

조명기구의 발열부하 저감을 위한 배기풍량 연구

오 병 길[†], 정 민 호, 김 회 서^{*}

대림산업 기술개발원, ^{*}대림산업 기술개발원, 단국대학교 건축공학과

A Study of Exhaust Air Flow for Cooling Load Reduction from Interior Lighting

Byung-Kil Oh[†], Min-Ho Chung, Hway-Suh Kim^{*}

Institute of Technology, Daelim Industrial Company, Seoul 110-140, Korea

^{}Department of Architectural Engineering, Dankook University, Yongin 448-701, Korea*

(Received April 7, 2011; revision received August 15, 2011)

ABSTRACT: The increased quality of life requires indoor illumination environment to have illumination with higher intensity. The increase in indoor illumination goes hand in hand with increase in indoor heat load. Of late, the internal heat in the cooling load has been growing gradually and the proportion of the lighting load has been bigger in the cooling load. The objective of the experiment here is to estimate the proper exhaust air flow displacement to remove heat from different types of lighting equipment. The heat causing the cooling load in lighting equipment is the ratio of heat per watt and the ratio of space for heat. Experimental measurements of the constant temperature and humidity in chambers that exhaust air flow by changing the exhaust calorific value was measured. Using the Airflow exhaust heat from lighting fixture of this study should help to reduce House cooling load.

Key words: Cooling load(냉방부하), Heat from Light(조명발열), Exhaust air flow(배기량)

기 호 설 명

\dot{Q} : 열량 [W]
 \dot{m} : 공기의 질량유량 [kg/s]
 C_p : 공기의 비열 [kJ/kg · K]
 T_{in} : 급기 공기온도 [°C]
 T_{out} : 배기 공기온도 [°C]

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

쾌적한 삶의 질에 대한 증가로 실내 빛 환경은 점

차 높은 조도가 요구되어 지고 있다.

이는 곧 조명기구의 수량 증가에 따른 전기 사용량 증가로 이어진다. 실내 조도 증가와 비례하여 실내 조명기구의 발열 부하도 커지고 있으며 이는 여름철 실내의 냉방 부하를 증가시키는 원인이 되고 있다. 냉난방 에너지 소비의 저감을 위하여 건물은 최근에 고기밀, 고단열로 시공되어 지고 있으며 이로 인하여 외부 취득열량이 점차 줄어들고 있다. 전체 냉난방 부하가 적어짐에 따라 내부에서 발생하는 발열부하가 전체 냉방부하에 미치는 영향은 점차 커지고 있다. Fig. 1은 2008년 1월 건축물 에너지절약 설계기준에 따른 표준주택 일때의 여름철 냉방부하를 부문별로 나타낸 것이고 Fig. 2는 표준주택 일때 대비 냉난방 에너지절감량이 50% 주택 일때의 냉방부하를 DOE를 이용하여 부문별로 해석한 것이다.

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-2011-8294; fax: +82-2-2011-8068

E-mail address: headway@daelim.co.kr

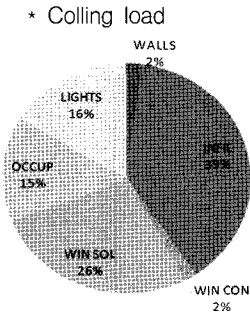


Fig. 1 Standard house.

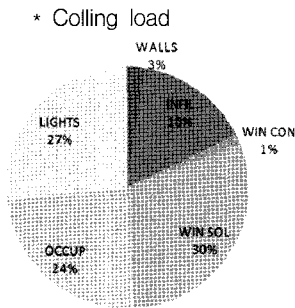


Fig. 2 Energy 50% saving house.

표준주택의 경우 여름철 냉방부하는 창기와 창문을 통한 일사부하에 이어 조명에 의한 발열부하가 냉방의 16%를 차지하였고, 50% 절감 주택의 경우 고단열, 고기밀 시공으로 외부 환경에 의한 영향이 줄어들고 내부의 발열부하 비중이 냉난방 부하의 27%로 조명발열 부하가 차지하는 비중이 커졌다.

여름철 조명기구의 냉방부하 저감을 위한 에너지 절약 방법으로 고효율 조명기구를 사용하거나 조명기구에서 발생하는 열을 기존의 환기장치를 이용한 국소배기를 하여 부하를 저감시킬 수 있다. 본 연구에서는 건축물의 냉방부하 요소의 하나인 조명기

구의 발열부하를 측정하고 발열부하 제거를 위하여 조명기구에서 국소배기를 하도록 하여 발열부하 제거 실험을 실시하였다. 여름철 조명기구의 국소배기는 냉방에너지 절약 뿐만 아니라 조명기구 주변온도 상승을 억제 시켜주게 되어 램프의 효율 및 수명증가에 있어서 긍정적인 효과를 나타낼 수 있다.

2. 조명발열시 챔버내 온도분포

2.1 실험 개요

조명기구 소등시 온도와 점등시 온도를 시간의 흐름에 따라 온도변화 폭과 온도분포를 실시간 측정하였다.

조명기구 발열측정을 위한 대상 기구로는 Table 1에서와 같이 거실에서 주로 사용하는 절전용 형광등 55 W×3과 최근에 개발되어 적용된 LED 50~58 W 제품으로 시간에 따른 공간내의 온도 상승을 측정하였다.

2.2 실험 조건

조명의 발열을 측정하기 위하여 단열된 챔버를 제작하여 챔버 내부에 조명기구를 설치한 후 내부의 온도분포를 측정하여 발열을 측정하고자 한다. 챔버의 크기는 1.2 m×1.2 m×1.2 m(가로×세로×높이)로 제작하였고 조명은 챔버내 상부에 설치하여 측정하였다.

챔버 내부 측정점은 내부 수평으로 가로, 세로 200 mm 간격으로 각각 5포인트 씩 총 25포인트로 측정을 하였고, 수직으로 200 mm 간격으로 5구간으로 측정을 하여 총 125포인트를 실시간 측정하였다. Fig. 3와 같이 상하로 측정점을 이동하여 측정할 수 있도

Table 1 Kind of living room lamp

	거실 전등 절전용 형광등	거실 전등 LED
사진		
램프	FPL(Fluorescent Pillar Lamp) 55 W×3	LED(Light Emitting Diode) 50 W~58 W

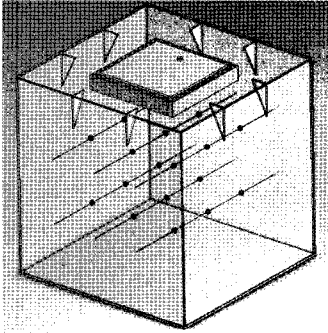


Fig. 3 Chamber model.

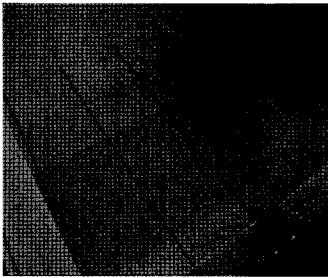


Fig. 4 Inside chamber.

록 챔버를 제작하였으며, 내부의 열이 외부로 열전달 되는 것을 방지하기 위하여 Fig. 4과 같이 50 mm 단 열재로 6면을 단열하여 외기의 영향을 덜 받을 수 있도록 챔버를 구성하였다.

조명발열 측정은 외기의 영향을 받지 않도록 챔버를 항온항습실 내에 설치한 후 측정을 실시하였으며 항온항습실의 온도는 26℃ 습도 50%로 유지시키며 테스트를 실시하였다.

2.3 조명 발열시 챔버내 온도분포측정

외기조건이 일정한 조건으로 구성된 항온항습실 내에 6면이 단열 시공된 챔버내에 타일별 조명기구를 설치하고 조명 발열실험을 진행한 것으로 Fig. 5는 절전용 형광램프 55 W 3개 조명기구의 시간에 따른 챔버 내부의 수직분포 온도변화를 나타낸 것이다. 조명으로부터 150, 350, 550, 750, 950 mm 떨어진 중앙의 온도를 측정한 것으로 1.2 m×1.2 m×1.2 m(가로×세로×높이) 크기의 실험챔버 내에서 시간이 약 100분이 지난 이후부터 온도가 일정해지면서 정상상태의 온도분포를 보이고 있다.

5곳의 측정점 조명기기로 부터 가장 가까운 150 mm의 경우 약 44℃의 온도를 보이고 있으며, 가장

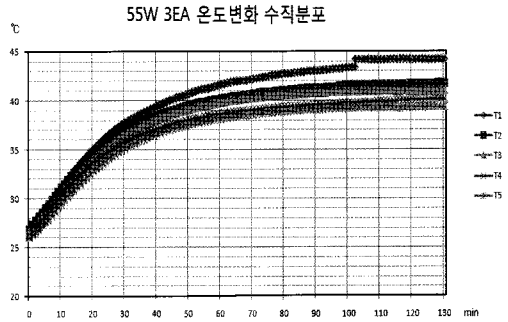


Fig. 5 Vertical temperature 55 W 3 EA.

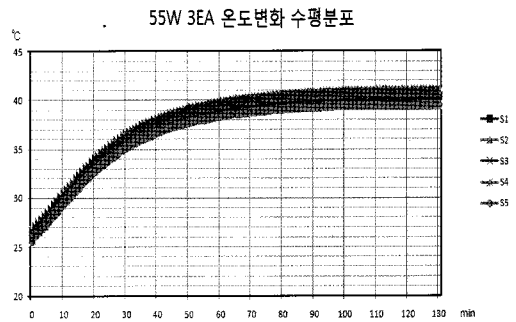


Fig. 6 Horizontal temperature 55 W 3 EA.

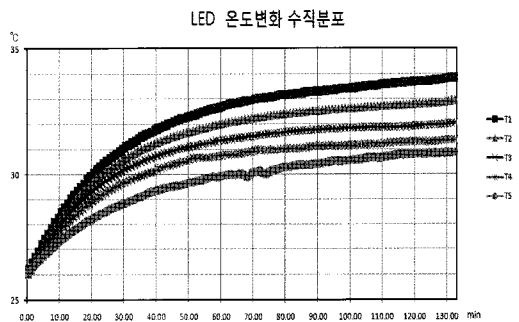


Fig. 7 Vertical temperature LED lamp.

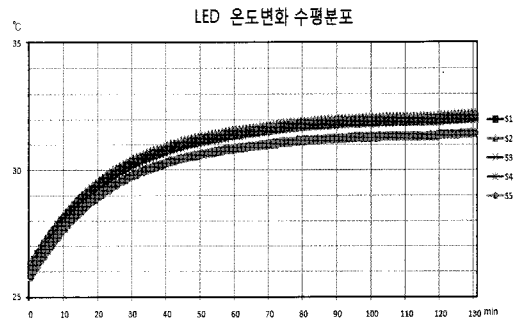


Fig. 8 Horizontal temperature LED lamp.

면 950 mm의 경우 약 37°C의 온도를 나타내고 있다.

Fig. 6은 절전용 형광램프 55 W 3개 조명기구의 시간에 따른 챔버 내부의 수평면 온도 변화를 나타낸 것이다. Fig. 7의 챔버 내부 수직온도분포와 비교하였을 때 5곳 측정점 수평위치별 각각의 온도는 비슷하게 측정되었다.

Fig 7은 LED 램프 50~58 W 조명기구의 시간에 따른 챔버 내부 수직면 온도 변화를 나타낸 것이다.

조명으로부터 150, 350, 550, 750, 950 mm 떨어진 중앙의 온도를 측정한 것으로 조명기구로부터 가장 가까운 150 mm의 경우 약 34°C의 온도를 보이고 있으며, 가장 먼 950 mm의 경우 약 31°C의 온도를 나타내고 있다.

Fig. 8은 LED 램프 50~58 W 조명기구의 시간에 따른 챔버 내부 중앙의 수평위치별 온도 변화를 나타낸 것으로 수직온도분포와 비교하였을 때 수평거리에 따른 챔버내의 온도분포는 크지 않게 측정되었다.

3. 조명기구의 발열량 및 배기량 측정

3.1 실험개요

본 조명기구의 발열량을 측정하기 위하여 챔버내에 공기를 인입하여 인입된 공기와 토출된 공기와 온도차를 이용하여 조명기구의 발열량을 측정하였다. Table 2는 발열측정을 위한 대상 기구로 절전형 형광등과 LED 등을 대상으로 측정을 하였다.

발열부하를 줄이기 위한 적정배기풍량 검토를 위하여 풍량의 변화에 따른 측정을 동시에 진행하였다.

3.2 실험 조건

실험은 단열이 된 챔버 내부의 상부에 측정할 조명기구를 설치하고 조명기구 상부에 배기구를 설치하였다. 배기구의 지름은 150 mm이며, 단열 후렉시블 덕트를 이용해 팬과 연결하였다. 현재 공동주택은 세대환기량은 0.7회 환기횟수를 적용하고 있으며 이때 실별로 30~50 CMH 환기풍량이 적용되고 있다. 본 실험에서는 실제 설치되고 있는 환기장치 풍량내에서 효율적인 배기풍량을 측정하기 위하여 배기 풍량을 10 CMH에서 60 CMH 까지 10 CMH 간격으로 풍량을 조절해 가면서 발열배기 성능시험을 수행하였다.

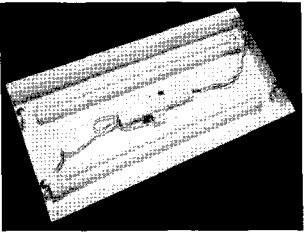
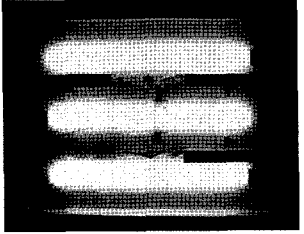
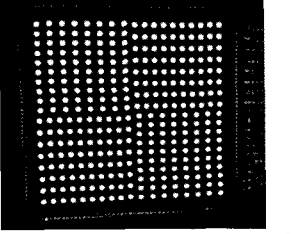
조명발열 측정은 외기의 영향을 받지 않도록 측정 챔버를 항온항습실 내에 설치한 후 측정을 실시하였으며 항온항습실의 온도는 26°C 습도 50%로 일정한 외부환경을 유지시키며 테스트를 실시하였다.

Fig. 9은 항온항습실 내에 단열챔버를 설치하고 배기팬을 이용하여 발열 배기 성능시험을 하는 사진이다. 챔버 내부에 조명을 설치하고 배기구와 팬을 연결해 발열되는 조명으로부터 열량을 제거하는 시험을 수행하였다. 온도는 챔버 하부의 공기 유입구 4지점과 챔버 중앙 1점, 배기 후렉시블 덕트의 중앙에서 측정하여 배기열량을 계산하였다.

Fig. 10은 인버터 팬을 적용한 풍량조절기로 배기량을 변화시켜가며 발열량 측정을 위한 측정장치로 측정 풍량 및 온도, 습도, 정압을 측정할 수 있다.

Fig. 11~Fig. 13는 배기 풍량에 따른 배기덕트 중앙의 시간에 따른 온도분포를 나타낸 것으로 시간이 지나가면서 일정온도로 수렴해 가는 것을 볼

Table 2 Measurement of the heat emissions for living room lamp

	거실 전등 절전용 형광등	거실 전등 절전용 형광등	거실 전등 LED
사진			
램프	FPL(Fluorescent Pillar Lamp) 55 W×2	FPL(Fluorescent Pillar Lamp) 55 W×3	LED(Light Emitting Diode) 47 W~50 W

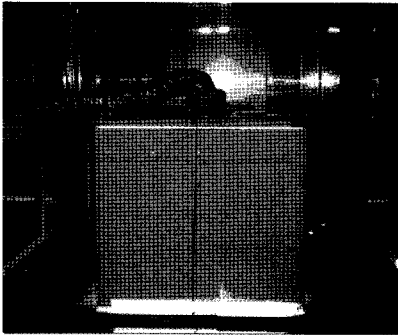


Fig. 9 Constant Temperature room.



Fig. 10 Inverter Exhaust fan and flow meter.

수 있으며, 유량이 작은 9 CMH에서 배기 온도가 가장 높고 배기 풍량이 커질수록 배기온도가 낮아지는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 14은 55 W 형광등 2개와 3개, LED 램프가 설치되었을 경우 배기 풍량에 따른 배기 열량을 측정 한 그림이다.

배기열량은 아래와 같은 식으로 구하였다.

$$\dot{Q} = \dot{m}C_p(T_{out} - T_{in}) \quad (1)$$

여기서 \dot{Q} 는 배기열량, \dot{m} 은 공기의 질량유량, C_p 는 공기의 비열, T_{out} 은 덕트내 공기의 출구 온도, T_{in} 은 챔버 내부로 유입되는 챔버하부 4지점 공기는 도의 평균값이다.

형광등 55 W 3개가 설치된 등기구의 발열량은 157 W 정도 발생하였으며 55 W 2개가 설치된 등기구는 100 W, LED 47 W 등기구는 36 W의 발열이 나타나는 것으로 측정되었다. 조명기구의 발열량은 사용되는 전기량에 비례하여 발열량이 증가되었으며 배기되는 풍량이 증가함에 따라 전체 발열량에 수렴하는 것으로 측정되었다.

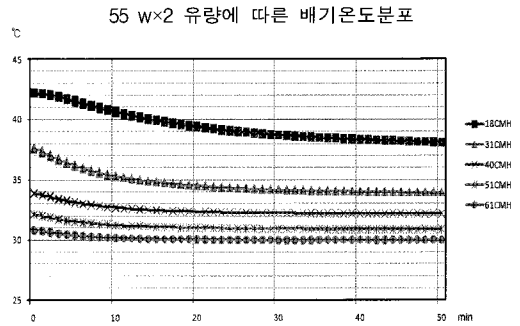


Fig. 11 Exhaust air flow temperature 55 W×2.

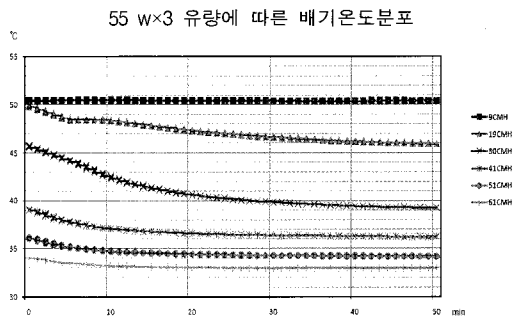


Fig. 12 Exhaust air flow temperature 55 W×3.

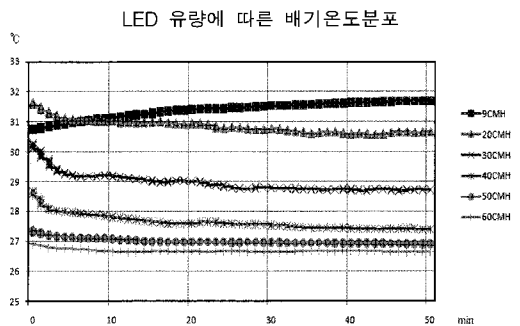


Fig. 13 Exhaust air flow temperature LED.

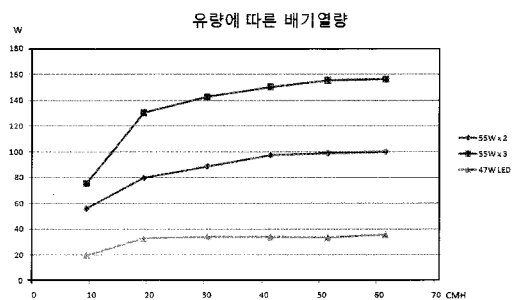


Fig. 14 According to the exhaust heat air flow.

Fig. 14의 등기구별 배기풍량에 따른 난방부하 제거 열량 그래프를 통하여 등기구 종류 따른 적정배기풍량을 예측할 수 있으며, 등기구별 그래프의 기울기가 큰 지점의 풍량을 기준으로 배기량을 결정하는 것이 합리적이라 판단된다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 조명기구의 발열량을 검토해 보았고 여름철 조명부하 저감을 위한 배기풍량에 따른 배기열을 측정하였다.

환기시 조명기구에서의 국소 배기되는 풍량을 통하여 조명발열부하를 저감할 수 있을 것으로 판단된다.

환기량 30 CMH를 기준으로 배기를 통한 발열제거 실험을 하였을 때 55 W 램프 3개가 설치된 조명기구의 경우 전체발열의 80% 이상 발열이 배기되었고, 55 W 램프 2개가 설치된 조명기구의 경우 90% 이상, LED 47 W 조명기구의 경우 전체 발열되는 부하중 95% 이상 발열이 배기되었다.

Fig. 14 그래프내용을 참고로 등기구 용량별 적정 국소 배기풍량을 선정하는 것이 발열부하저감 및 운송동력절감을 위한 방법으로 사료된다.

고단열, 고기밀화에 따른 환기장치의 필수적인 작동과 더불어 여름철에는 배기를 통하여 내부 조명기구의 발열을 줄이고 겨울철에는 기류의 흐름을 반대로 하여 조명기구의 발열을 예열원으로 사용하는 에

너지절약적인 적용이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. Uichi Inoue, 2004, HVAC Handbook, Hanmi publish Vol. 4, pp. 79-86.
2. Architectural Institute of Korea, 1995, Architectural Environmental planning, Kimoondang.
3. Architectural Institute of Korea, 1995, Building equipment, Kimoondang.
4. Kim H.-S. et al., 1992, Architectural Environmental planning, Taerim.
5. Korea Electric Corp Power economy department, 1994, Lighting prevalence survey,
6. Korea Institute of construction technology, 1994, Study of the Lighting energy saving in office building.
7. Kim H.-S., 1991, According to the operation of louver blinds to predict indoor illumination, Solar Energy Society Annual Conference.
8. Kim M.-S. and Kim H.-S., 1997, An Experimental Study on Prediction of Heat from Interior Lighting Sources, Architectural Institute of Korea thesis.
9. ASHRAE, 2001, Fundamentals, ASHRAE Handbook, pp. 29.1-29.14