

## 공조공간에서 수평토출형 에어커튼의 차단 성능

성 순 경<sup>†</sup>

가천대학교 건축설비공학과

### Isolation Performance of the Single-Sided air Curtain in Air-Conditioned Space

Sun-Kyung Sung<sup>†</sup>

Department of Building equipment System Engineering, Gachon University, Sunnam 463-829, Korea

(Received August 14, 2012; revision received October 19, 2012)

**ABSTRACT:** Air curtains are widely used in commercial and public buildings to replace solid doors where traffic of people is predicted. At doorways where the solid door is open continuously or intermittently, an air curtain may be installed in order to reduce the flow of heat and moisture from the enclosed space to the outside. The purpose of this paper is to predict isolation performance of the single-sided air curtain when the wind is blowing. For the study, a numerical simulation is used to find the influence of various jet velocities on the efficiency of the single-sided air curtain device which is mounted at the side of the doorway. The isolation performance of the single-sided air curtain is evaluated by sealing efficiency which provides the assessment of the infiltration air ratio. According to the result of this study, the single-sided air curtain has lower sealing efficiency than downward-blowing air curtain. Therefore, for energy conservation in heating space, the single-sided air curtain is not recommended because of its low effectiveness.

**Key words:** Single-sided air curtain(수평토출형 에어커튼), Jet velocity(제트 토출속도), Wind speed(풍속), Sealing efficiency(차단효율)

<b>기 호 설 명</b>	<b>Z</b>	: 바닥으로부터 높이 [m]
$b_o$ : 에어커튼 제트슬롯의 폭 [m]	<b>그리스 문자</b>	
$E$ : 에어커튼의 차단효율 [%]	$\rho$ : 밀도 [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	
$h$ : 엔탈피 [J/kg]	$\mu$ : 절대점성 계수 [ $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$ ]	
$H$ : 개구부의 높이 [m]	<b>하첨자</b>	
$p$ : 압력 [Pa]	$a$ : 에어커튼이 있는 경우	
$V_o$ : 에어커튼의 토출속도[m/s]	$b$ : 에어커튼이 없는 경우	
$Q$ : 풍량 [ $\text{m}^3$ ]	$c$ : 실외	
$T$ : 온도 [K]	$w$ : 실내	
	$o$ : 제트노즐의 출구	

<sup>†</sup> Corresponding author  
 Tel.: +82-31-750-5883; fax: +82-31-750-5314  
 E-mail address: sksung@gachon.ac.kr

## 1. 서 론

사람들의 출입이 빈번한 공공건물이나 상업용 건물의 경우 입구 안쪽에 대공간을 가진 경우가 많이 있다. 이 공간으로 사람들이 출입하는 경우 출입구를 개폐하게 되며 출입인원이 많은 경우에는 열려 있는 상태로 지속되는 경우가 종종 발생한다. 이때 실내외 온도차이로 인하여 출입구를 통한 외기의 침입 현상이 일어나며 특히 바람이 부는 경우에는 풍압에 의하여 더 많은 양의 외기가 침입하는 현상이 일어난다. 이로 인하여 냉방 시나 난방 시 외부의 공기가 들어오게 되어 외기 침입으로 인한 열에너지의 부하가 증가하고 이는 직접적인 에너지의 손실로 나타나게 된다. 그런데 외기로 인한 에너지 손실은 구조체를 통한 전열에 의한 손실보다 훨씬 크므로 외기의 침입을 최대한 줄일 필요가 있게 된다. 외기의 침입을 줄이기 위하여 동일한 유체인 공기를 이용하여 차단막을 형성하는 에어커튼 장치가 이용되고 있다. 이와 같은 에어커튼은 개폐가 곤란하여 개방된 상태로 열려 있는 공간이나 출입이 빈번한 장소 등 여러 곳에서 이용되고 있다.

에어커튼의 종류를 대별하면 공기순환방식에 따라 순환형과 비순환형이 있으며, 에어커튼을 나오는 공기의 토출방향에 따라 하향형과 상향형 그리고 수평형이 있다.<sup>(1)</sup> 하향형의 경우는 비순환형이 주류이고 수평형의 경우는 순환형으로 하는 경우가 많이 있다. 비순환형은 에어커튼을 나온 공기가 공간내로 분산되는 형식이고, 순환형은 에어커튼을 나온 공기를 맞은편에서 흡입하여 재순환하는 방식이다. 본 논문에서는 수평 순환 토출형과 하향 토출형의 성능을 비교하기 위하여 수평 토출형을 대상으로 하였다.

수평 토출형의 장점은 토출된 공기가 공간 중에서 유동하므로 먼지의 비산을 줄일 수 있을 뿐 아니라 환기구를 통하여 급기된 공기를 순환시키므로 차단 효율을 높일 수 있는 점이다. 하지만 재순환 덕트를 설치하여야 하므로 구조상 복잡하고 비용이 많이 드는 단점이 있다.

에어커튼 성능에 영향을 미치는 인자로서는 에어커튼이 설치된 출입구의 높이와 폭, 그리고 토출 슬롯의 폭, 토출각도 그리고 토출속도, 건물의 안과 밖의 온도차, 공조 공간의 급배기 풍량의 차이로 발생하는 실내외의 압력차 그리고 외부에서 불어오는 바람의 풍속 등이다. 에어커튼은 설치 위치나 방향 또는 여러 조건에 따라 성능이 바뀌게 되므로 효과적

인 것을 설치하기 위하여 성능에 영향을 미치는 여러 인자를 고려하여야 한다. 하지만 일반 건물에서는 여러 가지 조건을 고려하지 않고 설치하는 경우가 많아 열에너지의 손실과 운전에너지의 증대를 가져오는 경우도 있어 가변 풍량형 에어커튼<sup>(2)</sup>의 유효성을 고려하기도 한다. 선행 연구에서 하향 토출형 에어커튼에 대한 성능에 대하여 나타내었으나<sup>(3)</sup> 국내에는 수평형 에어커튼에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 에어커튼에 대한 기본적인 개념은 Hayes and Stoecker<sup>(4)</sup>가 연구를 통하여 하향토출형에 대하여 제안하였으며, 바람에 의한 영향이 없고 밀폐된 건물을 대상으로 한 것이므로 적용에는 제한이 있다. 본 논문에서는 난방공간에 대한 수평토출형 에어커튼이 바람의 영향을 받는 경우 일어나는 성능변화에 대하여 연구하였다.

## 2. 대상과 해석 모델

### 2.1 대상 공간과 성능

대상 공간의 에어커튼은 Fig. 1에서 출입구 안쪽의 한 쪽 수직면에 토출구인 체트슬롯을 두고 출입구 맞은편에는 흡입구를 설치하여 공기는 순환하도록 하였다. 에어커튼의 길이는 개구부의 높이와 같은 2 m로 하였으며, 에어커튼의 공기가 출입하는 슬롯의 폭은 일반적으로 많이 사용되고 있는 단일형의 30 mm로 하였다. 에어커튼의 흡입구를 통하여 흡입된 공기를 가열하여 20℃의 상태로 토출슬롯에서 흡입구 방향으로 토출하도록 하였다. 에어커튼이 설치된 공간 건물의 가로, 세로, 높이는 4 m×4 m×3 m이고, 출입구는 폭 1.8 m, 높이 2.0 m인 경우를 선정하였다. 실의 안 쪽 공간은 겨울철 난방을 위하여 급기구 2개소와 환기구 2개소를 두어 전공기 방식으로 하였으며, 급기구를 통하여 공급되는 공기의 온도는 35℃, 토출속도는 2.5 m/s로 하고 외기온도는 0℃인 경우로 하였다. 난방공간에서는 출입구 안과 밖의 온도차이가 있어 연돌효과에 의한 출입구의 위 부분과 아래 부분 사이에는 압력의 차이가 발생한다. 이 압력차  $\Delta p_{sc}$ 는 식(1)과 같이 발생하며 Fig. 1에서와 같이 위에서 아래로 직선적으로 변화한다.<sup>(1)</sup>

$$\Delta p_{sc}(Z) = (\rho_c - \rho_w)g(Z - Z_n) \quad (1)$$

이 경우 외기온도가 실내 온도보다 낮으므로 출입

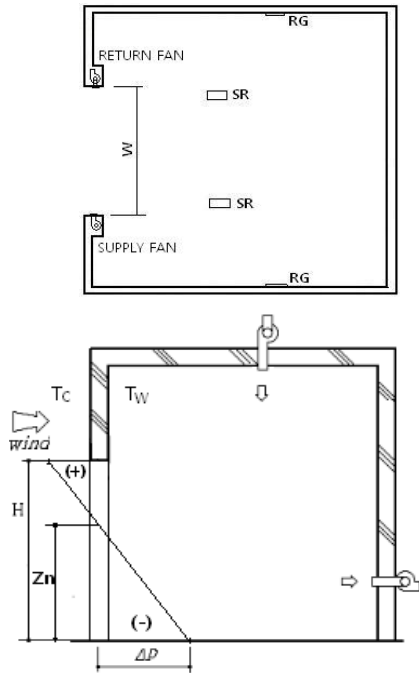


Fig. 1 Vertical elevation of the room and air curtain.

구 안 쪽 위 부분의 압력은 출입구 아래의 부분보다 높게 되어 수평형 에어커튼의 토출 슬롯에서 나온 수평 기류의 상부를 실 바깥으로 향하도록 작용한다. 건물 내부 압력의 변화를 가져 올 수 있는 환기장치나 배기팬 등에 의한 공기누설이 없는 경우에는 압력차이가 없는 중성대 높이  $Z_n$ 은 출입구의 중간 높이에서 일어난다. 그리고 설치된 에어커튼의 토출구나 흡입구 조건에 따라 주위 압력의 변화가 일어나고, 건물 바깥에서 불어오는 바람에 의하여 출입구 부분에 풍압대가 형성되어 압력 변화에 영향을 주게 된다. 이때 바닥으로 부터 어느 높이에서의 압력차  $\Delta p_s$ 는 식(2)와 같다. 이때 압력의 차이가 없는 중성대의 높이는 식(3)과 같으며, 바람에 의한 풍압은 식(4)와 같다.<sup>(2)</sup>

$$\Delta p_s(Z) = p_a + p_v - p_{ws} - \Delta p_{se}(Z) \quad (2)$$

$$= (\rho_c - \rho_w)gZ + (p_a + p_v - p_{ws})$$

$$Z_n = - \frac{p_a + p_v - p_{ws}}{(\rho_c - \rho_w)g} \quad (3)$$

$$\Delta p_{ws} = \frac{1}{2} C_p \rho_c U^2 \quad (4)$$

여기서  $p_a$ 는 에어커튼에 의한 압력,  $p_v$ 는 급배기 장치로 인한 압력,  $p_{ws}$ 는 바람에 의한 풍압,  $C_p$ 는

건물의 형상과 방향에 따른 계수이며 -1에서 1의 값을 가진다. 본 연구에서는 출입구를 향하여 정면으로 불어오는 바람인 경우로 하였다.

에어커튼의 설치 효과는 에어커튼을 설치하지 않았을 경우 침입하는 외기량에 대하여 에어커튼을 설치한 후에 줄어드는 외기량에 대한 비로 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.<sup>(5)</sup>

$$E = \frac{\dot{Q}_b - \dot{Q}_a}{\dot{Q}_b} \quad (5)$$

건물 출입구를 통하여 들어오는 외기의 양은 에어커튼이 설치된 대상 검사체적에서 연속방정식과 에너지 보존법칙을 이용하여 계산하였다. 에어커튼과 풍압에 의하여 영향을 받는 건물 내의 작용압력은 높은 값이 아니므로 실내공기를 비압축성으로 고려하면 출입구를 통하여 들어오는 공기와 나가는 공기의 체적유량은 같으므로 식(6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\dot{Q}_{infiltr} + \dot{Q}_{exfiltr} + \sum \dot{Q}_s + \sum \dot{Q}_r = 0 \quad (6)$$

여기서  $\dot{Q}_{infiltr}$ 는 외부로부터 들어오는 침입외기의 양,  $\dot{Q}_{exfiltr}$ 외부로 빠져나가는 실내공기의 양,  $\sum \dot{Q}_s$ 는 실내 환기나 난방을 위하여 공급되는 공기의 양,  $\sum \dot{Q}_r$ 은 실내에서 나가는 환기의 양을 나타낸다.

일반적으로 사용되는 수평형 에어커튼에서 공급되는 공기의 속도  $V_o$ [m/s]는 식(7)과 같이 제시되어 있다.<sup>(1)</sup>

$$V_o = \sqrt{\frac{2\Delta pf}{\beta_o \rho \epsilon}} \quad (7)$$

- $\Delta p$  : 실내외 압력차 [Pa]
- $f$  : 개구부에 대한 급기슬롯의 면적비
- $\beta_o$  : Boussinesq coefficient, 1.05~1.1
- $\epsilon$  : 에어커튼의 동적효율 계수, 0.1~0.35

위 식에서 밀도는 에어커튼에서 나오는 공기를 기준으로 하며, 위 식을 기준으로 하여 바람의 영향이 없는 경우 Fig. 1과 같은 조건에서 토출공기의 속도를 구해 보면 10.4 m/s정도이다.

## 2.2 해석 모델

수평형 에어커튼의 차단 효과를 해석하기 위하여 건물 주변에 공간을 최대한 확보하도록 하여 가로, 세로, 높이가 12 m×10 m×6 m인 외부 공간을 구성하고, 외부 공간 안에 대상건물을 Fig. 2와 같은 형상으로 설치하였다. 바람에 의한 영향을 고려하기 위하여 풍속 0 m/s, 2 m/s, 3 m/s일 때 출입구를 향하여 정면으로 불어오는 경우로 하였다. 해석은 3차원 수치해석 방법으로 약 290만 개의 셀로 이루어진 비정렬 격자를 이용하였고, 정상상태로 계산하였으며, SIMPLE 방법과 k-ε 난류모델을 사용하고, 급기슬롯의 난류강도는 0.05로 하였다. 이때 출입구에 설치된 에어커튼의 급기 슬롯과 흡입구 부분 그리고 실내 난방을 위한 급기구, 환기구 주변은 조밀한 격자로 구성하였으며, 급기슬롯의 토출풍속은 6 m/s에서 14 m/s까지 변화시켜 성능을 비교하고자 하였다. 에어커튼이 설치된 공간에서의 유동현상과 설치 후의 성능을 해석하기 위한 지배방정식은 식(8)~식(10)과 같은 연속방정식, 운동량방정식, 에너지방정식이다.

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right) + S_M \quad (9)$$

$$\frac{\partial u_j \rho h}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} k \frac{\partial T}{\partial x_j} + S_E \quad (10)$$

위 식에서  $u_i$ 는 속도성분,  $p$ 는 압력,  $T$ 는 온도,  $S_M$ 은 운동량 생성항,  $S_E$ 는 에너지 생성항이다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 출입구에서 토출공기의 회절

출입구 한 쪽에 수직으로 설치된 에어커튼의 슬롯을 통하여 수평 방향으로 공기가 토출하고, 토출구 맞은편에 수직으로 설치된 흡입구를 통하여 공기를 흡인한다. 토출구에서 나온 공기는 출입구를 가로질러 흡입구 방향으로 진행하면서 실내외 온도차로 인한 연돌효과와 풍압에 의하여 발생하는 압력차이 그리고 흡입구에서의 동압의 변화로 인하여 Fig. 2와 같이 출입구 상부의 공기는 바깥쪽으로 회절하

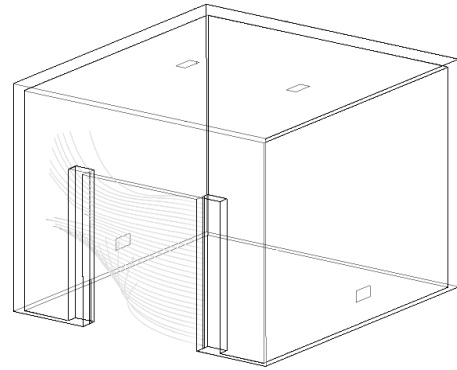


Fig. 2 Geometry of the building with the single-sided air curtain and stream line of the jet air for 6 m/s at the doorway(wind speed : 2 m/s).

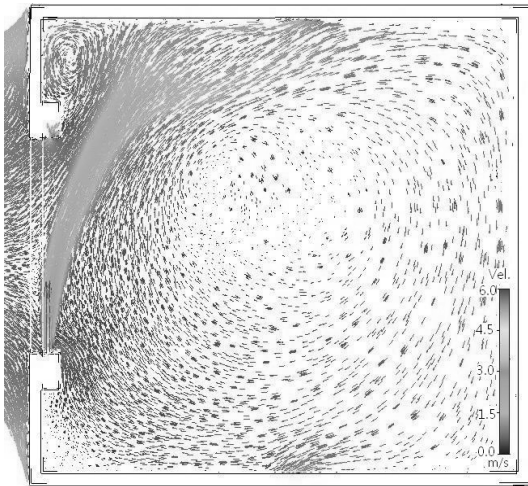
면서 나가고, 아래쪽의 공기는 실 안쪽으로 회절하면서 유동한다. 이는 Hayes and Stoecker<sup>(4)</sup>가 연구한 결과와 Luis et al.<sup>(6)</sup>이 연구한 결과에서 하향 토출형 에어커튼을 실내에 설치한 경우 아래 부분에서 토출기류가 안쪽으로 회절하는 현상과 동일하게 일어나는 것을 볼 수 있다.

Fig. 3(a)는 외부풍속 2 m/s, 급기슬롯의 토출풍속 6 m/s일 때 출입구 하부에서 토출공기의 유동상태를 나타낸 것으로 기류의 중심축이 실내 쪽으로 크게 굴절하며 유동하는 것을 볼 수 있다. 이때 토출슬롯의 맞은 편 쪽에서는 외부 공기가 유입되는 것을 볼 수 있다. 출입구의 상부에서는 Fig. 3(b)와 같이 밖으로 토출기류가 향함을 볼 수 있다.

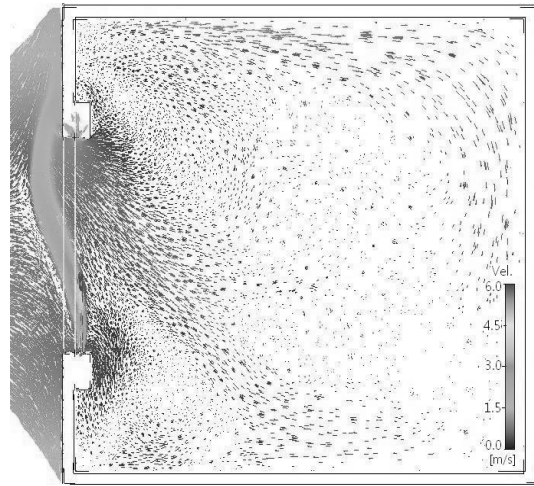
Fig. 4는 바람이 없는 경우 출입구 상부와 하부에서 에어커튼 토출기류의 유선을 토출 속도별 로 슬롯 폭  $b_o$ 에 대한 출입구 폭 방향으로의 거리  $w_s$ 와 출입구 안(+ )과 밖(-)의 방향으로의 거리  $x_s$ 에 대한 무차원수로 나타낸 것이다.

선도에서와 같이 출입구 상부에서는 바깥쪽으로 회절하고, 하부에서는 실내 쪽으로 회절하는 것을 볼 수 있다. 이때 슬롯에서의 토출속도에 따라 회절의 크기가 다르며, 출입구 상부에서는 6 m/s일 때에 비하여 토출속도가 8 m/s, 10 m/s, 12 m/s, 14 m/s로 빨라질수록 28%, 43%, 58%, 60% 정도 적게 회절하고, 아래 부분에서의 14%, 55%, 70%, 72% 적게 회절하는 것으로 나타났다. 이는 토출공기의 토출속도가 높으면 유동공기의 운동량이 커 회절현상이 작게 일어나고, 토출속도가 낮으면 운동량이 작아 회절현상이 크게 일어나는 것을 볼 수 있다.

Fig. 5, Fig. 6은 에어커튼 슬롯의 토출속도가 동



(a) 0.3 m above the floor



(b) 1.7 m above the floor

Fig. 3 Velocity vectors for 6 m/s jet velocity at the horizontal section (wind speed : 2 m/s).

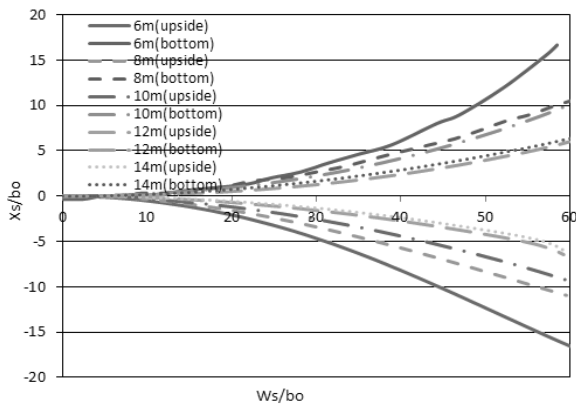


Fig. 4 Trajectory of the air flow for different jet velocities(wind speed : 0 m/s).

일할 때 바람의 영향을 받는 경우 출입구 상부와 하부에서의 휨의 크기를 나타낸 것이다. 외부에서 출입구를 향하여 바람이 부는 경우 실내의 온도차이로 인한 위아래 압력차에 풍압이 가산되어 출입구 부분의 압력을 변화시키게 된다.

Fig. 5는 슬롯의 토출속도가 6 m/s일 때 바람이 없는 경우와 있는 경우에 출입구의 폭 방향으로 토출기류가 이동하면서 회절하는 상태를 나타낸 것이다. 외부 풍속이 3 m/s가 되었을 때 출입구 상부나 하부에서의 회절량은 바람이 없는 경우에 비하여 거의 두 배 정도 크게 되는 것을 볼 수 있다. Fig. 6은 토출속도가 8 m/s일 때로서 외부 풍속이 3 m/s가 되었을 때 출입구 상부에서의 회절량은 바람이 없는 경우에 비하여 1.5배 정도 크게 되며, 하부에서의 회절량은 2.5배 정도 크게 나타나 하부에서의 회절현상이 더 심하게 일어나는 것을 볼 수 있다.

두 그림에서와 같이 출입구 상부에서 바람이 없는 경우 토출풍속이 6 m/s일 때와 8 m/s일 때의 회

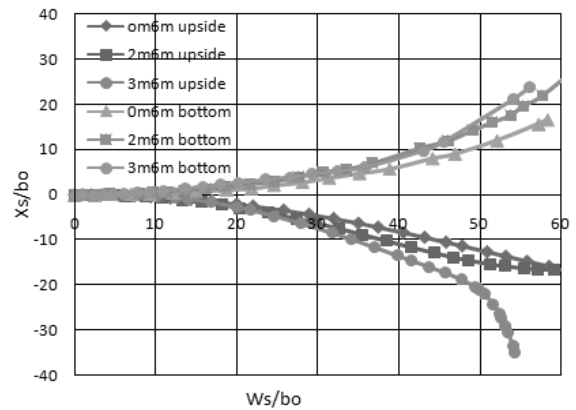


Fig. 5 Trajectory of the air flow for different wind velocities(jet velocity : 6 m/s).

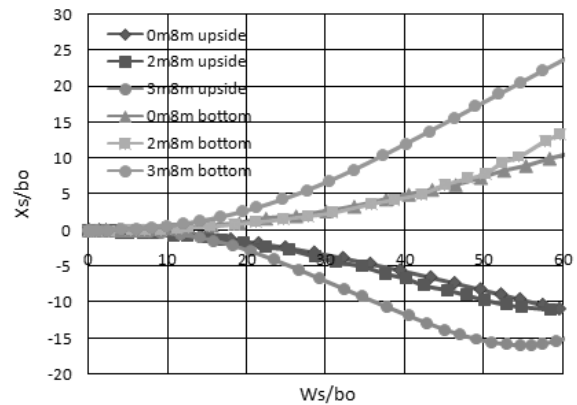


Fig. 6 Trajectory of the air flow for different wind velocities(jet velocity : 8 m/s).

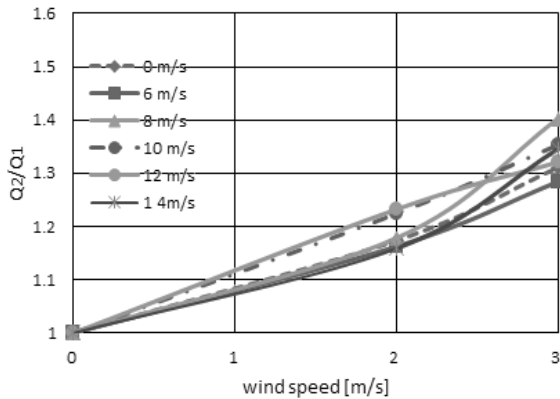


Fig. 7 Infiltration ratios of the room for various wind speeds.

절량을 비교하여 보면 8 m/s일 때가 30% 정도 작게 나타나는 것을 볼 수 있으며, 외부 풍속이 2 m/s일 때 토출풍속 8 m/s의 경우가 6 m/s인 경우에 비하여 35% 정도 작게 회절하는 것을 볼 수 있다. 외부 풍속 3 m/s일 때는 토출풍속 8 m/s의 경우가 55% 정도 작게 회절하는 것을 볼 수 있다. 출입구 하부에서는 바람이 없는 경우 토출풍속 8 m/s의 경우가 6 m/s인 경우에 비하여 40% 정도 작게 회절하고, 바람이 있는 외부 풍속 2 m/s일 때 토출풍속 8 m/s의 경우가 45% 정도 작게 회절 하는 것을 볼 수 있으며 풍속 3 m/s일 때는 8 m/s의 경우가 20% 작게 회절하는 것을 볼 수 있다. 여기에서 토출기류의 회절량은 토출풍속 빠르면 줄어들고 외부풍속이 빠르게 되면 커지는 것을 볼 수 있다.

Fig. 7은 외부 풍속이 변할 때 바람이 없는 경우에 비하여 침입외기량이 어느 정도 증가하는지 슬롯의 토출 속도별로 나타내었다. 외부 풍속이 바람이 없는 경우에서 2 m/s, 3 m/s로 높아질 때 각 토출속도별로 침입외기량의 증가 비율은 토출속도에 따라 크게 다르지 않고 각각 20%, 30% 정도 증가하였다.

### 3.2 차단효율

Fig. 8은 슬롯의 토출풍속이 6 m/s에서 14 m/s로 변화할 때 외기 풍속이 0 m/s인 경우와 2 m/s, 3 m/s인 경우 에어커튼의 외기 차단효율  $E$ 를 나타낸 것으로 각 풍속대에서 차단효율은 10%, 30%, 45% 정도로 나타났다. 이는 선행 연구<sup>(3)</sup>에서 하향토출형 에어커튼의 차단효율이 외부풍속이 5 m/s이고 슬롯의 토출풍속이 10 m/s, 14 m/s일 때 각각 약 80%, 78% 정도인 것과 비교하면 수평토출형 에어커튼의 차단 효율이 상당히 낮은 것을 알 수 있다. 이 형식

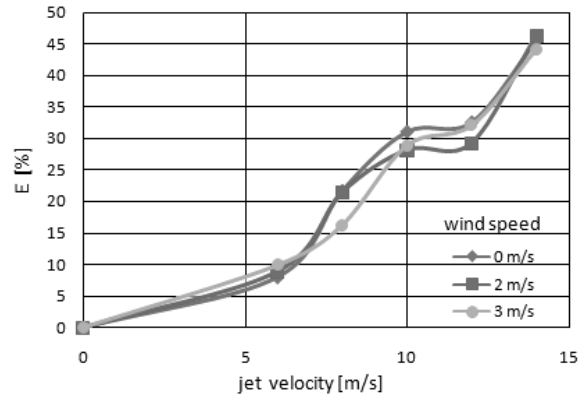


Fig. 8 Sealing efficiencies of the air curtain for different air jet velocities(wind speeds : 0 m/s, 2 m/s, 3 m/s).

의 에어커튼도 슬롯의 토출풍속이 증가하면 차단효율은 증가하나 차단 효율은 그다지 높지 않으며, 외부 풍속이 증가함에 따라 슬롯의 토출속도에 따른 차단효율은 비슷한 경향을 보이고 있다.

차단효율이 낮은 것은 Fig. 1과 Fig. 2에서와 같이 출입구 안쪽 상부는 양압 상태가 되어 슬롯의 수평 토출기류와 실내 공기가 바깥으로 회절하면서 빠져나가고, 하부에서는 부압이 형성되고 외부공기의 풍압 증가로 슬롯의 수평 토출기류가 실내 방향으로 크게 회절되면서 외기 유입현상이 크게 일어나 침입 외기량이 증가하는 것으로 보인다. 이를 개선하기 위하여 후속연구에서는 슬롯의 토출각도와 입구형태의 변화를 통해서 수평토출형에서의 차단효율을 높일 수 있는 방안에 대하여 연구할 예정이다.

그러므로 난방공간에서 에어커튼에 의한 외기차단효율은 일반적으로 수평 토출형이 하향 토출형보다 훨씬 낮은 것을 알 수 있다.

### 4. 결론

수평 토출형 에어커튼을 이용하여 난방공간에서 바람에 의한 영향과 슬롯의 토출풍속 변화에 따라 일어나는 외기의 차단 효과를 연구한 결론은 아래와 같다.

(1) 출입구 하부에서는 토출공기의 기류 중심축이 실내 쪽으로 크게 굴절하면서 토출슬롯의 맞은편에서는 다량의 외부 공기가 유입되고, 출입구의 상부에서는 기류중심축이 밖으로 굴절하면서 토출기류와 실내공기가 외부로 빠져 나감으로 에어커튼의 차단효율이 하향토출형보다 낮게 됨을 알 수 있었다.

(2) 출입구 상부에서 바람이 없는 경우 토출풍속이

6 m/s일 때와 8 m/s일 때의 회절량은 8 m/s일 때가 30% 정도 작게 나타나고, 외부 풍속이 2 m/s일 때는 35% 정도 작게 나타나며, 외부 풍속 3 m/s일 때는 55% 정도 작게 나타나고, 출입구 하부에서는 바람이 없는 경우 토출풍속 8 m/s의 경우가 6 m/s인 경우에 비하여 40% 정도 작게 회절하고, 바람이 있는 경우에는 외부 풍속이 2 m/s일 때 토출풍속 8 m/s의 경우가 45% 정도 작게 회절하며, 풍속 3 m/s일 때는 토출풍속 8 m/s의 경우가 20% 작게 회절한다. 여기에서 토출풍속 빠르면 토출기류의 회절량은 줄어들고 외부풍속이 증가하는 경우에도 회절현상을 줄이는 차단효과가 큼을 알 수 있다.

(3) 바람이 없는 경우에 비하여 외부 바람의 속도가 2 m/s, 3 m/s로 증가하였을 때 침입외기량의 증가비율은 슬롯의 토출속도에 크게 다르지 않고 각각 20%, 30% 정도 증가하였다.

(4) 여러 외부 풍속에 대하여 슬롯의 토출풍속이 6 m/s일 때 외기 차단효율은 10% 정도로 아주 낮고, 10 m/s, 14 m/s일 때는 약 30%, 45% 정도로 나타나 수평 토출형 에어커튼의 차단 효율이 하향 토출형 에어커튼에 비하여 훨씬 낮은 것을 알 수 있어 난방공간에 대한 에어커튼은 수평 토출형이 불리함을 알 수 있다.

## 후 기

이 연구는 2012년도 가천대학교 연구비 지원에 의한 결과임.

## 참고문헌

1. ASHRAE, 1999, ASHRAE Handbook, Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications, pp. 28.18-28.20.
2. Kai Sire'n., 2003, Technical dimensioning of a vertically upwards-blowing air curtain-part I, Energy and Buildings, Vol. 35, pp. 681-695.
3. Sung, S. K., 2009, Performance of downward-blowing air curtain in heating space considering external wind condition, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 7, pp. 417-423.
4. Hayes, F. C. and Stoecker, W. F., 1969, Design data for air curtains, ASHRAE Transactions, Vol. 75, pp. 168-179.
5. Foster, A. M., Swain, M. J., Barrett, R., D'Agaro, P., and James, S. J., 2006, Effectiveness and optimum jet velocity for a plane jet air curtain used to restrict cold room infiltration, International journal of refrigeration, Vol. 29, pp. 692-699
6. Luis, P. C., Neto, M. C., Silva, G., and Costa, J. J., 2006, On the use of infrared thermography in studies with air curtain devices, Energy and Buildings, Vol. 38, pp. 1194-1199.