning과 중간기계실의 배치는 다음과 같은 기계설비적인 측면에서의 필요성만이 아니라 건축계획과 바로 직결되는 문제이기 때문에 초고층 건물 계획시 무엇보다도 우선적으로 고려되어야 한다



[그림 8] 외기냉방효과 계산 예

- ① 공조배관계의 과대 압을 방지할 수 있는 Zoning 계획
- ② 1, 2차 열원기기 및 공조기에 과도한 압이 걸리지 않도록 하여 장비의 보호 및 경제성을 얻을 수 있는 계획
- ③ 건물 전체적으로 공조용 반송동력을 절감할 수 있는 계획
- ④ 입상하는 공조배관, 위생배관, 공조덕트, 환기 및 배기덕트 등을 위한 공간을 효율적으로 사용할 수 있는 계획
- ⑤ 중간 기계실 및 입상공간의 효율적인 사용으로 건축계획 유연성 및 전용면적을 합리적으로 확보할 수 있는 계획

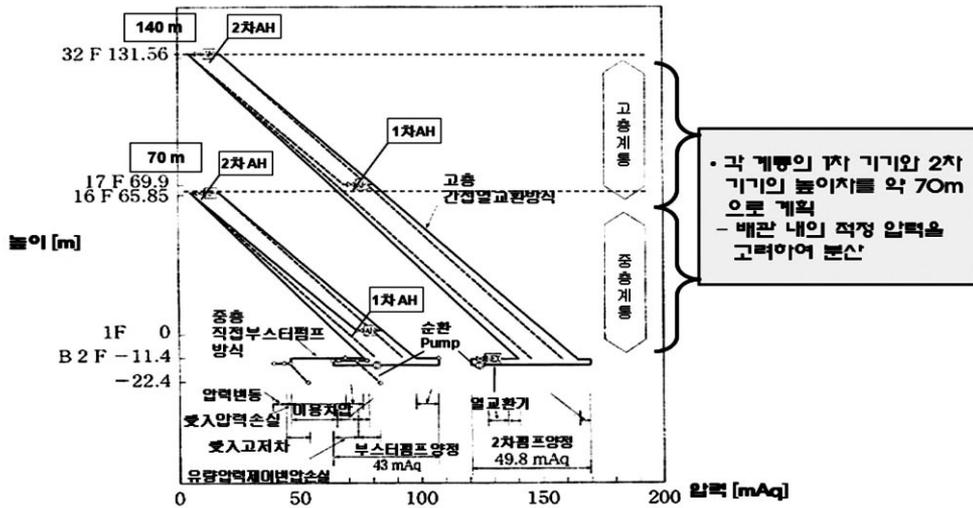
1960~1980년대 초고층 건물의 입상 Zoning

표 1에는 1980년대까지 준공된 국내의 초고층 건물에 대한 중간기계실의 위치 및 Zoning에 대해서 나타냈다.

보는 바와 같이 중간기계실은 적게는 10층에서 많게는 30층을 담당할 수 있도록 계획되어 있고, 이는 2차 열원기기(중간 열교환기) 및 공조기기의 압력을 10 kg/cm<sup>2</sup>내로 유지할 것인, 12 kg/cm<sup>2</sup>

<표 1> 1960~1980년대 초고층 건물의 입상 Zoning 예

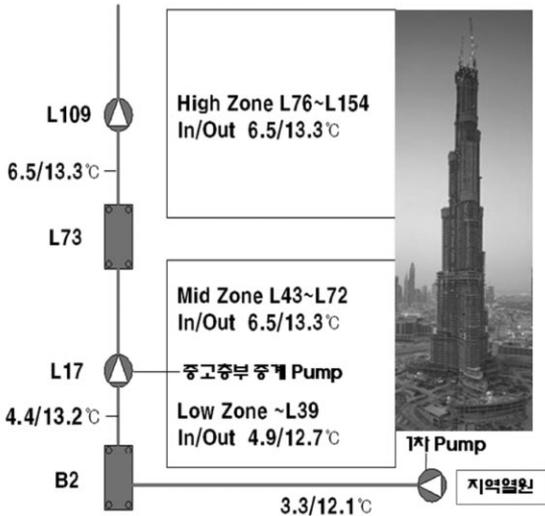
건물명	한국종합무역센터	ONE LIBERTY PLAZA	U.S.STEEL BLDG	CITYCORP CENTER	CHASE MANHATTAN BANK
준공연도	1988	1973	1970	1978	1963
중간기계실위치 / 조도	54F, 53F, 45F, 44F, 36F, 35F, 23F, 22F	55F, 40F, 15F	64F, 34F, 3F	57F, 30F, 4F	61F, 51F, 41F, 31F, 21F, 11F



[그림 9] 반송시스템의 압력분포도 예

<표 2> Burj Dubai Tower의 입상 Zoning검토

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
해당층	L5 ~ L16	L19 ~ L36	L43 ~ L72	L76 ~ L108	L112 ~ L137	L139 ~ L154
용도	호텔	호텔 객실	일반 거주구역	고급 거주구역	리테일 오피스	리테일 오피스
1차 열교환기위치	B2	B2	B2	B2	B2	B2
1차 펌프의 위치	B2	B2	L17	L17	L17	L17
2차 열교환기 위치	-	-	L40	L40	L73	L73
2차 펌프의 위치	-	-	L40	L40	L109	L109
1차 열교환기 압력(kg/cm <sup>2</sup> )	7.02	16.68	19.65	20.45	32.88	32.88
2차 열교환기 압력(kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	13.58	27.44	30.45	36.87
사용층 배관및기기압 (kg/cm <sup>2</sup> )	11.02 ~ 3.39	11.73 ~ 2.97	16.28 ~ 3.74	16.52 ~ 2.47	14.58 ~ 3.61	9.45 ~ 2.87
최고배관압및 해당층 (kg/cm <sup>2</sup> )	11.02 (B2)	20.68 (B2)	19.65 (B2)	31.44 (42F)	32.88 (B2)	36.87 (73F)



[그림 10] Burj Dubai Tower의 입상 Zoning 개념도

혹은 15 kg/cm<sup>2</sup>로 유지할 것인지에 대한 경제적인 검토에 기인하는 결과라고 판단된다.

**일본 초고층 건물의 입상 Zoning 예**

일본의 경우 그림 9에서와 같이 2차측 기기(열교환기)기준으로 약 70 m를 1개의 Zoning으로 계획하는 방법을 널리 채용하고 있다. 이는 해당 2차 기기의 내압을 10 kg/cm<sup>2</sup> 내로 유지하려는 계획이다.

또한, 연간을 통해 운전시간에 대한 분석, 극단적인 부분부하의 빈도에 대한 고찰을 통해서 반송 동력을 저감하기 위한 펌프의 대수분할과 VWV 제어, 소유량펌프의 병설, 대온도차 시스템의 채용 및 반송시스템에 대한 연구가 계속되고 있다.

**최근 초고층 건물의 입상 Zoning 예**

현존하는 가장 높은 초고층 건물인 Burj Dubai Tower의 중간기계실 및 입상 Zoning 그리고 각각의 배관 및 기기들에 미치는 압력의 범위 및 기타 반송기기들에 위치에 기초한 검토내용을 그림 10에서 살펴본다.

이는 정리된 자료를 참고 혹은 인용한 것이 아니라 사본 설계설명서 및 개념도를 기초로 하여 개략적인 산술적 계산 및 검토를 기초로 하여 추정해 본 내용이기 때문에 일부 실제와 상이하거나 오류가 있을 수 있음에 대해 양해를 구하고자 한다.

이는 다음과 같은 전제를 가정하여 검토하였다.

- ① 펌프의 양정 : 40 mAq
- ② 배관의 상당과 길이 : 배관길이 × 1.5
- ③ 배관마찰 손실수두 : 30 mmAq/m
- ④ 열교환기 코일저항 : 10 mmAq/m

검토내용중 주요한 내용에 대해서만 표 2에 나타냈다.

이상에서 살펴 본 바와 같이 Burj Dubai Tower

의 입상 Zoning을 검토해 보면 몇가지 특이한 점과 이전과는 다른 초고층 건물에서의 입상 Zoning에서의 접근을 추론해 볼 수 있다.

- ① 1차측 열교환기는 B2에 설치하였지만, 2차측 열교환기는 Zoning에 따라서 L40 혹은 L73에 위치하였으며, 각 해당 순환펌프의 위치도 B2, L17, L40, L109 로써 상당히 혼잡스럽게 계획된 듯 하나, 설비층을 정리해보면 B2, L17, L40, L73, L109 로써 약 30층 정도의 위치에 열교환기 및 펌프를 위치시켰음을 알 수 있다.
- ② Zone 3, 4, 5, 6에서는 1차 펌프를 1차 열교환기 있는 B2가 아닌 L17에 위치 시켰고, Zone 5,6 에서는 2차 열교환기 있는 L73 이 아닌 L109 에 위치 시켰다. 이는 검토결과 1차 및 2차 열교환기 및 배관에 미치는 압력을 최소화하기 위해서 여러 계산 및 검토를 거쳐서 위치시켰음을 알 수 있다.
- ③ 최고배관압은 최하층인 B2 혹은 중간층인 42F, 73F에서 Zone별로 조금씩은 상이하게 나타났으며, Zone 1, 2, 3 에서는 20 kg/cm<sup>2</sup> 이하의 압력을 보였지만, Zone 4, 5, 6의 경우에는 30 kg/cm<sup>2</sup>가 넘는 최고압력을 보였다.
- ④ 열원기기인 열교환기의 압력을 살펴보면 1차측 열교환기의 경우 Zone 1, 2, 3 에서는 20 kg/cm<sup>2</sup> 이하의 압력을 보였지만, Zone 4, 5, 6 의 경우에는 30 kg/cm<sup>2</sup>가 넘는 최고압력을 보였다. 또한, 2차측 열교환기의 경우에는 Zone 5, 6 에서 30 kg/cm<sup>2</sup> 가 넘는 압력을 보이고 있다.
- ⑤ 이러한 압력분포에도 불구하고 해당 Zoning

에서 공조기기 등을 연결하기 위한 압력은 Zone1, 2, 3, 4, 5, 6 모두에서 약 15 kg/cm<sup>2</sup> 정도의 최고압을 보여 공조기기는 이러한 기준으로 계획되고 선정되었음을 알 수 있다.

- ⑥ 이상과 같이 1차측 열교환기, 2차측 열교환기 및 관련 순환펌프는 배관 압면에서 가장 유리하고, 기기에 미치는 압력이 최소화 되면서 공조기기에는 안정적인 압력을 유지할 수 있도록 Zoning 되고 계획되었다.

### 참고문헌

1. 한국초고층건축포럼, 초고층 건축물 디자인과 설계기술, 기문당, 2007.4.
2. 전국경제인연합회, 국가신성장동력/초고층건축산업, 제10차 한국초고층 건축포럼 국제심포지움, 2008.6.
3. 초고층분과위, 초고층분과위원회 보고서, 삼우설계, 1997.4.
4. 일본공기조화.위생공학회지, 2003.3, vol77, no.3
5. 일본공기조화.위생공학회지, 2003.4, vol77, no.4
6. 일본공기조화.위생공학회지, 2004.10, vol78, no.10
7. 한국설비기술협회, 설비/공조·냉동·위생, 초고층 건물의 열원 및 공조설비 계획, 2007.1.
8. 일본건축설지와배관공사편집위원회, 초고층 건물설비설계자료집, 일본공업출판, 1995.