

## 측벽 부하가 존재하는 공간에 설치된 라인 디퓨저의 ADPI 특성에 관한 연구

조영진<sup>†</sup>, 강석윤\*, 문종선\*, 이재현\*\*

신뢰성분석연구센터, \*한양대학교 대학원 기계공학과, \*\*한양대학교 공과대학 기계공학부

### ADPI Characteristics of Line Diffuser in a Room with Perimetric Heating Load

Young-Jin Cho<sup>†</sup>, Seok-Youn Kang\*, Jong-Sun Moon\*, Jae-Heon Lee\*\*

Reliability Analysis Research Center, Seoul 133-791, Korea

<sup>†</sup>Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

\*\*Department of Mechanical Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

(Received October 2, 2004; revision received October 29, 2004)

**ABSTRACT:** It is difficult to apply a conventional selection guide for diffusers when the diffuser is installed in a perimeter zone, because the air diffusion performance index (ADPI) vs. throw/length (T/L) ratio curve listed in conventional guide does not consider the perimetric heating load through the walls. The objective of this study is to evaluate the effect of the perimetric heating load on the ADPI and propose a selection guide for a proper line diffuser when perimetric heating load exists. The velocity and temperature distributions and the ADPI values are obtained numerically with various heat load ratios and air flow rates. The velocity and temperature distributions and the ADPI values are analyzed by CFD in case of various heat load ratios and air flow rates. Also, ADPI was calculated by those results. The ADPI values by numerical results are compared with an existing experimental data to verify the method for the evaluation of ADPI proposed in a present study. In case of a line diffuser installed at the high side wall, the ADPI decreases according to the increases of the flow rate on every heat load ratio of the present study except 0.75. The ADPI vs. T/L ratio curves have been proposed for the heat load ratios of 0.25, 0.5, 0.75 to guarantee the comfort thermal environment when diffusers are installed in perimeter zone.

**Key words:** ADPI(공기확산성능지수), Throw distance(도달거리), Characteristic length(대표길이), Heat load ratio(부하비), EDT(유효드래프트온도), T/L ratio(T/L비)

#### 기 호 설 명

ADPI : 공기확산성능지수 [%]

D : 강하거리 [m]

EDT : 유효드래프트온도 [°C]

L : 대표길이 [m]

Q : 급기풍량 [m<sup>3</sup>/h]

q<sub>b</sub> : 바닥부하량 [W]

q<sub>T</sub> : 전체부하량 [W]

q<sub>w</sub> : 측벽부하량 [W]

R : 부하비 [-]

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-2-2290-0425; fax: +82-2-2293-5169

E-mail address: me2jin@dreamwiz.com

- $T$  : 도달거리 [m]
- $t_d$  : 디퓨저 급기온도 [°C]
- $t_b$  : 측정점 건구온도 [°C]
- $\overline{t_r}$  : 실평균 건구온도 [°C]
- $v_b$  : 측정점 기류속도 [m/s]
- $V_S$  :  $-1.5^{\circ}\text{C} \leq \text{EDT} \leq 1.0^{\circ}\text{C}$ , 기류속도 0.35 m/s 이하를 만족하는 공간의 부피 [m<sup>3</sup>]
- $V_T$  : 전체 실내 거주공간의 부피 [m<sup>3</sup>]
- $X_S$  : 분리거리 [m]

## 1. 서 론

근래에 들어서며 환기의 의미는 단순한 오염공기의 제거뿐만 아니라 공기조화를 거친 급기를 이용하여 재실자에게 열적으로 쾌적한 환경이 조성되도록 실내의 기류속도, 온도 및 습도를 적절히 유지하는 것으로 확대되었다. 국내에서도 생활수준의 향상에 따라 쾌적한 환경을 요구하게 되며 이로 인하여 환기의 중요성이 더욱 증가되고 있다.

환기의 최종목적은 보다 적은 에너지를 사용하여 재실자가 쾌적함을 느낄 수 있도록 거주영역안의 열환경을 양호하게 유지하게 하는 것이다.<sup>(1)</sup> 일반적으로 환기의 분야는 환기에 필요한 풍량의 공기를 생산하는 부분과 이를 공급하는 부분으로 구분할 수 있다. 필요한 양의 공기를 공기조화시키고 이를 공급하는 부분에 관련된 연구는 시스템 에너지 비용 절감 측면에 많은 관심을 두고 있으며, 이에 따라 여러 연구가 수행되어져 왔다. 최근에는 환기설비 설계시, 실내의 공조부하를 제거할 뿐만 아니라 필요한 최소환기량 역시 만족하는 환기풍량을 공급할 수 있도록 하는 공기조화 시스템의 연구에 중점을 기울이고 있다. 그러나 쾌적한 실내공조환경의 유지에 환기풍량의 적절한 선정에 의해서만 보장되는 것은 아니다. 실내의 열환경은 실제적으로 공간 내의 열환경을 결정하는 기류속도, 온도 및 습도분포에 의해 좌우되며, 이는 실내공간 내로 공기를 확산시켜 주는 디퓨저의 형상 및 설치위치에 따라 크게 달라지게 된다. 그러므로 쾌적한 실내환경을 위해서는 급배기 계통 기본설계 단계에서부터 공간 내의 열환경을 좌우할 수 있는 디퓨저 선정이 중요하다.<sup>(1-2)</sup> 특히 근래에 들어서 건축되는 건물들은 미관과 채광을 위하여 외

부면을 투과성 유리벽으로 구성하는 경우가 많으며 이에 따라 외기의 부하변화에 실내의 열환경은 더 많은 영향을 받게 되었다.

디퓨저에 관한 기존 연구는 재실자의 쾌적감을 향상시키는 방안에 대한 연구보다는 디퓨저를 통한 공기의 확산이나 분배에 더 많은 관심이 집중되어 있었다. 최근 재실자의 쾌적감이 중요시되면서 공조환경에 디퓨저가 미치는 영향을 평가할 수 있는 인자를 도출하고 다양한 공조환경에 대하여 분석하여 적절히 디퓨저를 활용할 수 있는 방안에 대한 연구가 다수 진행되고 있다.<sup>(2-5)</sup> 그러나 근래의 건축물들처럼 창이 많은 건물의 경우, 건물의 외주부 영역에 설치될 디퓨저 선정시 적용할 만한 실용적인 자료는 아직도 부족한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 여러 가지 다양한 디퓨저 중 라인 디퓨저가 설치된 공간에서 특정한 측면벽을 통하여 열전달이 있는 경우에 대해 급기풍량에 따른 실내열환경을 예측하였다. 이를 바탕으로 측면벽에 열전달이 있는 경우, 라인 디퓨저의 공기확산성능지수(Air Diffusion Performance Index, 이하 ADPI라 칭함)특성의 변동을 살펴보았으며 아울러 기존 발표된 T/L비(Throw/Length ratio) 관련 ADPI 변동곡선을 적절히 적용할 수 있는 방안도 제시하였다.

## 2. 디퓨저 특성 및 선정방법

### 2.1 디퓨저의 특성

디퓨저는 공조시스템의 말단부에 설치되어 공조된 공기를 대상공간 내부로 확산시켜 주는 장치를 말하며, 실질적으로 공조 대상공간의 열환경을 결정짓는 매우 중요한 역할을 수행하기 때문에 디퓨저의 형상은 대상공간의 용도 및 형상에 따라 발전되어 왔다.

제트의 형태를 가지는 디퓨저 급기유동의 특성상 도달거리(throw distance)와 분리거리(separation distance), 그리고 강하거리(drop distance)가 중요한 유동성능 인자이다. 이러한 디퓨저의 유동성능 인자를 Fig.1에 나타내었다. Fig.1에서 도달거리  $T$ 는 디퓨저로부터 급기된 공기의 유속이 감소되어 0.25 m/s가 되는 지점까지의 거리를 나타낸다. 분리거리  $X_S$ 는 벽을 따라 이동하는 공

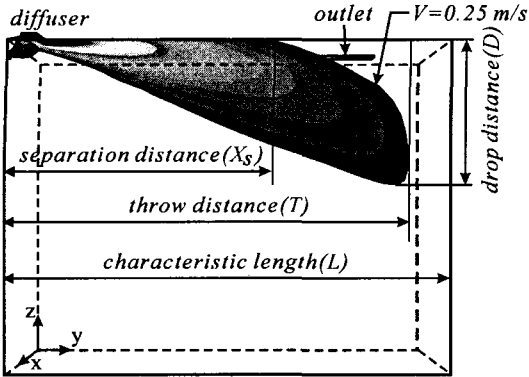


Fig. 1 Characteristic values of an air jet from a diffuser.

기가 벽에서 분리되는 지점까지의 거리를 나타낸다. 강하거리  $D$ 는 분출된 공기가 실내온도와외온도차에 의해서 급기된 위치에서 낙하되는 거리이다. 이때 실내 특성을 나타내는 대표길이(characteristic length)  $L$ 은 공기 배출구로부터 맞은편 벽까지의 거리이다. 디퓨저의 유동성능인자들은 취출되는 기류의 풍량에 따라 크게 변하며, 취출 풍량은 취출공기온도, 공간의 크기 및 공간에 가해지는 부하량에 따라 달라진다. 따라서 디퓨저의 유동성능을 논의하기 위해서는 앞서 언급한 도달거리 등 뿐만 아니라 공간의 크기 등도 함께 언급하여야 하는 불완점이 있으므로, 일반적으로 도달거리를 실내의 대표길이라고 하는 값으로 정의되는  $T/L$ 비를 이용하는 경우가 많다. 이러한  $T/L$ 비는 디퓨저 성능표에 명시되어 실내의 적정 ADPI를 보장하기 위하여 사용되어질 디퓨저의 도달거리를 산정하는 데 주로 이용된다.

$T/L$ 비는 공간에 가해지는 부하량과 디퓨저의 종류에 따라 큰 차이를 나타내며, 일반적으로 부하량의 증가는 적정 ADPI를 보장하기 위하여 선정하여야 하는 디퓨저의  $T/L$ 비를 증가시키는 원인이 된다. 공기가 여러 방향으로 분사되는 원형 디퓨저보다는 본 연구에서 고려한 것과 같이 한 방향으로 공기를 취출하는 특성을 지닌 라인 디퓨저 등에서 보다 큰  $T/L$ 비가 나타난다.<sup>(1)</sup>

## 2.2 디퓨저의 공기확산성능지수

ADPI는 디퓨저에 의한 급기유동이 공간 내부의 열환경을 어떻게 만드는가를 평가할 수 있는

지수이다. ADPI는 거주역에 대한 전체 측정점 중 실내기류속도를 고려하여 실내온도에 대한 재실자의 만족감을 통계적으로 나타낸 수치이며 0~100% 값을 가진다. ADPI 값은 전체 실내거주공간의 부피  $V_T$ 에 대한 기류속도 0.35 m/s 이하이며 유효드래프트온도(Effective Draft Temperature, 이하 EDT라 칭함)가  $-1.5 \sim 1.0^\circ\text{C}$  범위에 속하는 체적의 전체 거주공간의 부피  $V_S$ 에 대한 비율로서 식(1)과 같이 정의되며 일반적으로 ADPI가 80% 정도인 공간은 쾌적하다고 평가된다.

$$ADPI = \frac{V_S}{V_T} \times 100 \quad (1)$$

여기서 EDT는 측정점의 기류속도  $v_p$ 를 고려한 실평균 건구온도  $\bar{t}_r$ 와 측정점 건구온도  $t_p$ 와의 차이를 나타낸 값으로서 다음의 식(2)과 같이 표현된다.

$$EDT = (t_p - \bar{t}_r) - 8.0(v_p - 0.15) \quad (2)$$

## 2.3 디퓨저 선정절차

선진국의 경우는 디퓨저를 선정하고 배치방법을 결정할 때 일정한 순서를 따라 설계할 수 있도록 지침<sup>(1-2)</sup>이 되는 선정순서를 권장하고 있다. 디퓨저를 선정하고 배치하는 방안에 관한 분야에는 다양한 권장안이 있으나, ASHRAE에서 권장하고 있는 ADPI 방법이 가장 일반적으로 채택되고 있다.

## 3. 측벽부하가 존재하는 공간에 설치된 라인 디퓨저의 ADPI 특성

### 3.1 연구대상 디퓨저

본 연구에서는 여러 가지 측벽부하에서 디퓨저의 ADPI 특성을 살펴보기 위하여 한 종류의 라인 디퓨저를 선정하고 이의 정면도와 단면 개략도를 Fig. 2에 나타내었다. 라인 디퓨저의 크기는 폭 387 mm × 높이 133 mm이며, 측벽 상부에 설치되어 화살표 방향으로 공기를 실내로 공급하는 역할을 한다.

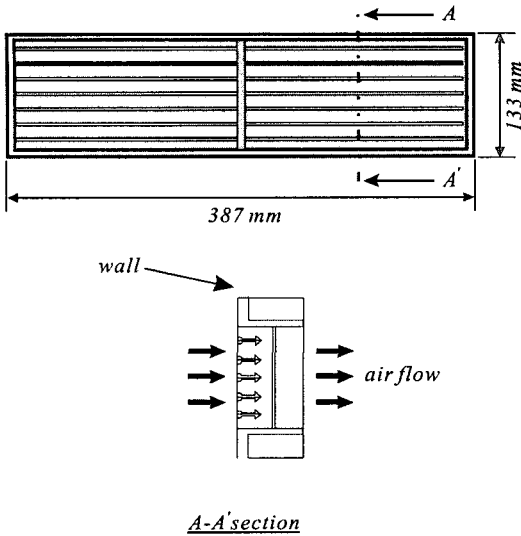


Fig. 2 High-side wall line diffuser investigated in the present study.

### 3.2 공조환경

측벽에 부하가 존재하는 공간에 설치된 디퓨저의 ADPI 변동특성을 살펴보기 위하여 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 한쪽 측벽이 가열되고 다른 한쪽 측벽 상부에 라인 디퓨저가 설치된 표준공간을 고려하였다. 표준공간의 실내설정온도는 26℃이며 그 크기는 길이 7.2 m, 높이 2.8 m, 그리고 폭 4.8 m이다.  $y=0$ 인 한쪽 벽면 천장에서 0.23 m 하부 위치에 디퓨저가 설치되어 있으며, 맞은편 벽을 향하여 급기가 이루어지고 있다. 배기구의 크기는 356 mm×356 mm이며,  $y=7.2$  m인 다른 한

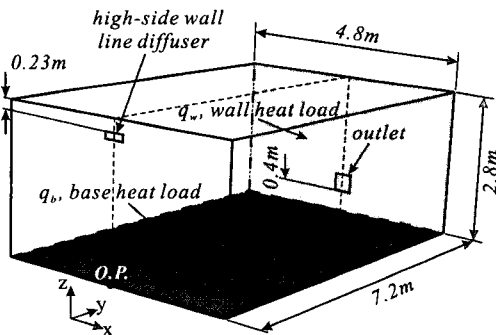


Fig. 3 Standard test room installed a high-side wall line diffuser with perimeteric heating load.

Table 1 Test conditions in present investigation

|           | $Q$ [m <sup>3</sup> /h] | $t_d$ [°C] | $R$                |
|-----------|-------------------------|------------|--------------------|
| Case 1~4  | 425                     | 12.8       | 0, 0.25, 0.5, 0.75 |
| Case 5~8  | 730                     | 17.2       |                    |
| Case 9~12 | 950                     | 18.3       |                    |

쪽 측벽의 0.4 m 높이에 설치되어 있다. 디퓨저의 설치위치를 고려한 대포길이  $L$ 은 7.2 m이다.

표준공간의 전체 공조부하량  $q_T$ 는 일반적으로 바닥만 가열되는 사무실 공간의 열유속에 해당되는 63 W/m<sup>2</sup>을 적용하여 2,143 W로 고정하였다. 즉, 공간 내의 전체 부하량은 항상 일정하며 다음의 식(3)과 같이 정의된 부하비(heat load ratio)  $R$ 에 따라서 Fig. 3에서 음영면으로 보이는 바닥과 측벽의 부하량만 변동되는 것으로 간주한다. 측벽을 통한 부하  $q_w$ 가 디퓨저의 ADPI에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 본 연구에서 고려한 부하비는 0, 0.25, 0.5, 그리고 0.75이다.

$$R = \frac{q_w}{q_T} = \frac{q_w}{(q_b + q_w)} \quad (3)$$

여기서  $q_b$ 는 전체 공조부하량에서 측벽의 부하량을 뺀 바닥에서의 부하량을 나타낸다.

본 연구에서는 선정된 4가지 부하비 각각에 대하여 서로 다른 3가지의 급기가 이루어지는 경우에 대하여 총 12가지의 경우를 고려하였으며, 이를 요약하여 Table 1에 나타내었다. 여기서  $Q$ 는 디퓨저에 의한 급기풍량이며,  $t_d$ 는 디퓨저의 급기 온도이다.

### 3.3 수치적 연구

#### 3.3.1 지배방정식

공간에서의 ADPI를 산정하기 위해서는 국소 지점의 기류속도 및 온도분포의 산정이 요구된다. 이를 위해 본 연구에서는 디퓨저가 설치된 표준 시험공간의 유동을 3차원 난류 정상상태 비압축성 유동으로 가정하고, 연속방정식, 운동량방정식, 난류운동에너지방정식, 난류운동에너지 소산율방정식, 그리고 에너지방정식을 적용하였다. 좌표축은

Table 2 Governing equations and model coefficients

$$\text{Continuity equation ; } \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0$$

$$\text{Momentum equation ; } \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j u_i) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ (\mu + \mu_t) \left( \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \right\} + \rho g_i \beta (T - T_m)$$

Turbulent kinetic energy equation ;

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i k) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right\} + G_k + G_b - \rho \epsilon$$

Dissipation rate equation of Turbulent kinetic energy ;

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i \epsilon) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right\} + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} (G_k + C_{3\epsilon} G_b) - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k}$$

$$\text{Energy equation ; } \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i T) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ \left( \frac{\mu}{\sigma_t} + \frac{\mu_t}{\sigma_t} \right) \frac{\partial T}{\partial x_i} \right\} + S_T$$

where,

$$\mu_t = \frac{C_\mu \rho k^2}{\epsilon}, \quad G_k = \mu_t \left( \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \frac{\partial u_j}{\partial x_i}, \quad G_b = \frac{\mu_t g_i \beta}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial x_i},$$

$$C_\mu = 0.09, \quad C_{1\epsilon} = 1.44, \quad C_{2\epsilon} = 1.92, \quad C_{3\epsilon} = 1.0, \quad \sigma_k = 1.0, \quad \sigma_\epsilon = 0.9, \quad \sigma_t = 1.0, \quad \sigma_t = 1.0$$

그림에 나타난 O.P.를 기준으로 하여 폭방향을 x 축, 길이방향을 y축, 그리고 높이방향을 z축으로 정하였다. 난류모델로는 환기 분야에서 실용적으로 많이 이용되고 있는  $k-\epsilon$  모델을 사용하였으며, 이에 대한 지배방정식을 Table 2에 나타내었다.

### 3.3.2 경계조건

본 연구에서는 이전 연구<sup>(4)</sup>를 통해 실내의 공조 상황을 모사하는데 적합하다고 알려진 비정렬 격자계를 사용하여 격자계를 구성하고 온도와 속도를 예측하였다. 디퓨저가 설치된 표준시험공간의 경우  $x=0$ 인 단면을 중심으로 기류 및 온도분포가 대칭을 이루고 있으므로 본 연구에서는 표준시험공간의 절반만을 해석대상공간으로 선정하였다. 계산에 사용된 제어체적의 수는 약 142,000개이다.

측벽부하가 존재하는 경우 벽의 부하는 부하비에 따라서 디퓨저의 급기유동 맞은편 벽에 균일 열유속으로 처리하였다. 부하비가 0인 경우는 공간 전체의 부하가 바닥에 있는 것으로 간주하고 부하가 없는 모든 벽은 단열로 처리하였다. 벽에서는 점착조건(no-slip condition)을 사용하였으며, 벽면에서 인접한 난류량의 처리를 위해서는 벽함수(wall function)를 사용하였다. 배기구에서는 유출경계조건을 사용하였으며, 디퓨저 출구에서는 속도경계조건을 사용하였다.

### 3.3.3 타당성 검토

본 연구에서 적용된 ADPI 예측기법의 타당성을 비교·검증하기 위하여 기존의 연구<sup>(2)</sup>에서 고려한 공간과 동일한 영역을 본 연구의 표준공간으로 정하였으며, 수치해석기법을 이용하여 표준공간에 측벽상부설치형 라인 디퓨저가 설치된 경우에 대하여 ADPI를 산정하고 이를 기존의 연구결과와 비교하여 Fig. 4에 나타내었다. 그림에서 실선은 기존의 연구결과이며 ■표시는 본 연구의 수치해석결과이다. 그림에 나타난 바와 같이 T/L 비가 1.5와 2.1인 경우 수치해석에서 구한 ADPI는 기존 연구결과와 잘 일치하고 있다. 다만 T/L

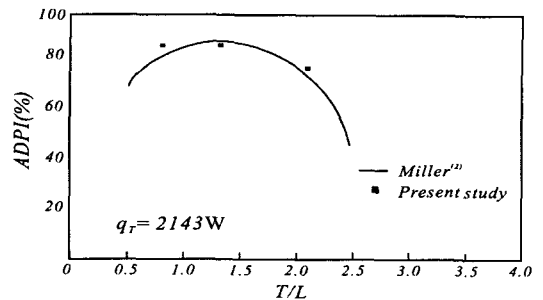


Fig. 4 Comparisons of ADPI distribution along the T/L ratio by present numerical study and previous study.<sup>(2)</sup>

비가 1인 경우, 수치해석의 ADPI가 기존 연구결과와 ADPI보다 다소 높게 예측하는 것으로 나타났지만 전반적으로 이론 예측값과 기존의 자료가 큰 차이를 보이지 않고 잘 일치함을 볼 수 있다. 이로써 본 연구에서 채택한 연구방법과 ADPI 예측방법의 타당성을 확인하였다.

#### 4. 측벽상부설치 라인 디퓨저의 ADPI 특성

측벽상부설치 라인 디퓨저가 설치된 경우에 대하여 앞서 나타낸 Table 1과 같은 여러 가지 경우의 디퓨저 ADPI 특성을 예측하였다. 각각의 영향인자들이 ADPI 값에 미치는 영향을 평가하기 위하여 풍량과 부하비의 변화에 따른 ADPI 값의 변화를 살펴보았으며, 디퓨저 선정시 지침이 되는 T/L비에 따른 ADPI 값 변화곡선을 작성하기 위하여 풍량변동에 따른 T/L비의 변화도 살펴보았다.

##### 4.1 풍량 변화에 따른 ADPI 변화특성

여러 부하비에서 풍량의 변화에 따른 ADPI 값의 변화를 Fig. 5에 나타내었다.

측벽부하가 없는 경우, 풍량이 증가하면서 전반적으로 ADPI 값이 감소되는 경향을 보이고 있다. 특히 풍량이 730 m<sup>3</sup>/h 이하인 경우의 ADPI 값은 약 85%를 나타내고 있으며, 950 m<sup>3</sup>/h인 경우의 ADPI 값은 730 m<sup>3</sup>/h 대비 약 9% 정도 감소한 76%로 나타났다. 이는 급기풍량이 커지면서 증가된 공기의 운동량이 실내 거주역의 평균공기유속을 증가시키기 때문이다. Hassani et al.<sup>(5)</sup>의 연구에 따르면 측벽상부설치 라인 디퓨저는 거주역의 운동량이 낮은 영역에서는 운동량의 변화에 따라서 ADPI 값이 크게 변동되지 않으나 운동량이 큰 영역에서는 운동량이 증가됨에 따라서 ADPI 값은 급격히 감소되는 특징을 보인다. 본 연구에서 역시 풍량이 730 m<sup>3</sup>/h까지 증가되어도 ADPI 값이 거의 변화되지 않은 것은 측벽상부설치 라인 디퓨저의 특징이 나타난 것으로 판단된다.

부하비가 0.25인 경우, ADPI 값의 변동 경향은 급기풍량이 증가됨에 따라서 측벽부하가 없는 경우와 유사하게 감소된다. 다만 425 m<sup>3</sup>/h에서 부하비가 없는 경우에 비하여 약 1% 낮은 값을 보이던 ADPI 값이 풍량이 증가하여 950 m<sup>3</sup>/h의 풍량이 공급되는 경우 약 2% 정도 낮은 74% 값을 나타낸다. 즉, 부하비가 0.25인 경우, 부하비의 변

화가 ADPI 값의 변화에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다.

부하비가 0.5인 경우, ADPI 값의 변동경향은 급기 풍량이 증가됨에 따라서 약간 증가하다가 다시 감소하는 경향을 나타낸다. 425 m<sup>3</sup>/h의 풍량에서 ADPI 값은 약 80%를 나타내고 있다. 이 경우, 디퓨저에서 급기되는 유동의 운동량이 낮아서 벽을 따라 이동하지 못하고 바로 벽에서 분리되어 차가운 공기가 거주역에 도달되기 때문이다. 급기풍량이 730 m<sup>3</sup>/h로 증가된 경우, ADPI 값은 풍량이 증가하였음에도 약간 상승하는 경향을 보인다. 이는 급기되는 유동이 벽에서 바로 분리되지 않고 이동되기 때문으로 판단된다. 급기풍량이 950 m<sup>3</sup>/h로 증가된 경우, ADPI 값은 풍량의 증가에 따라 다시 감소된다. 이는 풍량이 증가됨에 따라서 급기된 공기가 바로 벽에서 분리되지 않는으나, 디퓨저 급기에 의해 공급되는 운동량이 과다하게 커, 오히려 거주역의 평균유속을 증가시키기 때문이라 여겨진다. 즉, 풍량의 과다로 인하여 속도 측면에서 쾌적감을 느끼는 영역이 감소하였기 때문이다.

부하비가 0.75인 경우, ADPI 값의 변동경향은 급기 풍량이 증가됨에 따라서 증가하는 경향을 나타낸다. 이는 공간에 존재하는 부하의 대부분이 급기된 공기가 도달되는 벽에 존재하기 때문이다. 부하비가 0.5 이하인 경우, 실내의 공기의 흐름은 바닥부하에 영향을 많이 받을 수밖에 없었다. 그러나 부하비가 0.75인 경우, 실내공기의 흐름은 대부분의 부하가 벽에 존재하므로 벽부하의 영향을 받게 된다. 이 경우, 급기되는 풍량이 증가될수록 가열벽이 더 잘 냉각되며 이에 따라서 실내는 더 고른 온도분포와 속도분포를 나타내게 되는 것이다.

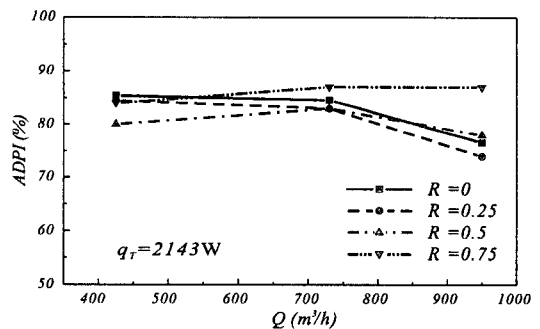


Fig. 5 ADPI values along the airflow rate for various heat load ratios with high-side wall line diffuser.

이러한 이유로 인하여 급기 풍량이 증가됨에 따라 서 ADPI 값도 증가하는 경향을 나타내는 것이다.

상기의 결과로부터 측벽상부설치 라인 디퓨저의 ADPI 값은 측벽부하비 0.75를 제외한 모든 부하비에서 풍량이 증가하면 전반적으로 감소되며, 부하비가 0.75인 경우는 풍량이 증가되면서 증가됨을 알 수 있었다.

#### 4.2 여러 가지 부하비에서 T/L비에 따른 ADPI 분포곡선

현재 디퓨저를 선정하기 위하여 활용되고 있는 도표는 T/L비에 따른 ADPI 분포곡선이다. 이러한 분포곡선은 측벽부하가 존재하지 않는 경우에 대한 것이므로 측벽부하가 있는 경우 이를 적용하기는 어렵다. 따라서 본 연구에서 기존의 측벽부하가 없는 경우에 활용되고 있는 T/L비에 따른 ADPI 분포곡선이 측벽부하가 존재하는 경우 어떠한 상태로 이동되는가를 살펴보았다. 이를 위하여 여러 가지 부하비에서 T/L비에 따른 ADPI 분포곡선을 작성하였으며 이를 Fig. 6에 나타내었다. 측벽부하가 없는 경우 T/L비가 약 1.3일 때 85%의 ADPI 값을 나타내는 디퓨저가 만약 부하비가 0.5인 공간에 설치될 경우 T/L비는 0.85 부근으로 변경되고 ADPI 값도 83%로 변경된다. 다른 경우도 이와 마찬가지로 각 곡선의 첫번째 점들은 측벽부하가 없는 경우의 T/L비와 ADPI 값이 부하비가 있는 경우 각각 해당 부하비에서 어떠한 T/L비와 ADPI 값으로 변경되느냐 하는 것들을 의미하는 것이다.

측벽부하가 없는 경우, ADPI 값은 T/L비가 증가되면서 점차적으로 감소되는 경향을 보이고 있음을 볼 수 있다. T/L비가 0.8인 경우와 1.3인 경우 약 85%의 ADPI 값을 나타내고 있다.

부하비가 0.25인 경우, 측벽부하가 없는 경우의 분포곡선이 T/L비가 증가함에 따라서 전반적으로 감소하는 경향을 보이는 형태로 이동된다. 측벽부하가 없는 경우와 비교할 때 T/L비와 ADPI가 각각 0.8, 86% → 0.75, 85%, 1.3, 85% → 0.85, 83%, 그리고 2.1, 76% → 2.25, 74%인 상태로 이동된다. 최대 ADPI 값은 T/L비가 0.75 부근에서 나타나며, 이는 측벽부하가 없는 경우 최대 ADPI 값을 나타내는 T/L비 0.8에 해당된다.

부하비가 0.5인 경우, 측벽부하가 없는 경우와 비교할 때 T/L비와 ADPI가 각각 0.8, 86% →

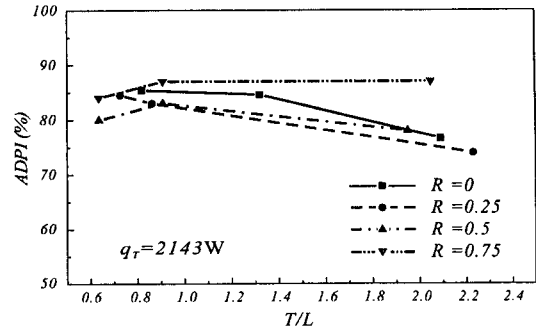


Fig. 6 ADPI distributions along the T/L ratio for various heat load ratios with high-side wall line diffuser.

0.65, 80%, 1.3, 85% → 0.9, 83%, 그리고 2.1, 76% → 1.95, 78%인 상태로 이동된다. 최대 ADPI 값은 T/L비가 0.9 부근에서 나타나며, 이는 측벽부하가 없는 경우 최대 ADPI 값을 나타내는 T/L비 1.3에 해당된다.

부하비가 0.75인 경우, ADPI 값이 모두 80% 이상을 보이는 형태로 이동된다. 측벽부하가 없을 경우 T/L비 2.1에서 가장 낮은 76%의 ADPI 값을 보이던 상태가 T/L비 2.05에서 87%의 ADPI 값을 나타내는 상태로 이동된다.

#### 4.3 측벽가열시 라인 디퓨저의 선정방안

측벽의 부하가 존재하는 경우 적절한 디퓨저를 선정하기 위해서는 일반적인 바닥부하가 존재하는 경우 디퓨저를 선정하는 과정처럼 해당 부하비에 대한 T/L비에 따른 ADPI 분포곡선과 디퓨저의 성능표가 필요하다. 그러나 모든 디퓨저 성능표는 표준공간에서 바닥에 부하가 존재하는 경우에 실측을 통하여 작성되어지기 때문에 본 연구에서 작성된 부하비가 존재하는 경우의 T/L비에 따른 ADPI 분포곡선을 이용하여 T/L비를 선정하여도 이를 직접적으로 활용할 수는 없다. 그러나 본 연구에서는 동일한 풍량과 급기조건에서 부하비가 존재하지 않는 경우와 부하비가 존재할 경우에 대하여 T/L비에 따른 ADPI 분포곡선을 작성하였기 때문에, 부하비가 없는 경우에 디퓨저가 나타내는 T/L비와 ADPI가 측벽부하가 있는 상황에서는 어떠한 T/L비와 ADPI 분포상태로 변동되는지를 파악할 수 있다. 그러므로 부하비가 존재하는 경우에 ADPI가 80% 이상을 나타

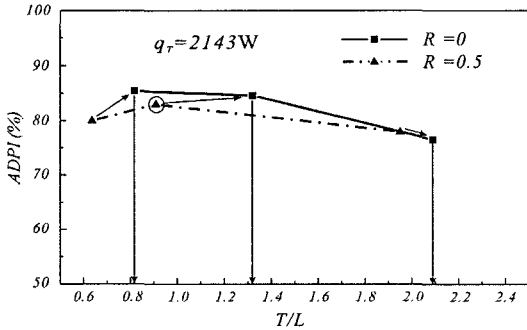


Fig. 7 Selection procedure to find T/L ratios assuming being no perimeteric heating with high-side wall line diffuser.

낼 것으로 예상되는 T/L비가 부하비가 없는 경우 어떠한 T/L비에 해당되는가를 알 수 있는 것이다. 따라서 부하비가 없는 경우의 T/L비에 해당되는 T/L를 적정 T/L비로 선정하고 이를 바탕으로 디퓨저 성능표로부터 권장도달거리를 만족하는 디퓨저를 선정하면 되는 것이다.

측벽설치 라인 디퓨저에서 부하비가 존재하는 경우 본 연구결과 작성된 Fig.6을 이용하여 디퓨저를 선정하는 과정을 설명하면 다음과 같다. 일례로서 부하비가 0.5인 공간에 디퓨저를 선정하는 과정을 Fig.7에 나타내었다. Fig.7은 Fig.6에서 측벽부하가 없는 경우와 0.5인 경우만을 도시한 경우이다.

Fig.7에서 볼 수 있듯이 부하비가 0.5인 경우 T/L비와 ADPI가 각각 (0.65, 80%), (0.9, 83%), (1.95, 78%)를 보이던 상황은 측벽부하가 없는 경우 각각 (0.8, 86%), (1.3, 85%), (2.1, 76%)인 상황에 해당된다. 부하비가 0.5인 공간에 적절한 ADPI를 보장하기 위한 디퓨저를 선정하기 위해서는 부하비 0.5에 대한 분포곡선 중 ADPI가 가장 높게 나타난 T/L비가 0.9인 가운데 점을 선정하여야 한다. 이 점은 측벽부하가 없는 경우 가운데 점에 해당된다. 따라서 권장 T/L비는 부하비가 없는 곡선의 가운데 위치로 가서, 그 점의 T/L비인 1.3을 선정하면 되는 것이다. 다른 부하비에서도 이와 같은 과정을 동일하게 거치면 권장 T/L비를 선정할 수 있을 것이다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 전체공조부하량이 2,143 W로 일

정하고, 라인 디퓨저가 설치되어 있는 측벽가열 표준시험공간에서 공간의 부하비가 0, 0.25, 0.5 및 0.75인 각각의 경우에 대하여 서로 다른 3가지 급기(425 m<sup>3</sup>/h, 730 m<sup>3</sup>/h 및 950 m<sup>3</sup>/h)가 공급될 때, 각각의 부하비와 풍량에 따른 공간 내부의 ADPI 값을 산정하고 이로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 측벽상부설치 라인 디퓨저의 ADPI 값은 부하비 0.75를 제외한 모든 부하비에서 풍량이 증가함에 따라 전반적으로 감소되지만 부하비가 0.75인 경우는 풍량에 따라 증가된다.

(2) 측벽부하가 존재하는 공간에서 디퓨저를 선정하는 방법은 본 연구에서 제시한 부하비에 따른 T/L비와 ADPI 분포곡선을 이용하여 해당 부하비에서 80% 이상의 ADPI 값을 나타낼 것으로 예상되는 지점을 선정하고, 예상값이 측벽부하가 없는 경우 어떠한 T/L비에 해당되는가를 판단한 후, 결정된 T/L비에 따라 권장되는 도달거리를 가지는 디퓨저를 성능표를 참조하여 선정한다.

### 후 기

본 논문은 2001년 한양대학교 교내연구비 지원으로 연구되었음.

### 참고문헌

- ASHRAE Handbooks, 1997, Space air diffusion, ASHRAE, Atlanta, Georgia.
- Miller, P. L. and Nash, R. T., 1971, A further analysis of room air distribution performance, ASHRAE Trans., Vol. 77, Pt. 2, pp. 205-212.
- Kirkpatrick, A. T. and Knappmiller, K. D., 1998, The ADPI of cold air jets in an enclosure, ASHRAE Trans., Vol. 104, Pt. 2, pp. 3-9.
- Hu, S. C., Barber, J. M. and Chuah, Y. K., 1999, A CFD study for cold air distribution systems, ASHRAE Trans., Vol. 105, Pt. 2 pp. 614- 628.
- Hassani, V. and Miller, P. L., 1998, Thermal comfort and cold air distribution, ASHRAE Trans. Vol. 104, Pt. 2, pp. 1763-1772.