

변풍량시스템이 적용된 사무조건물의 환기 및 에너지성능평가

Ventilation and energy performance evaluation of the office building with variable air volume system

권 용 일*, 권 순 석**
Y. L. Kwon, S. S. Kwon

Key words : Varibale air volume system(변풍량시스템), Fan tracking(팬연동), Cold air distribution(저온공기 분배방식)

Abstract

Variable air volume(VAV) system designed for improving interior environmental control has steadily evolved over the last 20 years. Major advantage of VAV system is that VAV technology allows a single system to provide simultaneous heating and cooling without a seasonal changeover. Research is carried out in order to study the influence on the energy consumption and ventilation performance of two kinds of office building with a mixing ventilation system. Data required for performance evaluation in these building is obtained from the central monitoring station and by measurement.

기 호 설 명

ACH : 환기횟수
AHUEC : 공조기소비전력
CN : 빈도수
CTN : 누적시간 비율(%)
REC : 냉동기 소비전력
ISEC : 빙축열시스템 소비전력
SA : 급기
SE : 남동측
SW : 남서측
OA : 외기

RT : 실내온도
RST : 실내설정온도
RL : 실내부하
NE : 북동측
NW : 북서측

1. 서 론

1970년대의 에너지 위기와 맞물려 고안된 햄박스(HAM box)는 실내부하변동에 따라 급기풍량을 직관적으로 감소시킬 수 있다는 개념에서 적용되기 시작된 후 변풍량유닛(variable air volume unit : 이하 V.A.V.unit으로 표기)으로 꾸준히 보완 발전되었으며 국내에서는 빙축열시스템의 적용과 더불어 90년대 초반부터 활발히 적용되고 있는 공조방식이다.

* 신홍대학 건축설비과

** 동아대학교 공과대학 기계공학과

공조방식은 열원시스템의 구성에 따라 일반공조방식과 저온공기 분배방식(cold air distribution)으로 분류된다. 또한 변풍량유닛은 저온공기 분배방식(냉수온도차: 10℃)에 적용되는 팬구동유닛(fan powered unit)과 유인유닛(induction unit)과 일반공조방식(냉수온도차: 5℃)에 적용되는 교축형(벤츄리형과 뎀퍼형)유닛으로 분류된다.

최근, 제어기술은 운전 및 유지관리측면의 기능을 현저히 향상시킨 전자제어(DDC)방식의 변풍량(VAV)시스템이 적용되고 있다. 그러나 변풍량제어시스템의 제어과정은 다양한 기후(외기부하) 및 성능에 영향을 미치는 인자(소음, 냉동효율)로 인해 매우 복잡하게 영향을 받는다. 그러나 최적 설계된 변풍량(VAV)시스템은 에너지효율을 향상시키고 방위와 위치에 관계없이 재실자에게 쾌적감을 제공하는 측면에서 정풍량 공조방식보다 성능이 우수하다고 알려져 있다.⁽¹⁾ 그러나 변풍량(VAV)시스템의 규모와 구조 및 제어를 상호 고려하여 설계하지 않으면 실내조건은 악화되고 에너지소비량의 감소효과는 현저히 둔화된다고 보고되고 있다.⁽²⁾ 그러므로 실내환경(IAQ)기준을 만족하고 운전비용의 감소효과를 취하면서 동시에 실내온도조건을 만족시키는 것은 매우 어렵다.

최근, 박승태⁽³⁾ 등은 저온공기분배방식에 적용되는 변풍량시스템에 대해 설계, 시공 및 운전측면에서의 장점과 주의할 사항을 검토하여 발표하였으며 강병하⁽⁴⁾ 등은 일반적으로 변풍량시스템과 동시에 적용되는 빙축열시스템 중 부분축열방식의 최적운전기법에 대해 발표하였다.

변풍량시스템(VAV system)의 대표적인 장점은 다음과 같다.

① 부하변동에 대응하는 시스템의 유연성과 적응성이 뛰어나므로 방위별, 실내위치에 관계없이 쾌적한 실내환경을 조성하고 에너지절약을 수행한다.

② 구획된 공간에서 국소적인 오염에 대해 차별화된 환기성능을 유지시키고 예측하지 못한 부하증가에 쉽게 대응한다.

이상과 같은 장점에도 불구하고 다음과 같은 단점에 의해 변풍량시스템을 적용하는데 있어서 많은 문제점이 있는 것으로 지적되고 있다.

① 동시 부하율의 부적절한 산정으로 인한 냉방불량(설계측면의 문제)

② 뎀퍼와 덕트의 누기현상으로 인한 부적절한 풍량제어(시공측면의 문제)

③ 보정되지 않은 제어측정장비의 성능 오차(철회전수 및 실내온도)

④ 급기풍량변화에 따른 디퓨저의 기류확산성능(ADPI)변화

⑤ 급기풍량의 감소에 따른 외기도입량감소

이상과 같은 단점은 변풍량 공조시스템의 성능이 공조방식에 부적합하다고 판단하는 인자로 작용하지만 설계, 시공 및 운전이 상호 보완되면 해결될 수 있다. 설계자가 변풍량시스템(VAV system)을 적용할 때 예측되는 문제점을 보완하기 위해서는 동시부하율의 정확한 예측, 덕트시공(변풍량유닛 주위 덕트 포함), 디퓨저 선정, 덕트압력제어 및 철회제어에 주의를 기울여야 한다.

본 연구는 최근, 저온공기분배(cold air distribution)방식을 변풍량시스템에 적용하기 위해서 활발히 논의되는 시점에서 실내위치 및 부하 크기에 관계없이 실내의 온열감을 균일하게 유지시키기 위해 적용된 변풍량시스템의 제어현황(급기풍량제어 및 환기 성능) 및 에너지소비량(냉열원 및 철회의 소비전력)을 분석하여 에너지 절약 효과를 향상시키고 쾌적한 실내환경을 조성하는 측면에서 제안하고자 한다.

2. 환기 및 에너지 성능평가 대상건물의 개요

변풍량시스템의 성능을 분석하기 위해 선정된 대상건물은 여의도 증권타운에 있는 H건물과 J건물이다. Table 1은 대상건물의 건물개요, 변풍량유닛종류 및 냉방장비용량을 나타내고 있다. 대상건물에서의 자료수집은 97년 8월 8일부터 9월 9일까지 수행하였다. 대상건물의 코어는 H건물의 경우, 남서측의 외벽과 접하고 있으며 J건물의 경우, 북동측의 외벽과 접하고 있다.

H건물의 냉열원장비는 터보냉동기(450RT)와 흡수식냉동기(500RT)를 병렬로 운전하고 있으며 J건물의 냉열원 장비는 스크류냉동기(200RT)를 병렬로 운전하고 있다.

Table 1에 나타난 재실밀도, OA기기 및 조명부하는 대상건물의 입주현황과 방문조사를 수행한 자료이다. 변풍량시스템의 운전성능을 측정할 공간은 H건

Table 1 Building outline and cooling equipment capacity

Item \ Building	H building	J building
total area(m ²)	61,707.7	33,616
cooling area(m ²)	32,207.9	12,289
window area ratio(%)	35	45
cooling capacity(RT)	450×1EA 500×1EA	200×2EA
people(p/m ²)	0.04	0.05
lights(W/m ²)	18	20
power(W/m ²)	7	8
V.A.V. unit type	venturi type	damper type
V.A.V. unit control	PI control	PI control

물은 8층, J건물은 7층의 총무부(사내 상시거주 부서)이다.

변풍량(VAV)제어성능을 평가하기 위해 중앙감시실에서 수집한 자료는 방위별 실내온도, 실내설정온도, 급기온도, 환기온도, 급기풍량, inverter효율, CO₂ 발생량 등이다. 수집한 자료의 타당성을 검증하기 위해 방위별 CO₂ 오염농도, 건구온도, 신선외기도입량을 각 건물의 총무부가 있는 층에서 측정하였다. 측정에 사용된 장비는 검교정된 온도습계, airdata multimeter 및 탄산가스 검지관을 이용하였다.

대상건물의 최대 급기풍량은 J건물의 경우, 27,000CMH이며 H건물의 경우 26,500CMH이고 환기횟수로 환산하면 J건물은 8회전, H건물은 8.8회전이다.

변풍량시스템(VAV system)의 성능평가를 위해서는 실내의 전열(현열과 잠열)부하를 분석해야 하지만 본 연구에서는 현열부하만 산정하였다.

벽체부하는 식(1)을 이용하였으며 실내현열부하는 식(2)를 이용하여 산정하였다.

$$Q_{wall} = KA(T_{RA} - T_{OA}) \quad (1)$$

$$Q_{ROOM} = GC_p Y(T_{SA} - T_{RA}) \quad (2)$$

여기서, K = 벽체의 열관류율(벽체 : 0.5, 창 : 2.9)
A = 외벽과 창의 면적

T_{RA} = 실내온도(°C)

T_{OA} = 외기온도(26°C)

G = 급기풍량

C_p = 공기 비열(0.24kcal/kg°C)

Y = 공기비중량(1.2kg/m³)

T_{SA} = 급기온도(°C)

3. 변풍량시스템(VAV system)운전제어방식

Fig.1은 대상건물의 변풍량유닛(VAV unit)을 제어하기 위해 사용된 압력 독립식제어(pressure independent control)의 개략도를 나타내고 있다.

측정대상건물에서 변풍량시스템을 운전하기 위해 사용하는 제어방법과 제어의 차이점은 다음과 같다.

1) 풍량제어 : 구역(zone)별 풍량제어는 압력독립식제어를 수행한다.

2) 환기량제어 : H건물은 EA 환을 설치하여 급기 환만을 제어하지만 J건물은 RA 환이 설치되어 FMS에 의한 환연동(fan tracking)제어를 수행한다.

3) 외기도입량제어 : 외기도입량은 CO₂ 감지기를 이용하여 외기덤퍼를 제어하고 제어설치치는 800ppm이다.

4) 환회전수 제어 : 부하변동에 의한 fan회전수의 제어는 정압이 2/3정도 감소되는 지점에 설치된 정압감지기를 이용한다.

5) 급기설정온도 : H건물은 환기온도를 보상하여 재 설정하며, J건물은 실내습도에 따라 재설정된다. 일별 급기온도는 외기온도 및 습도를 보상하여 재설정한다.

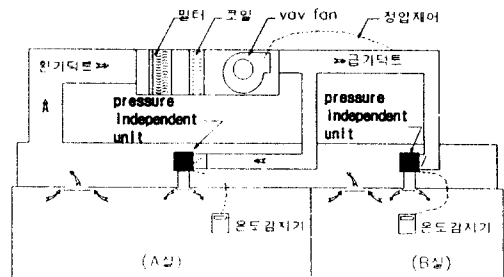


Fig.1 Diagram of a single duct pressure-independent VAV system

4. 결과 및 고찰

변풍량시스템의 제어 및 환기성능을 평가하기 위해 대상건물에서 측정 및 수집(외기도입량, 급기풍량 비율, 소비전력량)된 데이터를 분석한 결과는 다음과 같다.

Fig.2A는 8월 15일(일요일) J건물의 외기온도 및 방위별 실내온도를 시간변화에 따라 나타내고 있다. 외기온도의 최대값은 34℃이며 방위별 실내온도는 동남측과 남서측에서 각각 11시와 17시경에 최대값을 나타내었다. 남서방위의 최대온도는 축열효과로 인해 외기온도보다 미소하게 높게 나타났다. 변풍량시스템은 이와 같이 방위별로 시간변화에 따라 불균일한 부하를 제거하여 균일한 실온으로 유지시켜야 한다. 측정기간 중 최대 외기온도는 34.7℃, 최저외기온도는 26.1℃이며 최대 일교차는 7.2℃이다.

Fig.2B는 측정기간중, J건물의 평균실내온도와 실내 현열부하를 나타내고 있다. 운전기간중 제거된 실

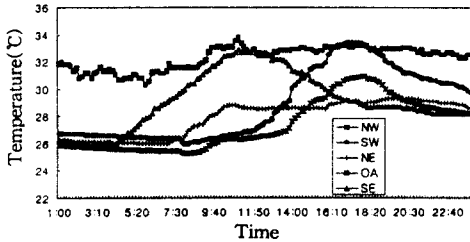


Fig.2A Temperature distribution versus time for various orients for interruption period of VAV unit for J building on August 15

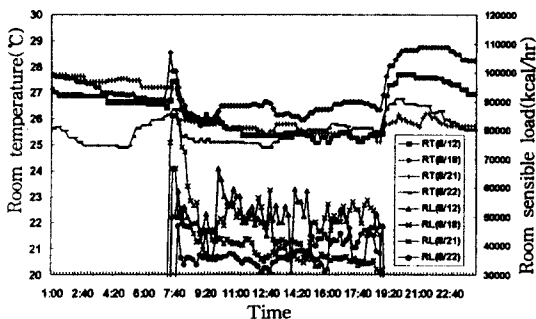


Fig.2B OA temperature and sensible heat load versus time for various days for J building

Table 2 Total sensible load of J building

load component	load calculation	load
person	$0.05(\text{인}/\text{m}^2) \times 1,292(\text{m}^2) \times 54(\text{kcal}/\text{hr인})$	3,500kcal/hr
light and equipment	$28(\text{w}/\text{m}^2) \times 1,292(\text{m}^2) \times 0.86(\text{kcal}/\text{hr}/\text{w})$	31,200kcal/hr
skin	usage data calculated from Fig.2	8,900kcal/hr
total sensible load		43,600kcal/hr

내 현열부하는 8월 18일, 8월 12일, 8월 22일, 8월 21일 순으로 증가되었음을 공조기 비운전시간의 실내온도분포에 의해 추측할 수 있다. 실내 현열부하의 최대값은 8월 18일에 나타났으며 85,000kcal/hr이다. 또한 이값은 예냉운전 시간에 나타났으나 8월 18일의 실내 현열부하의 평균치는 51,000kcal/hr이다. 그러나 실내온도분포는 다른 날보다 8월 18일에 현저히 높게 운전되고 있다. 이는 부하증가에 대비하여 급기 설정온도를 다른 날보다 높였기 때문이다. 그러므로 J건물은 급기온도를 부하에 따라 비례적으로 조절하지 않고 있음을 판단할 수 있다.

본 연구 대상건물의 최대 현열부하는 Fig.2A의 외기온도와 실내온도 및 Table 1의 부하자료를 이용하여 Table 2와 같이 산정하였다.

J건물의 경우, 측정기간중 제거되는 실내의 현열부하는 85,000kcal/hr이다. 그러므로 부하종류별 현열부하의 비율은 내부부하(인체, 기기, 조명)가 41%, 벽체부하가 11%이므로 일사부하의 비율은 최대 48% 이하로 추정된다.

또한 J건물의 경우 설계시 산정된 내부부하(조명, 인체 및 기기)는 45,000kcal/hr이다. 이 값은 본 연구에서 수집된 내부부하 보다 30% 증가된 것이다.

Fig.3A는 J건물의 경우, 8월 20일의 방위별 실내분포도를 나타내고 있다. 이 값은 방위에 관계없이 균일하게 나타내고 있다. 이는 방위에 따라 시간별로 불균일한 실내부하에 적합하게 급기풍량이 조절됨을 나타내는 것이다. Fig.3B에 나타난 H건물의 9월 8일 방위별 실내온도분포는 불균일하다. 이는 방위별로 설치된 변풍량유닛과 온도 감지기가 정확하게 작동되지

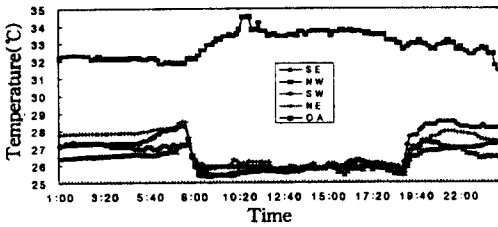


Fig.3A Temperature versus time for various orient for J building for the operation period of VAV unit on August 20

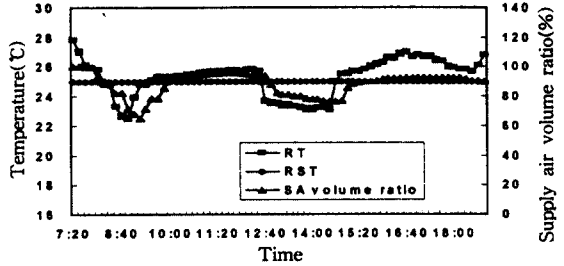


Fig.4A Ratio of air flow and temperature versus time with pressure independent VAV terminal for J building on August 18

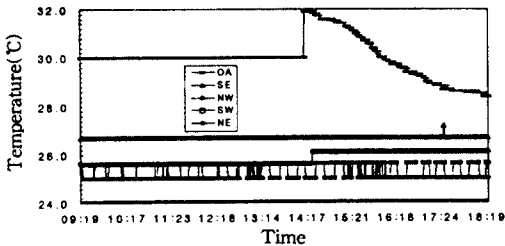


Fig.3B Temperature versus time for various orient for H building for the operation period of VAV unit on September 8

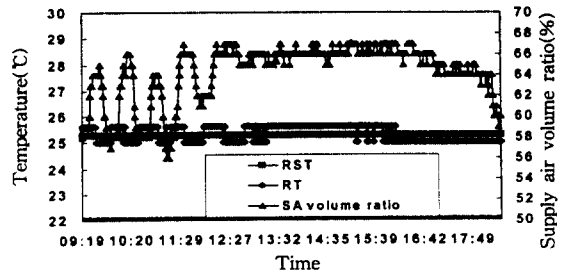


Fig.4B Ratio of air flow and temperature versus time with pressure independent VAV terminal for H building on September 8

않기 때문이다.

또한 H건물은 외기온도감지기의 기능이 부정확하여 외기온도를 운전자가 인위적으로 설정하고 있음을 확인하였다.

Fig.4A는 8월 18일 J건물의 서북측에 설치된 변풍량유닛의 풍량제어성능을 나타내고 있다. 실내설정온도는 25°C이다. 설정온도에 적합하게 실내온도를 유지하기 위해 급기풍량은 조정하지만 12시 30분경부터 14시 30분경까지 약 2시간 동안 설정온도 이하로 실온이 유지되고 있다. 그러나 Fig.2B에 나타난 바와 같이 8월 18일의 평균 실내온도분포는 26°C 정도 유지되고 있다. 이는 최소 풍량설정치는 높게 유지하여 구역(zone)별로 요구되는 풍량이 부정확하게 공급하도록 제어하기 때문이다. 이러한 영향으로 운전 시간 중 최대 실내온도차는 3.5°C이다 Fig.4B는 9월 8일 H건물의 동남측에 설치된 변풍량 유닛의 풍량제어성능을 나타내고 있다. 급기풍량은 실내 설정온도(25.3°C)를 유지하기 위해 조절되고 있으며 운전시간 중 최대실내온도차는 0.6°C로 양호하게 유지되고 있다. 그러나 실내온도는 13시부터 15시까지 급기풍량

은 설정온도 이상으로 일정하게 유지되고 있다.

Fig.5A, B는 측정기간중 J건물과 H건물의 환기횟수를 나타내고 있다. J건물과 H건물의 최대환기횟수는 각각 8회/hr와 8.8회/hr이지만 J건물의 환기횟수는 평균 7회/hr정도로 운전되고 H건물의 환기횟수는 J건물과 동일기간에 평균 6.7회/hr이다. J건물은 시간, 날짜변화에 따라 환기횟수가 최대 3회/hr 감소되지만 H건물은 외기온도와 상대습도가 감소한 9월(최대 2회/hr)을 제외하고 환기횟수가 일정하다. 이는 H건물의 냉수공급온도가 높아 제습효과가 감소하여 실내온도를 변화시키지 못하기 때문이다. 그러므로 냉수 공급온도가 낮은 J건물은 최대 43%의 풍량이 감소되어 inverter설치효과가 현저하게 증가됨을 알 수 있다.

Fig.6A, B는 측정기간중 J 건물과 H건물의 실내온도에 따른 급기온도차를 나타내고 있다. Fig.6A의 J건물은 실내온도가 24.5~26.4°C범위로 광범위하게 유지되고 실내온도에 따른 급기온도차가 선형성을 보이지 않지만 현저한 차이를 나타내고 있다.

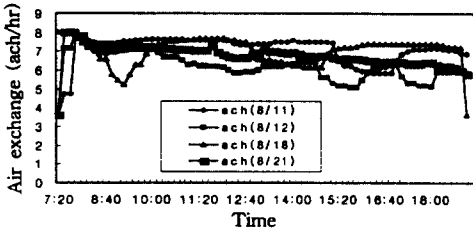


Fig.5A Air exchange versus time for various days for 7th floor of J building

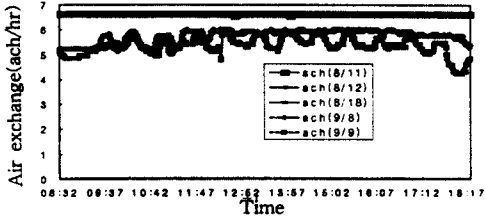


Fig.5B Air exchange versus time for various days for 8th floor of H building

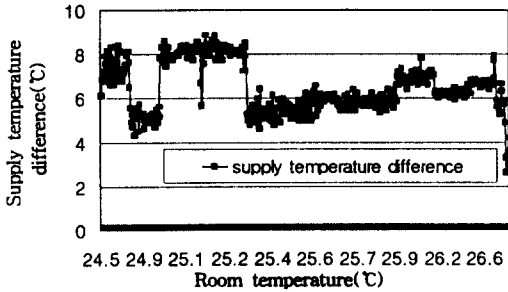


Fig.6A Supply temperature difference versus indoor air temperature for 7th floor of J building

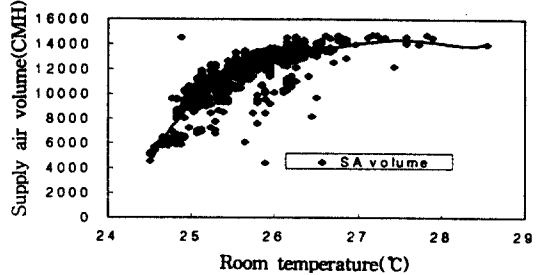


Fig.7A Supply air volume versus indoor air temperature for 7th floor of J building

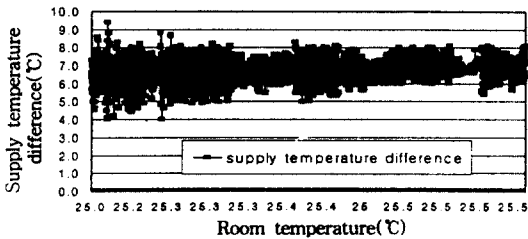


Fig.6B Supply temperature difference versus indoor air temperature for 8th floor of H building

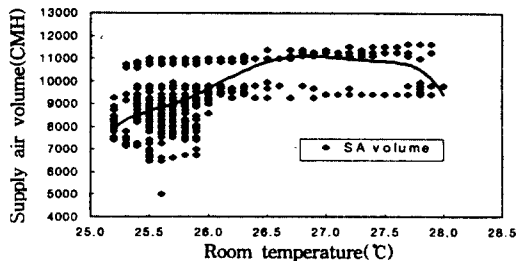


Fig.7B Supply air volume versus indoor air temperature for 8th floor of H building

전반적으로 급기온도차가 증가(7~8°C)되면 실내온도가 낮아지고 급기온도차가 감소(5~7°C)하면 실내온도가 상승하는 현상을 나타낸다. 이는 부하변동에 따라 급기온도를 변화시켜 급기풍량이 변화되지만 외기보상 운전에 따른 열원장비의 제어가 에너지 절약적인 측면에서 수행되지 못하고 있음을 입증하는 것이다.

Fig.6B의 H건물은 실내온도가 25~26°C범위에서 유지되지만 실내온도에 따른 급기온도차이는 6~8°C 범위에서 유지되지만 실내온도가 25.1°C인 지점에서 부분적으로 급기온도차이가 미소하게 증가한다. 이는 H건물이 앞에서 논의된 바와 같이 급기되는 공기가 습도제어를 수행되지 않아 급기풍량이 일정(정풍량 운전형태)하게 공급되기 때문이다.

Fig.7A, B는 측정기간중 J건물과 H건물의 실내온도에 따른 급기풍량제어 성능을 나타내고 있다. Fig.7A의 J건물은 실내온도가 증가됨에 따라 급기풍량은 선형적으로 증가되어 양호한 제어가 수행되지만

동일한 실내온도에서 급기풍량이 변화되어 실내온도가 25.8℃인 경우 급기풍량의 편차가 약 6,000CMH 정도 된다. 이는 외기보상 운전을 수행하기 때문이다. Fig.7B의 H건물은 외기보상 운전을 수행하여 동일한 실내온도에서 급기풍량이 최대 4,500CMH까지 변화된다. 또한 실내온도는 0.1℃씩 변화되고 있다. 이는 H건물은 급기온도를 환기온도에 따라 보상하여 재설정하고 공급되는 냉수온도(12~14℃)가 높아 급기의 재습효율이 감소되어 급기풍량을 일정(정풍량운전형태)하게 유지시키기 때문이다.

Fig.8A, B는 측정기간중 J건물과 H건물의 외기도입량과 CO₂농도변화를 나타내고 있다. 제어를 위해 설정된 CO₂농도는 800ppm이다. 외기도입량은 운전기간중 J건물과 H건물은 실내의 CO₂농도가 800ppm

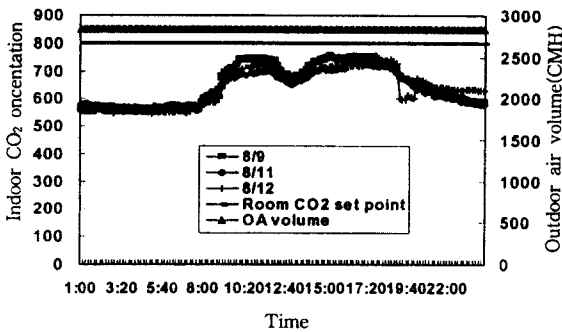


Fig.8A CO₂ concentration and OA volume versus time for various days for J building

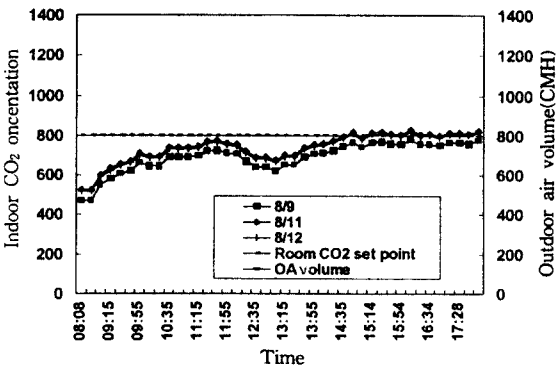


Fig.8B CO₂ concentration and OA volume versus time for various days for H building

이하로 유지되어 일정한 풍량(급기풍량의 10%)이 도입되고 있다 그러나 Fig.5A에서 나타낸 바와 같이 환기횟수가 6회/hr이하로 감소하는 8월12일 5시경의 CO₂농도가 증가되는 것은 급기팬과 환기팬의 부정확한 쉼연동제어로 인해 풍량균형(balancing)이 정확히 수행되지 못함을 입증하는 것이다.

Fig.9A, B는 측정기간중 인버터효율에 대한 운전 시간비율을 나타내고 있다. J건물의 인버터효율이 75%이상인 경우가 전체운전시간의 약 75%이지만 H건물은 85%이상의 인버터효율이 나타내는 경우가 약 25%로 나타났다. H건물의 경우, 제습효과가 감소하고 실내온도변화에 관계없이 급기풍량이 일정(정풍량 형태)함에도 불구하고 인버터효율이 낮게 운전되는 것은 쉼선정이 과대한 것으로 판단된다.

Fig.10A, B는 측정기간중 J건물과 H건물의 냉동기와 공조기 소비전력분포를 나타내고 있다. 냉방시 사용되는 전력중 공조기의 소비전력이 차지하는 비율이 15%정도이다. 그리고 냉방면적당 냉동기의 전력소비는 J건물이 0.65KWH/m², H건물이 0.25KWH/m²이다. 이는 J건물이 심야전력을 이용하는 빙축열시

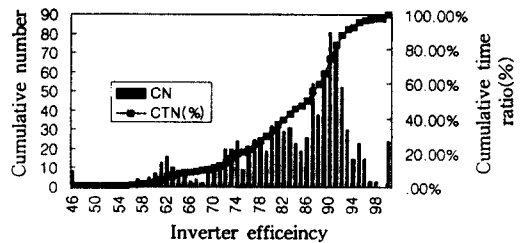


Fig.9A Cumulative hours of supply fan versus inverter efficiency for 7th floor of J building

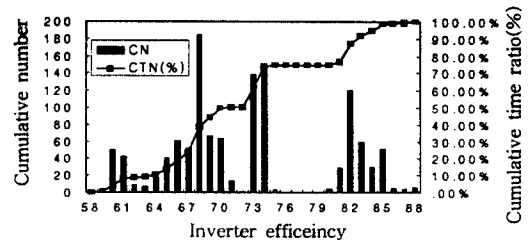


Fig.9B Cumulative hours of supply fan versus inverter efficiency for 8th floor of H building

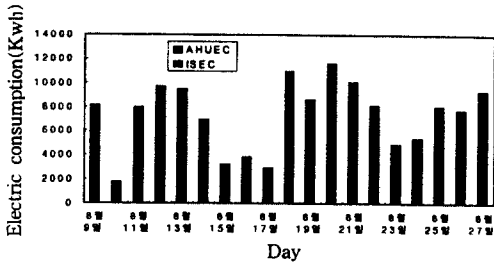


Fig.10A Electricity energy consumption versus day for J building

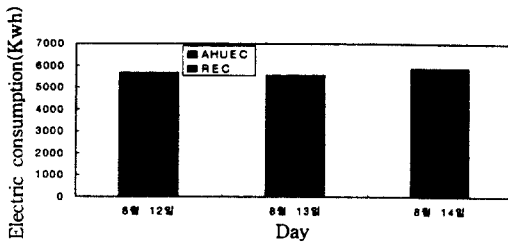


Fig.10B Electricity energy consumption versus day for H building

시스템으로 운전하지만 H건물이 흡수식냉동기+터보냉동기를 사용하기 때문에 냉동기의 전력소모량이 감소된 것이다.

5. 변풍량 적용시 고려할 사항에 대한 제안

정풍량방식보다 고비용을 투자하여 적용되고 있는 변풍량시스템의 환기 및 제어 성능평가를 수행한 결과 설계 및 운전단계에서 다음과 같은 사항이 추가적으로 심도있게 고려해야 될 것으로 판단된다.

(1) 변풍량 공조시스템이 최적으로 운전되기 위해서는 공조기에 공급되는 냉수온도가 부하에 적합하게 양호한 냉수온도(7℃)로 유지해야 된다. 운전자가 에너지 절약을 추구하기 위해 냉동기운전 댓수를 적게 하여 냉수온도를 높여 운전함으로써 코일의 제습효과가 감소하여 급기상태의 습도가 높게 유지되므로 정풍량운전이 수행되고 있다.

(2) 실내부하를 제거하기 위해 설계시 적용되는 급기온도차는 일반적으로 10℃이지만 두 건물의 급기온도차는 최대 8℃를 유지하고 실내온도는 24.5~26.3℃까지 광범위하게 유지되어 열원장비 및 반송장비용량이 과대하게 선정되었음을 판단할 수 있다.

(3) 과대하게 선정된 열원장비 및 반송장비의 최

적제어에 적합하게 열원의 대수를 분리하거나 에너지 절약에 적합한 고효율냉동기의 적용이 요구된다.

(4) 운전자가 적용하는 외기보상 운전제에 적합한 운전 및 예측기법이 제공되어야 한다.

(5) 변풍량시스템에 적용되는 제어계측장비의 내구성 및 정확성에 대한 전반적인 검토가 필요하다.

6. 결 론

H건물과 J건물에서 적용된 일반공조방식 변풍량시스템의 환기 및 에너지성능평가를 위해 대상건물에서 수집한 자료를 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) J건물의 추정 현열부하의 비율은 내부부하가 41%, 벽체부하가 11%이므로 일사부하가 차지하는 비율이 48%이하로 추정된다. 또한 설계시 적용된 현열 내부부하량이 실제보다 30%증가된 것으로 판단된다.

(2) 냉방운전중 방위별 실내분포는 계측장비가 불량하고 냉수공급온도가 높은 H건물은 방위별 실내 온도분포를 높고 불균일하게 유지시키지만 냉수공급온도가 낮고 실내부하에 따라 급기설정온도를 변화시키는 J건물은 일정하게 유지되고 있다.

(3) J건물과 H건물의 변풍량유닛(V.A.V. unit)의 압력독립식제어는 실온변화에 적합하게 급기풍량을 변화시켜 전반적으로 양호한 제어가 수행되고 있다. 그러나 J건물의 경우, 변풍량유닛의 최소댐퍼개도 설정치가 높게 유지되었고 최소댐퍼개도 설정치에 적합하게 급기온도를 조절하여 공급하지 않기 때문에 실내부하가 감소될 때 부분적으로 장시간 과냉현상을 나타낸다.

(4) 냉방운전중 8월 11일~22일 사이 J건물의 평균환기 횟수는 7회/hr이지만 H건물은 6.7회/hr이다. 또한 J건물은 환기횟수의 차이가 최대 3회/hr이지만 H건물의 환기횟수차는 최대 0.2회/hr이다.

(5) 운전기간중 외기도입량은 급기풍량의 10%정도로 도입되고 있으나 실내오염농도는 제어설정치인 800PPM을 초과하지 않고 있다.

(6) 측정기간중 인버터효율을 75%이상 운전하는 경우가 H건물은 전체운전시간의 25%이상이지만 J건물은 전체운전시간의 75%이상이다.

(7) 측정기간중 전체 소비동력(냉동기와 공조기의

소비동력)중 공조기운전에 소비되는 전력소비율이 15% 정도 차지하며 냉방면적당 냉동기 소비동력은 J건물이 0.65kw/m²이며 H건물이 0.25kw/m²이다.

참 고 문 헌

1. Y.S.Chen, Variable Air Volume System for Environmental Quality, 1995, McGraw-Hill Inc.
2. T.Y.Sun, Air Handling system Design, 1994, McGraw-Hill Inc.
3. ASHRAE, ANSI/ASHRAE 55-1992R, Public Review Draft, Thermal Environmental Condition for Human Occupancy, 1992.
4. 신경철, 박승태, 최병윤, 임동현, 박노현, 1997, “빙축열을 이용한 저온송풍공조시스템(가변풍량 시스템적용),” 제12회 에너지절약기술학술회의, pp. 153~180.
5. 이대영, 정성훈, 강병하, 1997, “건물공조용 빙축열 냉방시스템의 최적 운전기법”, 제12회 에너지절약기술학술회의, pp. 143~152.