

사무실 공간의 냉방시 천장 및 바닥 급기 공조 방식에 따른 열환경 평가 실험

조 용[†], 권 혁 승, 김 성 현, 김 영 일*

동아건설산업(주) 기술연구원, *한국과학기술연구원 열유동제어연구센터

Experimental Analysis of Thermal Comfort of an Office Space for Ceiling and Floor Supply Air Conditioning Systems

Yong Cho[†], Hyurk Seung Kwon, Sung Hyun Kim, Young Il Kim*

Technology & Research Institute, Dongah Construction Industrial Co., LTD. 413-5 Gomae-Ri, Kiheng-Eup, Yongin-Si, Kyungki-Do, Korea

*Thermal/Flow Control Research Center, Korea Institute of Science and Technology, 39-1 Hawolgokdong, Seongbukgu, Seoul 136-791, Korea

(Received March 13, 2000; revision received June 12, 2000)

ABSTRACT: Thermal comfort plays an important role in modern office buildings. Four major factors affecting thermal comfort are air temperature, velocity, humidity and radiation temperature. Distribution of these thermal factors in indoor space depends largely on the air flow which is related to the method of supplying and extracting air. In this study, an experimental analysis on indoor thermal comfort is conducted to study the difference between a ceiling supply cooling system and a floor supply one. The two cooling systems are applied to an office space during summer season and the distributions of temperature, velocity, radiation temperature and PMV are measured. Results show that the floor supply cooling system is superior in terms of thermal comfort and energy saving. Studies need to be done, however, to reduce the vertical temperature difference of a floor supply air conditioning system.

Key words: Ceiling supply air conditioning system(천장 급기 공조 시스템), Floor supply air conditioning system(바닥 급기 공조 시스템), Thermal comfort(온열 쾌적도), Predicted mean vote(예상 온열감), Cooling(냉방), Office(사무실)

기 호 설 명

A, ..., H: 측정 위치

cmh : m³/h

PMV : 예상 온열감(Predicted Mean Vote)

T : 온도 [°C]

T_{rad} : 평균복사온도 [°C]

V : 풍속 [m/s]

x, y, z : 좌표계

[†] Corresponding author

Tel.: +82-031-286-0569; fax: +82-031-286-7032

E-mail address: ycho@dongah.co.kr

1. 서 론

실내의 온도, 기류, 복사온도 분포는 급기 및

배기 방식, 부하의 종류 및 위치, 벽체 조건, 외기의 침입 등 여러 요인의 영향을 받는다.^(1,2) 그 중 급기 및 배기 위치는 실내의 열유동에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 본 연구에서는 급기 방식에 따른 영향을 실험적으로 고찰하고자 한다.

일반적인 사무실의 급배기 방식은 천장에 설치된 급기구에서 급기되어 천장에 설치된 배기구로 배기된다. 반면 바닥 급기 공조 방식은 바닥으로부터 공조된 공기가 급기된다. 이 경우 재실자나 작업 환경 주변에 대한 국부적인 부하 처리가 가능하므로 열효율은 물론 제어 측면에서 유리하고 거주 지역을 대상으로 집중적으로 공조하므로 재실자가 느끼는 쾌적감이 높다. 이 방식은 필요한 거주공간만을 공조하므로 에너지 절약에 효과적이다. 또한 급기구의 위치 변경이 용이하므로 실내 구조 변경과 부하 특성 변화에 대한 유연성이 우수하다.

본 연구에서는 여름철 사무실 공간에 천장 급기와 바닥 급기 공조 방식을 적용하여 실험적으로 실내의 열환경 분포를 구한다. 이 결과는 열환경 쾌적성 평가지수인 예상 온열감(Predicted Mean Vote, PMV)으로 환산하여 각 방식의 특성을 비교한다.

2. 열환경 평가지표

열환경의 복합적인 요소가 인체에 미치는 영향을 정량적으로 제시하기 위하여 많은 열환경 평가지표들이 개발되어 왔다.^(3,4,5) Fanger⁽⁶⁾는 인체와 주위 환경간의 열평형 방정식으로부터 인체에 대한 정상 상태 열평형 모델을 이론적으로 개발

하고, 인체의 열부하를 약 1,300명의 서구인에 대한 환경 실험실에서의 실험결과와 결합하여 인간이 느끼는 온열감을 예측할 수 있는 평가지표인 예상 온열감(PMV)을 개발하였다. PMV는 인간과 주위의 6가지 열환경 요소들(기온, 습도, 기류 속도, 평균복사온도, 대사량, 착의량)을 측정하여 인체의 열평형에 기초한 쾌적 방정식에 대입하여 구한다. PMV 값은 온열감 7단계 척도를 기준으로 -3은 춥다, -2는 서늘하다, -1은 약간 서늘하다, 0은 중립, 1은 약간 따뜻하다, 2는 따뜻하다, 3은 덥다를 의미한다.

평균복사온도는 실제의 불균일한 복사장에서 재실자가 주위 환경과 복사 열교환을 행하는 것과 같은 양의 열교환을 하는 균일한 주위온도를 말한다. 본 연구에서는 흑구온도를 측정하여 평균복사온도를 구한다.

3. 실험장치

실험장치는 공기조화 시스템, 열환경챔버, 덕트 시스템, 측정 및 제어 시스템 등으로 구성된다.

공기조화 시스템은 열환경챔버로 공급되는 공기의 풍량, 온도, 습도를 제어하며, 공기조화기와 냉동기, 가스보일러, 가습기 등으로 구성되는데, 풍량은 inverter로 공조기 송풍기의 회전수를 조절함으로써 제어하며, 급기공기의 가열은 가스보일러와 전기히터가 동시에 사용된다. 냉각과 제습을 위해 사용하는 냉동기는 압축기와 응축기 팬의 회전수를 인버터로 조절함으로써 제어한다.

열환경챔버는 임의의 공조방식 적용이 가능하며 계절에 관계없이 냉난방 실험을 모두 수행할

Table 1 Test conditions and measurement locations

| Supply and exhaust locations | Supply air flow rate (cmh) | Supply air temp. (°C) | Wall temp. (°C) | Indoor temperature and relative humidity | | Height for velocity measurement(mm) | Height for temperature measurement(mm) | Height for global temp. measurement(mm) | Measurement locations in horizontal plane (Fig. 1) |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------|--|----------------------|--|---|---|--|
| | | | | Dry bulb temp.(°C) | Relative humidity(%) | | | | |
| Floor supply/ Ceiling exhaust | 720 | 18 | 37 | 26 | 50 | 100, 300, 600, 900, 1100, 1400, 1700, 2100 | 0, 100, 300, 600, 900, 1100, 1400, 1700, 2100, 2400 | 300, 600, 1100, 1400, 1700, 2100 | A,B,C,D,E,F,G,H |
| Ceiling supply/ Ceiling exhaust | 720 | | | | | | | | |
| Floor supply/ Ceiling exhaust | 610, 900 | | | | | | | | A,B,C,D,E |
| Ceiling supply/ Ceiling exhaust | 610, 900 | | | | | | | | |

수 있도록 제작되었으며 실내공간의 내부 크기는 $4.5\text{W} \times 5.5\text{D} \times 2.4\text{H}$ (단위 m)이다. 챔버 내부의 천장에는 $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 그릴을 8개 설치하였고, 바닥에는 면적 $500\text{mm} \times 500\text{mm}$, 두께 25 mm, 무게 11.5 kg의 바닥패널을 설치하였고 패널 위에는 타일카펫을 설치하였다. 챔버 내부의 벽체에는 벽체온도 제어가 가능하도록 방열판을 부착하였는데 방열판 내부에 매입되어 있는 동관을 통하여 온도가 제어된 축열조의 작동유체를 순환시켜 온도제어가 가능하도록 하였다. 덕트 시스템은 열환경챔버 임의의 면에서 급기 및 배기가 가능하도록 덕트 및 댐퍼를 설치하였다. 덕트 시스템에 설치한 댐퍼의 개폐 조합을 변경함에 따라 천장 급기/천장 배기, 천장 급기/바닥 배기, 바닥 급기/천장 배기, 바닥 급기/바닥 배기 등 다양한 방식의 공조 실험을 수행할 수 있다.

온도는 데이터 로거, 습도는 전기 커패시터 방식의 센서, 풍속은 다채널 anemomaster를 사용하여 측정하였다.

제어 시스템은 센서 입력부, 제어부, 처리부로 나누어지는데, 센서 입력부는 다채널 anemomaster를 통해 급기 유량과 챔버 내부의 풍속 측정값을 읽어 들이고, 데이터 로거를 통해 열환경챔버 내의 공기온도를 비롯한 덕트시스템의 공기온도 및 공조기 등의 작동유체의 온도 등을 측정한다. 이 두 계측기를 통해 읽어들이는 값은 GPIB 통신을 통해 서버 PC에서 받아 들여져서 제어부로 넘어가게 된다. 제어부에서는 GPIB 통신을 통해 들어온 각종 데이터들을 저장하고, 화면을 통해 표시하며, 실험자가 원하는 제어값과 PID 제어를 통해 나온 출력값을 처리부로 넘기게 된다. 처리

부에서는 TCP/IP 통신을 통해 전달받은 여러 설정값과 제어값들을 실제 시스템으로 신호를 보내 공기조화기, 냉동기, 가스보일러, 전기히터, 가습기, 탱크히터, 펌프 등을 제어하게 된다.

실험장치의 자세한 사항은 바닥분출 공조 시스템 개발의 보고서⁽⁷⁾를 참조한다.

4. 실험방법 및 조건

4.1 실험방법

챔버내의 기류, 온도 및 흑구온도를 측정하는 위치는 챔버의 1/2단면에서 Fig. 1과 같이 대표적인 8점(A~H)을 결정하여 각 점에서 수직으로 풍속은 8점, 온도는 10점, 흑구온도는 6점에 대하여 측정하였다.

풍속 측정은 바닥면과 수직으로 설치한 8개의 센서를 챔버 내부에 설치한 센서이송장치를 사용하여 수평 측정 위치별로 이동하면서 풍속을 측정하여 데이터를 저장하였다.

온도는 수직으로 설치한 비금속의 줄에 열전대(thermocouple)를 높이 10개 지점에 설치하여 측정하였다. 흑구온도의 측정은 3개의 지점에 흑구온도계를 설치하고 수평의 위치별로 측정 후 나머지 3개의 수직위치에 수정 설치한 후 다시 수평의 측정 위치별로 이동하면서 측정하였다. 각 측정점의 위치는 Table 1에 주어진다.

천장 급기구는 8개가 설치되었으며 이중 내부의 4개는 배기구로 사용되었다. 천장 급기 방식에서는 모서리에 설치된 4개의 급기구, 바닥 급기에서는 바닥에 설치된 4개의 급기구가 공기 급기에 사용되었다. 벽체온도를 측정하기 위하여 방열판의 표면에 바닥으로부터 수직으로 1m 지점의 4면 벽체에 하나씩 4개의 온도센서를 부착하였다.

4.2 실험조건

일반적으로 냉난방 부하처리를 위한 급기 풍량은 처리하여야 하는 냉난방 부하 및 급기 환기 온도차에 따라 결정된다. 그러나 본 실험에서는 급기 풍량을 결정하기 위하여 급기구의 수량과 급기구 1개당의 급기 풍량을 먼저 결정하고 그에 따라 전체 실험 풍량을 결정하였다. 급기구의 수

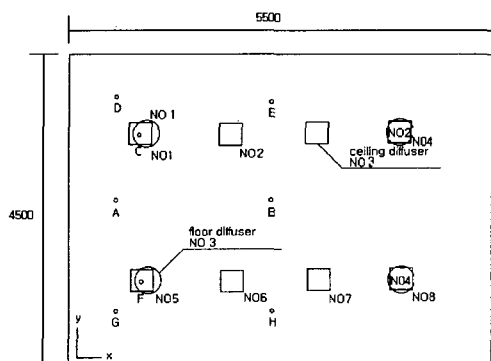


Fig. 1 Measurement and diffuser locations.

량은 바닥면적 2평당 1개를 산정하여 4개로 결정하였으며, 본 실험에 사용한 급기구는 연구 과정에서 개발한 급기구로서, 급기구 1개당 급기 풍량은 급기구의 크기와 개구율을 검토하여 180 cmh로 결정하였다. 따라서 전체 실험풍량은 720 cmh를 기준으로 하였고 비교를 위하여 풍량 610 cmh와 900 cmh에 대한 실험도 수행하였다.

실험조건은 Table 1에 나열되어 있다. 외부로부터의 실제 냉방 부하를 모사하기 위하여 벽체 온도를 제어하였다. 벽체온도는 Table 1의 급기 온도 18℃와 기준 풍량 720 cmh의 운전 조건에서 목표 실내 온도인 26℃를 충족시킬 수 있는 값으로 결정하였다.

Table 2 T, V, Trad and PMV distributions (Supply air flow rate=720 cmh)

| z [m] | type | T [°C] | | V [m/s] | | Trad [°C] | | PMV | |
|---------|---------|--------|------|---------|------|-----------|------|------|------|
| | | mean | STD | mean | STD | mean | STD | mean | STD |
| 0.3 | ceiling | 25.93 | 0.25 | 0.08 | 0.04 | 27.57 | 0.35 | 0.57 | 0.12 |
| | floor | 24.48 | 1.84 | 0.37 | 0.56 | 27.72 | 1.04 | 0.60 | 0.05 |
| 0.6 | ceiling | 26.07 | 0.15 | 0.06 | 0.03 | 28.32 | 0.28 | 0.74 | 0.09 |
| | floor | 24.72 | 1.15 | 0.21 | 0.29 | 27.54 | 0.58 | 0.40 | 0.36 |
| 1.1 | ceiling | 26.20 | 0.27 | 0.06 | 0.03 | 27.87 | 0.31 | 0.69 | 0.11 |
| | floor | 24.95 | 0.78 | 0.14 | 0.13 | 28.69 | 0.79 | 0.44 | 0.33 |
| 1.4 | ceiling | 26.26 | 0.31 | 0.05 | 0.03 | 28.53 | 0.35 | 0.81 | 0.10 |
| | floor | 25.40 | 0.80 | 0.10 | 0.08 | 28.47 | 0.68 | 0.56 | 0.25 |
| 1.7 | ceiling | 26.56 | 0.43 | 0.08 | 0.04 | 28.00 | 0.46 | 0.74 | 0.15 |
| | floor | 26.57 | 0.71 | 0.09 | 0.04 | 29.21 | 0.53 | 0.89 | 0.16 |
| 2.1 | ceiling | 26.94 | 1.00 | 0.13 | 0.05 | 28.90 | 0.50 | 0.82 | 0.25 |
| | floor | 28.62 | 0.33 | 0.06 | 0.03 | 29.25 | 0.47 | 1.23 | 0.11 |
| 0.3-1.7 | ceiling | 26.20 | 0.25 | 0.07 | 0.03 | 28.06 | 0.25 | 0.72 | 0.11 |
| | floor | 25.22 | 0.90 | 0.18 | 0.21 | 28.33 | 0.45 | 0.56 | 0.18 |
| 0.3-2.1 | ceiling | 26.33 | 0.37 | 0.08 | 0.03 | 28.20 | 0.26 | 0.74 | 0.13 |
| | floor | 25.79 | 0.73 | 0.16 | 0.18 | 28.48 | 0.40 | 0.68 | 0.12 |

Table 3 T, V, Trad and PMV distributions (Supply air flow rate=610 cmh)

| z [m] | type | T [°C] | | V [m/s] | | Trad [°C] | | PMV | |
|---------|---------|--------|------|---------|------|-----------|------|------|------|
| | | mean | STD | mean | STD | mean | STD | mean | STD |
| 0.3 | ceiling | 27.02 | 0.23 | 0.08 | 0.03 | 28.97 | 0.16 | 0.95 | 0.08 |
| | floor | 24.57 | 1.89 | 0.30 | 0.51 | 28.23 | 1.01 | 0.70 | 0.04 |
| 0.6 | ceiling | 27.27 | 0.25 | 0.06 | 0.02 | 28.93 | 0.16 | 1.01 | 0.06 |
| | floor | 25.09 | 1.42 | 0.19 | 0.26 | 27.89 | 0.84 | 0.69 | 0.03 |
| 1.1 | ceiling | 27.30 | 0.30 | 0.07 | 0.03 | 29.01 | 0.17 | 1.01 | 0.08 |
| | floor | 25.23 | 1.16 | 0.13 | 0.10 | 28.96 | 0.45 | 0.56 | 0.36 |
| 1.4 | ceiling | 27.28 | 0.28 | 0.06 | 0.02 | 29.17 | 0.19 | 1.05 | 0.05 |
| | floor | 26.57 | 0.99 | 0.07 | 0.02 | 29.02 | 0.73 | 0.92 | 0.18 |
| 1.7 | ceiling | 27.32 | 0.34 | 0.10 | 0.03 | 29.27 | 0.46 | 1.01 | 0.10 |
| | floor | 28.39 | 0.16 | 0.04 | 0.02 | 29.83 | 0.21 | 1.31 | 0.04 |
| 2.1 | ceiling | 27.54 | 0.67 | 0.13 | 0.05 | 29.18 | 0.53 | 0.96 | 0.22 |
| | floor | 30.12 | 0.23 | 0.03 | 0.02 | 30.20 | 0.38 | 1.59 | 0.06 |
| 0.3-1.7 | ceiling | 27.24 | 0.28 | 0.07 | 0.02 | 29.07 | 0.20 | 1.01 | 0.07 |
| | floor | 25.97 | 1.09 | 0.15 | 0.17 | 28.78 | 0.24 | 0.83 | 0.10 |
| 0.3-2.1 | ceiling | 27.29 | 0.34 | 0.08 | 0.03 | 29.09 | 0.25 | 1.00 | 0.09 |
| | floor | 26.66 | 0.91 | 0.13 | 0.15 | 29.02 | 0.26 | 0.97 | 0.07 |

5. 결 과

PMV의 계산에는 온도, 풍속, 평균복사온도, 습도, 인체의 대사량과 착의량이 입력값으로 요구된다. 온도, 풍속, 습도는 실험시의 측정값을 그대로 사용하였다.

평균복사온도는 실험시 측정된 흑구온도와 풍속을 사용하여 계산하였다. 인체의 대사량은 사무실에 앉아서 일할 때의 값인 1.2 met를 적용하였으며 착의량은 0.5 clo를 사용하였다. 예비실험 결과 12지점에서 측정된 상대습도의 표준편차가 0.15%이므로 챔버 중심에서 측정된 상대습도 값을 전체의 평균값으로 가정하여 사용하였다.

실험결과를 Table 2, 3와 4에 정리하였다. 급기 풍량이 720 cmh인 경우를 보면, 높이 0.3~1.7 m 사이의 상하 온도차는 천장 급기는 0.6°C 바닥 급기는 2.1°C이다. ISO⁽⁴⁾에서는 쾌적함을 위한 상하 온도 차이를 3°C 이내로 제시하고 있어, 두 방식 모두 이 범위 내에 들어온다. 속도 분포는 천장 급기 방식의 경우 0.15 m/s 이하로 높이에 따른 변화가 나타나지 않으나 바닥 급기 방식의 경우 0.3 m 높이에서 0.37 m/s로 최대값을 나타내며 높이가 높아질수록 감소하는 경향을 나타낸다. 복사온도도 온도 분포와 비슷한 경향을 보이거나, 그 차이는 조금 감소한다. 높이 0.3~1.7 m 사이의 상하 PMV 차이는 천장 급기의 경우 약 0.2,

바닥 급기의 경우 약 0.3 정도의 차이를 보인다.

높이 1.8 m 이하의 거주 공간에서 두 방식의 평균치를 비교하면, 온도는 약 1.0°C, PMV는 약 0.2 정도 바닥 급기가 낮고 복사온도는 약 0.3°C 정도 바닥 급기가 높다. PMV는 두 공조 방식 모두 쾌적한 환경범위인 -0.5~0.5 사이를 약간 벗어나고 있다. 거주공간이 아닌 1.8~2.4 m 공간에서는 천장 급기의 PMV가 더 양호하다.

바닥면에서는 바닥 급기 변수값들의 표준편차가 크고 천장으로 갈수록 천장 급기의 표준편차가 크다. 이는 급기구의 영향으로 급기구 근처의

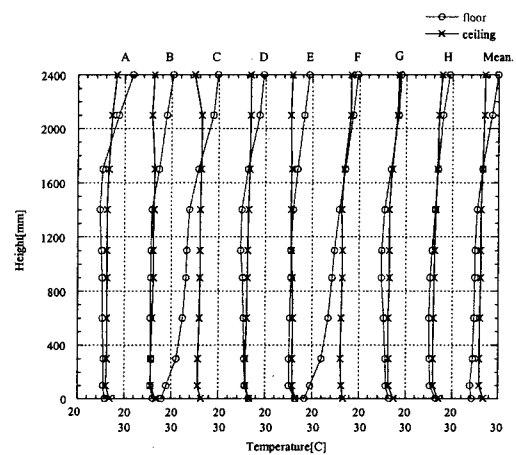


Fig. 2 Temperature distribution.

Table 4 T, V, Trad and PMV distributions (Supply air flow rate=900 cmh)

| z [m] | type | T [°C] | | V [m/s] | | Trad [°C] | | PMV | |
|---------|---------|--------|------|---------|------|-----------|------|------|------|
| | | mean | STD | mean | STD | mean | STD | mean | STD |
| 0.3 | ceiling | 25.16 | 0.22 | 0.11 | 0.04 | 27.31 | 0.24 | 0.38 | 0.13 |
| | floor | 24.09 | 1.81 | 0.44 | 0.77 | 27.30 | 0.79 | 0.47 | 0.05 |
| 0.6 | ceiling | 25.35 | 0.28 | 0.09 | 0.02 | 27.35 | 0.25 | 0.49 | 0.07 |
| | floor | 24.48 | 1.34 | 0.31 | 0.46 | 27.42 | 0.74 | 0.47 | 0.06 |
| 1.1 | ceiling | 25.40 | 0.35 | 0.09 | 0.02 | 27.57 | 0.23 | 0.53 | 0.09 |
| | floor | 24.53 | 0.71 | 0.21 | 0.19 | 28.16 | 0.46 | 0.21 | 0.45 |
| 1.4 | ceiling | 25.46 | 0.40 | 0.09 | 0.02 | 27.41 | 0.26 | 0.52 | 0.10 |
| | floor | 24.57 | 0.52 | 0.16 | 0.12 | 27.72 | 0.56 | 0.26 | 0.30 |
| 1.7 | ceiling | 25.52 | 0.50 | 0.15 | 0.04 | 27.93 | 0.49 | 0.46 | 0.16 |
| | floor | 24.75 | 0.62 | 0.15 | 0.07 | 28.07 | 0.54 | 0.33 | 0.30 |
| 2.1 | ceiling | 25.50 | 0.78 | 0.17 | 0.05 | 27.42 | 0.53 | 0.37 | 0.27 |
| | floor | 25.44 | 1.07 | 0.15 | 0.06 | 27.94 | 0.61 | 0.42 | 0.26 |
| 0.3-1.7 | ceiling | 25.38 | 0.34 | 0.10 | 0.02 | 27.51 | 0.20 | 0.49 | 0.10 |
| | floor | 24.49 | 0.95 | 0.26 | 0.32 | 27.73 | 0.22 | 0.29 | 0.32 |
| 0.3-2.1 | ceiling | 25.40 | 0.40 | 0.12 | 0.03 | 27.55 | 0.18 | 0.46 | 0.12 |
| | floor | 24.64 | 0.95 | 0.24 | 0.27 | 27.77 | 0.24 | 0.32 | 0.27 |

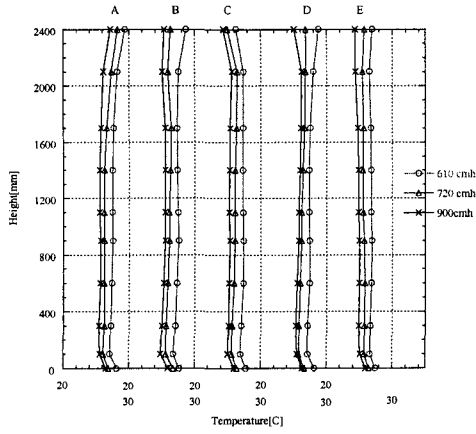


Fig. 3 T distribution of ceiling supply.

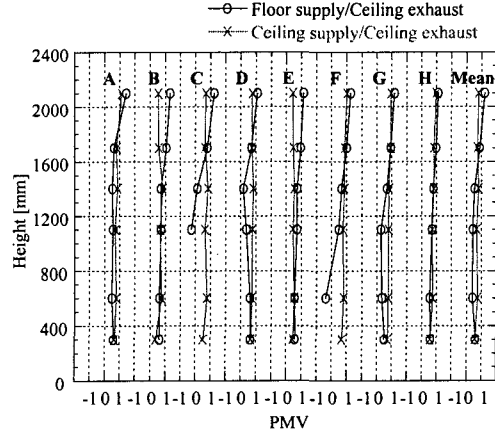


Fig. 5 PMV distribution.

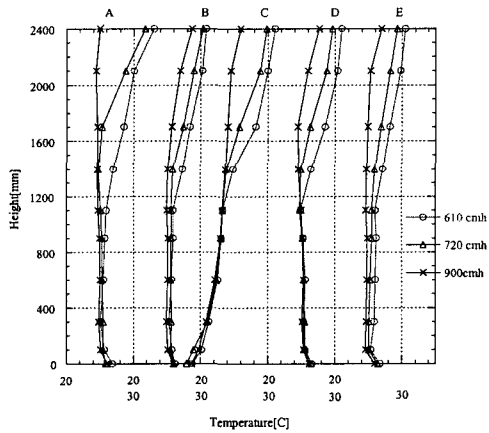


Fig. 4 T distribution of floor supply.

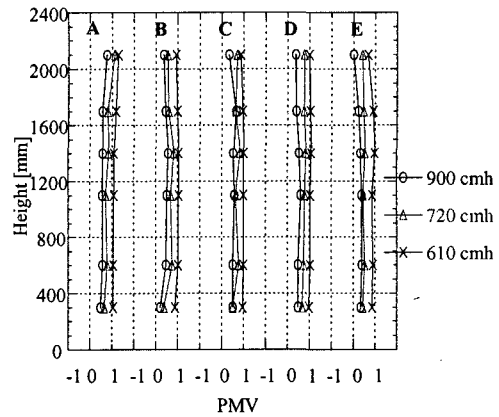


Fig. 6 PMV distribution of ceiling supply.

값들은 편차가 크기 때문이다.

Fig. 2는 천장과 바닥 급기 두 공조 방식의 측정 위치별 상하 온도 분포 비교를 나타낸다. 1.7 m 이하 범위에서는 바닥 급기 방식에서 온도가 낮게 나타나고 1.7 m 이상에서는 천장 급기 방식의 온도가 낮게 나타난다. 따라서 천장 급기는 실내 전체를 균일하게 유지시키는 면에서 유리하나 비거주공간 (1.8~2.4 m)의 공조도 수행하고 있어 에너지의 손실이 많다. 그리고 측정점 C와 F의 바닥 부근의 온도 구배가 크게 나타나는 것은 측정위치가 바닥 급기구 상부에 위치하고 있기 때문이다.

Fig. 3, 4는 두 공조 방식의 풍량별 상하 온도 분포를 나타낸다. 천장 급기의 경우 풍량이 증가할수록 실내 온도가 전체적으로 감소하는데 상하

분포는 풍량에 관계없이 같은 경향을 나타내고 있으며, 바닥 급기의 경우 풍량이 증가하였을 때 천장 급기의 경우와 같이 온도가 감소하는데 바닥으로부터 1 m 정도까지의 변화는 잘 나타나지 않으나 그 이상의 높이에서는 뚜렷한 감소 추세를 나타내고 있다.

Fig. 5는 천장과 바닥 급기 두 공조 방식의 측정 위치별 상하 PMV 분포를 나타내며, Fig. 6, 7은 두 공조 방식의 풍량별 상하 PMV 분포를 나타낸다. PMV도 온도분포와 유사한 경향을 나타내고 있으며, 바닥 급기의 경우 측정점 C와 F의 바닥 부근 값이 표시되지 않은 것은 바닥 급기구 상부의 속도값이 커 PMV 계산 범위를 벗어나고 있기 때문이다. 바닥 급기구 주위에서는 드래프트에 의한 국부적인 불쾌감이 발생할 우려가 있

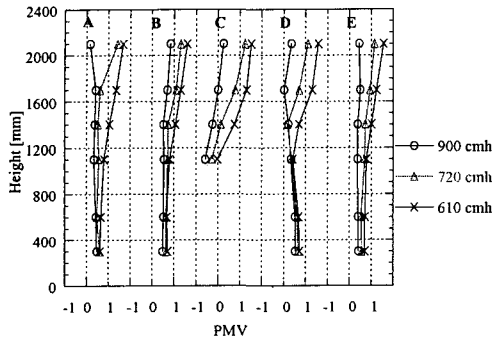


Fig. 7 PMV distribution of floor supply.

으므로 바닥 급기구의 설치 위치가 상시 거주 구역에 설치되지 않도록 할 필요가 있다.

급기풍량이 720 cmh인 바닥 급기의 경우와 급기풍량이 25% 많은 900 cmh인 천장 급기와 비교하여 보면, 사람이 거주하는 높이 0~1.8m 공간에서의 실내온도는 천장 급기보다 약 0.2°C 낮고 복사온도는 약 0.8°C 높은 결과를 보이며 PMV는 약 0.1 높은 결과를 보인다. 따라서 냉방시 바닥 급기를 적용할 경우 급기 풍량을 25% 정도 적게 하여도 천장 급기 방식과 비슷한 쾌적성을 유지할 수 있어 에너지 절약 측면에서 유리하다.

6. 결 론

실내 열환경은 급기 방식에 따라 많은 차이를 보이며 본 연구에서는 실험을 통하여 천장 및 바닥 급기 공조 방식을 여름철 사무실 공간에 적용하여 비교하였다.

바닥 급기 공조 방식은 상하 온도차가 천장 급기에 비하여 높으나 열적 쾌적성을 나타내는 PMV 값은 유리하다. 특히 거주 공간만을 대상으로 비교할 경우 바닥 급기의 PMV 값은 천장 급기보다 약 0.2 작게 나타난다. 천장 급기의 열적 쾌적성과 같게 유지하기 위하여 바닥 급기의 경우 급기 풍량을 25% 적게 할 수 있으므로 에너지 절약 측면에서 바닥 급기 방식이 유리하다.

참고문헌

1. Clifford, G., 1990, Modern Heating, Ventilation, and Air Conditioning, Prentice Hall, New Jersey, USA.
2. ASHRAE, 1993, ASHRAE Handbook, Fundamental, Georgia, USA.
3. Akimoto, T., Tatsuo, N. and Takebayashi, Y., 1995, Experimental Study on the Floor-Supply Displacement Ventilation System, ASHRAE Trans., pp. 912-925.
4. Matsunawa, K., Iizuka, H. and Tanabe, S.-I., 1995, Development and Application of an Underfloor Air-conditioning System with Improved Outlets for a "Smart" Building in Tokyo, ASHRAE Trans., pp. 887-901.
5. McCarry, B. T., 1995, Underfloor Air Distribution Systems: Benefits and When to Use the System in Building Design, ASHRAE Trans., pp. 902-911.
6. Shute, R. W., 1995, Integrated Access Floor HVAC: Lessons Learned, ASHRAE Trans., pp. 877-886.
7. Sodec, F. and Craig, R., 1990, The Underfloor Air Supply System, the European Experience, ASHRAE Trans., pp. 690-695.
8. ASHRAE, 1992, ANSI/ASHRAE 55-1992, ASHRAE Standard, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
9. ISO, 1984, ISO 7730, Moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort.
10. Lee, C. S., 1993, A Study on the Evaluation Method for Indoor Thermal Comfort and Air Quality, Report, Ministry of Science and Technology.
11. Fanger, P. O., 1970, Thermal Comfort- Analysis and Application in Environmental Engineering, Danish Technical Press, Copenhagen, Denmark.
12. Kim, D. Y., Kim, S. H. and Kim, Y. I., 1998, Development of Under Floor Air-conditioning System, Final Report, Ministry of Commerce, Industry & Energy.

1. Clifford, G., 1990, Modern Heating, Ventila-