

산업환기시설에서 사각형 후드의 내부 설치에 의한 유입손실 감소에 관한 연구

배현주 · 양원호* · 김종오** · 손부순***

서울대학교 보건대학원, 대구가톨릭대학교 산업보건학과,
동남보건대학 환경위생학과*, 순천향대학교 환경보건학과

A Study on the Reduction of Entry Loss by Inner Structure in Square Hood in Industrial Ventilation System

Hyun-Joo Bae · Won-Ho Yang · Jong-Oh Kim* · Bu-Soon Son

Department of Environmental Health, Graduate School of Public Health, Seoul National University

*Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu**

*Department of Environmental Sanitation, Dongnam Health College***

*Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University****

Abstract

An objective of local exhaust hood design is to design the hood to operate as efficiently as possible. The greatest loss normally occurs at the entrance to the duct, due to the vena contracta in the throat of the duct. This can be accomplished by minimizing the loss that results from the vena contracta. There have been little studied to be cost-effective approach as installing simple instrument inside the throat of the hood. The aims of this paper were to minimize entry loss using inner square, and to measure the effect of inner square when installed inside hood throat. The results of this study were as follows;

First, the magnitude of vena contracta could be considered as the difference between direct measured velocity and calculated velocity, which is from Bernoulli theory. In circle hood, calculated velocity and direct measured velocity were 10.7m/sec and 10.3m/sec, respectively. And the calculated velocity and direct measured velocity in square hood were 7.7m/sec and 6.5m/sec, respectively. Second, effect of inner square by width was carried out. The widths of inner square were L/1(18cm), L/2(9cm), L/3(6cm) and L/6(3cm). In case inner square was installed with 3cm width, the entry of coefficient was 0.93, comparing with 0.85 of entry of coefficient of general hood. Third, effect of inner square by distance from hood inside surface to inner square was carried out. The distances were L/3(6cm), L/6(3cm), L/9(2cm) and L/18(1cm). In case the distance was 3cm, the best efficiency was shown ($C_e = 0.93$). Fourth, effect of inner square by location from hood entry to duct inside was carried out. The locations of inner square were entry(0cm), L/6(3cm), L/3(6cm), L/2(9cm) and L/1(12cm). In case the location was 0cm, 3cm and 6cm, the entry of coefficients were 0.93, 0.92 and 0.90, respectively.

Keywords: Ventilation, Vena contracta, Inner square, Entry loss

I. 서 론

산업환기관 산업장 내의 오염된 공기를 외부로 배출하고 동시에 외부에 신선한 공기를 공급하는 환기를 말하여, 전체환기(general ventilation)와 국소배기(local exhaust ventilation)로 구분한다. 산업장에서 중요한 환기는 국소배기이다¹⁾. 또한 산업 환기는 작업장의 유해물질이나 고열을 자연적인 혹은 기계적인 방식에 의해 작업장 밖으로 제거하는 공학적인 기법으로서 대치나 격리로서는 도저히 불가능한 농도의 유해물질을 기준치 이하의 낮은 농도로 유지시킬 수 있어 쾌적한 작업환경 유지를 위해서는 반드시 필요한 공학적 방법이다²⁾. 일반적인 국소배기시설의 구성 요소는 후드(hood), 덕트(duct), 공기정화장치(air cleaning devices), 송풍기(fan), 배출구(stack)의 5가지로 이루어져 있다. 이 중 후드는 국소배기시설에서 가장 중요한 부분을 차지하고 있는데, 그 이유는 후드에서 오염물질이 충분히 포집 되지 않으면 그 이후의 설비가 아무 소용이 없어지기 때문이다. 따라서, 적절한 후드의 선택과 위치선정이 국소배기시설의 효율적인 작동여부를 판가름하는 중요한 요인이다³⁾.

국내 연구에 의하면 포위식 후드에서 작업자의 전면에 생기는 유동의 형태를 개선하기 위하여 새로운 디자인 선정 작업을 하였다. 외부의 디자인으로 여러 가지 형태의 플랜지(flange)를 부착하는 방법을 사용하였으며, 내부 디자인의 변화는 유입부가 원형의 곡면을 가지는 가이드 베인(guide vane)을 여러 가지 크기로 설치하는 방법을 채택하여 작업자 전면 속도분포가 증가하는 결과를 확인할 수 있었다⁴⁾.

일반적으로 가장 큰 손실은 덕트 목 부분에서 일어나는 Vena contracta 때문에 야기되는 후드의 유입부분에서 일어난다. Vena contracta의 증상은 일반적으로 후드 직경의 1/2 지점에서 발견된다. Vena contracta의 형성은 정압에서 속도압으로 전환과 속도압에서 정압으로 다시 전환됨으로써 나타난다. 즉, 처음에는 정압 에너지가 속도압으로 변환되면서 약간의 에너지를 손실을 초래하고, 공기가 Vena contracta를 지난 후 기류의 단면적이 확대되어 덕트를 채우게 되는데, 이때 기류속도는

감소되어 속도압은 정압으로 변환하면서 다량의 에너지를 손실한다. 정압에서 약 2%의 손실은 정압에서 속도압으로 전환되기 때문이며, 정압에서 더 큰 손실은 공기가 덕트를 채움으로서 Vena contracta의 정압에서 속도압으로 전환할 때 야기된다. Vena contracta 현상이 심할수록 후드의 유입손실은 증가한다⁵⁾.

국소배기의 목적은 가능한 최대한의 효율을 가질 수 있도록 후드를 설계하는 것이다. 이것은 Vena contracta로부터 야기되는 손실을 감소시킴으로써 성취될 수 있다⁶⁾. 국소배기시설에서 후드나 덕트의 유입손실을 줄이기 위하여 플랜지 부착 개구면, 원추형, 중형 등과 같은 연구들이 수행되었다^{7,8)}. 본 연구에서는 일반 개구면 내부에 간단히 내부 장치를 설치함으로써 유입손실을 줄이고 국소배기시설의 효율을 높이는 것이 목적이다.

II. 연구방법

1. 실험방법

본 연구의 국소배기시설은 후드의 형태가 일반 개구면으로 아크릴을 이용하여 가로 18cm 세로 18cm의 정사각형 단면적을 가진 길이 180cm의 일반 개구면의 후드 및 덕트와 직경 18cm의 원형 후드 및 덕트를 제작하였다. 변속할 수 있는 Fan을 덕트 끝 부분에 설치하였으며, 유속을 측정할 수 있는 피토크관(pitot tube: Dwyer Co.)은 한 변 길이의 6배 이상이 되는 120cm 지점에서 전압(total pressure: TP)과 정압(static pressure: SP)을 측정하고, 속도압을 계산하였다 <Fig. 1>. 실험 계획을 간략히 정리하면 다음과 같다.

첫째, 후드입구에 간단한 장치를 설치하는 것은 결국 Vena contracta를 감소시킴으로써 유입손실을 줄이기 위한 것이다. 본 연구는 후드내부에 간단한 장치를 Vena contracta에 설치함으로써 유입손실을 감소하기 위한 것이기 때문에, Vena contracta의 크기를 Bernoulli의 이론에서 유도하여 계산하였고 실측값과 비교하였다. 둘째, 후드입구 내부에 내부 사각형을 설치한 다음, 피토크관을 이용하여 속도압과 후드정압을 측정하여 유입계수(coefficient of entry; Ce)를 계산하였다. 내부 사

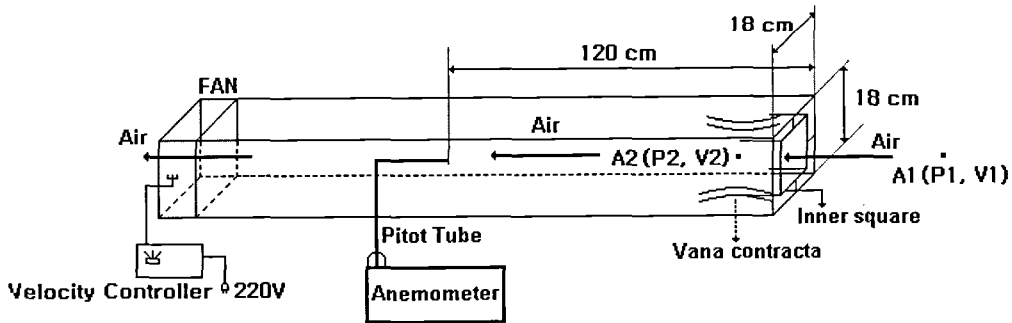


Fig. 1. Schematic of inner square installation.

각형을 설치했을 때와 일반 개구면의 효율을 유입 계수를 통하여 비교하였다.

1-1. Vena contracta 크기

그림 1에서 공기가 대기중(A1)에서 Fan의 작동에 의해서 후드 안쪽으로 유입된다. Vena contracta(A2) 부분의 단면적은 후드 단면적 보다 일반적으로 작다(Chen, 1996). 대기부분과 Vena contracta부분을 Fig. 1에서 각각 A1과 A2로 표시하였다. 대기부분(A1)과 Vena contracta부분(A2)에서 에너지 보전을 고려하면, 위치에너지, 속도에너지, 압력에너지의 합으로 나타낼 수 있는 Bernoulli의 이론을 적용할 수 있다^{9,10}.

$$Z + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} = Total\ Energy \quad (1)$$

공기의 밀도가 후드 안쪽으로 유입되는 동안 변하지 않는다고 가정하면, A1과 A2 사이의 에너지가 보전이 된다면 식 (1)은 식 (2)으로 나타낼 수 있다.

$$Z1 + \frac{V1^2}{2g} + \frac{P1}{\rho g} = Z2 + \frac{V2^2}{2g} + \frac{P2}{\rho g} \quad (2)$$

여기서, P= fluid static pressure at the cross section (N/m²), ρ= density of the flowing fluid

(kg/m³), g= acceleration due to gravity (m/sec²), V= mean velocity of fluid flow at the cross section (m/sec), and Z= elevation head of the center of the cross section (m).

후드 외부에서 후드로 공기가 유입될 때, 공기가 압축되지 않고 마찰손실이 없다면 그리고 A1과 A2가 같은 위치에서 측정되면, Z(위치에너지)는 무시될 수 있으며 식 (2)는 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{V1^2}{2} + \frac{P1}{\rho} = \frac{V2^2}{2} + \frac{P2}{\rho} \quad (3)$$

식 (3)에서 (P1-P2)는 A1과 A2 두 지점에서 압력차이며, A1은 대기중에서 유입되는 것이므로 V1은 매우 작은 값(≈0)으로 가정할 수 있다. 따라서, V2를 중심으로 식 (3)을 정리하면 식 (4)로 나타낼 수 있다.

$$V2 = \sqrt{\frac{2(P1 - P2)}{\rho}} \quad (4)$$

공기의 밀도를 1.2kg/m³으로 가정하면, A2에서 유속은 압력의 차이(P1-P2)를 측정함으로써 계산할 수 있다. 압력차이는 피토크를 이용하면서 A2에서 정압에 의하여 측정될 수 있다 <Fig. 2>.

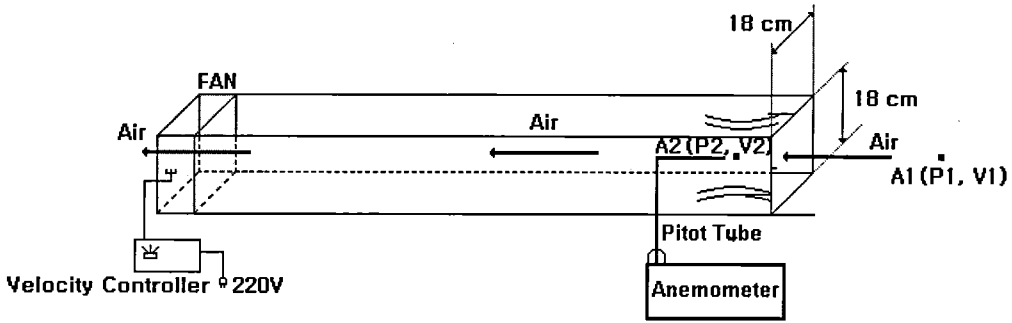


Fig. 2. Measurement of static pressure at Vena contracta using pitot tube.

그림 2에서 피토크관을 사용하면 속도압(VP)도 함께 측정될 수 있으므로, Vena contracta 부분의 속도가 측정될 수 있다. 또한 정압을 이용하여 식(4)에 의하여 계산된 속도와 비교하였다.

1-2. 내부 사각형 설치에 따른 후드유입손실

환기시스템에서 같은 위치라면 두 지점의 위치 에너지 Z는 식(1)에서 제거할 수 있다. 즉, 식(1)에서 $V^2/2g$ 는 속도압(VP)으로 $P/\rho g$ 는 정압(SP)으로 나타낼 수 있다.

$$VP + SP = TP \tag{5}$$

공기가 이동하려면 두 지점 사이에 압력차가 있어야 한다. 즉, 압력이 높은 지점에서 압력이 낮은 지점으로 힘이 작용하여 공기가 흐르게 된다. 속도압(velocity pressure, VP)이란, 정지상태의 공기를 일정한 속도로 흐르도록 가속화시키는 데 필요한 압력을 말하며, 공기의 운동 에너지에 비례한다. 공기속도(V)와 속도압(VP)과의 관계는 다음과 같다.

$$V = 4.043\sqrt{VP} \tag{6}$$

여기서, V: 공기속도 (m/sec), VP: 속도압 (mmH₂O).

공기를 후드나 덕트로 유입하려면, 1) 정지상태의 외부 공기를 일정한 속도로 움직이도록 ‘가속화

(acceleration)’하고, 2) 공기가 후드나 덕트로 유입될 때 발생하는 ‘난류(turbulent flow)’에 의한 압력손실을 극복해야 한다. 정지상태의 공기를 가속화시키는 데는 속도압(VP)에 해당하는 에너지가 필요하고 개구면에서 발생하는 ‘난류에 의한 압력손실’은 개구면의 모양에 따라 차이가 있다. 공기 가속화에 필요한 에너지와 난류에 의한 압력손실을 극복하기 위한 에너지를 합하여 후드정압(hood static pressure, SP_h)이라 하며, 다음 식으로 표현된다.

$$SP_h = VP + He \tag{7}$$

즉, 후드정압은 가속 에너지(속도압, VP)와 난류손실 또는 유입손실(entry loss, He)을 합한 것이다. 유입계수(coefficient of entry, C_e)의 정의는 다음 방정식과 같고, 만약 개구면에서의 유입손실이 전혀 없는 이상적이 후드가 있다면 C_e=1.0이 된다.

$$C_e = \sqrt{\frac{VP}{SP_h}} \tag{8}$$

Vena contracta의 형성의 결과는 환기시스템에서 전체 압력에서 에너지의 감소를 의미한다. 배기 후드의 목적은 가능한 효율적이도록 설계되어야 한다. 이것은 Vena contracta로 야기되는 손실은 최대한 감소시켜야 함을 의미한다. 후드유입손실(He)은 공기가 후드로 유입될 때 발생된다. 본 연구는 후드안쪽으로 아크릴로 제조된 내부 사각형

을 설치하여 유입손실을 감소시키기 위한 실험이다. 1) 내부 사각형 폭 크기에 따른 영향, 2) 후드 내부표면과 내부 사각형 사이에 거리에 따른 영향 및 3) 후드입구에서 덕트 안쪽으로 거리에 대한 영향이 연구하였다.

III 연구결과 및 고찰

1. 정압 측정에 의한 Vena contracta 크기

1-1. 원형후드 및 덕트에서 Vena contracta 크기

Vena contracta의 크기는 일반적으로 원형(직경:

18cm) 후드에서 1/2D(8cm)에서 가장 크다. 피토판을 이용하여 1/2D 지점에서 중앙을 중심으로 횡축과 종축의 일정한격으로 속도압(VP)과 정압(SP)을 측정하였다 <Table 1>. 측정결과를 보면 Vena contracta의 영향 때문에 1.5cm~16.5cm 이외의 부분에서는 VP의 측정치가 0에 가까움을 알 수 있다. 또한 SP의 측정치는 전 범위에서 비슷한 값을 보였다. Vena contracta를 고려하여 1.5cm~16.5cm의 사이의 평균 VP와 SP는 각각 6.55mmH₂O와 7.07mmH₂O를 나타내었다. 정압 7.07mmH₂O를 단위 환산하면 68.6N/m²이며, 식 (4)을 이용하여 계산된 Vena contracta 부분에서의 유속은 10.7m/sec였다. 그리고 실측에 의한 유속은 10.3m/sec였다. 즉, 정압을 이용하여 Vena contracta에서 속도를 예

Table 1. Velocity pressure and static pressure at Vena contracta (1/2L = 9cm) in each inner ring and square

Inner ring	VP	SP	Inner square	VP	SP
0.5cm (Vena contracta)	0.1	6.9	0.5cm (Vena contracta)	0	3.6
1.0cm (Vena contracta)	0	7.1~7.5	1.0cm (Vena contracta)	0	3.1~3.6
1.5cm	5.4	7.0	2.0cm (Vena contracta)	1.4	3.6
2.0cm	6.5	7.0	2.5cm (Vena contracta)	1.5	3.7
3.0cm	6.7	6.9	3.0cm	2.5	3.6
4.0cm	6.7	7.0	4.0cm	2.6	3.6
5.0cm	6.7	7.0	5.0cm	2.6	3.6
6.0cm	6.7	7.1	6.0cm	2.6	3.7
7.0cm	6.7	7.0	7.0cm	2.6	3.7
8.0cm	6.7	7.0	8.0cm	2.6	3.7
9.0cm	6.7	7.0	9.0cm	2.6	3.6
10.0cm	6.7	7.0	10.0cm	2.6	3.6
11.0cm	6.7	7.0	11.0cm	2.6	3.6
12.0cm	6.7	7.0	12.0cm	2.6	3.6
13.0cm	6.7	7.0	13.0cm	2.6	3.5
14.0cm	6.7	7.0	14.0cm	2.6	3.5
15.0cm	6.7	7.1	15.0cm	2.5	3.5
16.0cm	6	7.4	16.0cm	2.5	3.5
16.5cm	5	7.2	16.5cm	2.6	3.6
17.0cm (Vena contracta)	0	7.2	17.0cm(Vena contracta)	1.0	3.5
17.5cm (Vena contracta)	0	7	17.5cm(Vena contracta)	0	3.5
Mean (1.5~16.5cm)	6.55	7.07	Mean (3.0~16.5cm)	2.57	3.59

측할 수 있음을 알 수 있다. 속도압의 실측값(10.3m/sec)은 Bernoulli의 에너지 보전에서 유도된 계산값(10.7m/sec) 보다 다소 적었지만, 결국 실측값과 계산값의 차이는 유입손실에 따른 결과라 생각된다. 유입손실의 대부분은 Vena contracta이기 때문에 이 차이는 Vena contracta의 크기로 여길 수 있을 것으로 생각된다. 계산된 유속을 이용하여 Vena contracta 부분의 단면적은 덕트에서의 단면적과 속도를 이용하여 계산할 수 있다.

1-2. 사각형 후드 및 덕트에서 Vena contracta 크기

피토크를 이용하여 단면적 한 면의(L) 2/L 지점에서 단면의 중앙을 중심으로 횡축과 종축의 일정 간격으로 속도압과 정압을 측정하였다 <Fig. 2>. 측정결과를 보면 Vena contracta의 영향 때문에 3.0cm~16.5cm 이외의 부분에서는 VP의 측정치가 0에 가까움을 알 수 있다. SP의 측정치는 전 범위에서 비슷한 값을 보였다. Vena contracta를 고려하여 3.0cm~16.5cm의 사이의 평균 VP와 SP는 각각 2.57mmH₂O와 3.59mmH₂O를 나타내었다 <Table 1>. 원형 후드와 같은 방법으로 계산된 속도는 7.7m/sec였고, 실측된 속도는 6.5m/sec였다. 실측값(7.7m/sec)이 계산값(6.5m/sec)보다 적었다. 결국 실측값과 계산값의 차이는 유입손실에 따른 결과라 생각된다.

2. 내부사각형 설치 효과

2-1. 내부 사각형 폭 크기에 따른 영향

원형후드는 유입손실 감소를 위한 내부 원형(inner ring)을 설치하는데 어려움이 있어서 사각형 후드에 내부 사각형을 설치하여 유입손실 감소

를 측정하였다. <Fig. 1>과 같이 국소배기장치에 내부 사각형을 설치했을 때, 후드 입구 120cm 거리에서 피토크를 이용하여 정압과 전압을 측정하여 속도압을 계산하고 이에 따른 유입손실계수(Ce)를 구하였다 <Table 2>. Vena Contracta는 원형인 덕트에서 주로 1/2D 거리에서 가장 큰 크기를 나타내기 때문에 정사각형의 한 변의 길이(L:18cm)를 기준으로 내부 사각형의 폭을 L/1(18cm), L/2(9cm), L/3(6cm), 및 L/6(3cm)로 제작하여 설치하였으며, 각각의 전압과 정압을 측정하고 각각의 Ce를 계산하여 비교하였다. 후드 내부 표면과 내부사각형사이의 거리는 3cm (L/6)로 고정하였다. 계산된 Ce 값은 내부 사각형을 설치하지 않았을 때와 비교하였다.

본 실험에서 내부에 사각형을 설치했을 경우, 내부 사각형의 폭이 3cm 일 때가 가장 높은 효율(Ce= 0.93)을 보였다. 폭의 크기가 증가했을 때는 전반적으로 Ce 값은 낮아졌다. 그 이유는 내부에 설치된 내부 사각형의 폭이 커질 경우 그 사각형 내부 자체에서도 Vena contracta가 생길 수 있으므로 유입손실이 더 커질 수 있을 것으로 생각된다. 내부에 설치된 재질은 아크릴로 두께가 0.2mm였으며, 두께가 0.05mm인 함석판을 이용하여 같은 방법으로 실험하였다. 그 결과 0.05mm인 함석판의 폭이 3cm인 경우 Ce값은 비슷한 값인 0.94였다. 일반적으로 일반개구면의 Ce값은 대략 0.72이다¹²⁾. 본 실험에서 내부 사각형이 없는 일반 개구면의 Ce값은 0.85로 나타났다. 비교적 큰 차이를 나타내는 이유는 실험장소의 기류현상으로 높게 나타난 것으로 사료된다. 설치된 내부 사각형에서 가장 높은 효율은 내부 사각형의 폭이 3cm 일 때였으며, Ce값은 0.93을 나타내었다. 이 값은 일반 개구면과의 Ce값과 차이는 0.08였다. 산업장에 설치된 국소

Table 2. Effect of inner square by width

Location	L/1 (18cm)	L/2 (9cm)	L/3 (6cm)	L/6 (3cm)	No installation of inner square
VP	1.78	1.88	1.93	2.23	1.82
SPh	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5
Ce	0.83	0.85	0.86	0.93	0.85
He	0.82	0.72	0.67	0.37	0.68

Table 3. Effect of inner square by distance

Distance	L/3 (6cm)	L/6 (3cm)	L/9 (2cm)	L/18 (1cm)
VP	1.88	2.23	1.75	1.71
SPh	2.6	2.6	2.6	2.6
Ce	0.85	0.93	0.82	0.81
He	0.72	0.37	0.85	0.89

배기의 형태가 일반개구면이라면 간단히 내부 사각형을 설치하여 플렌지(flange)를 부착한 정도의 효과를 나타낼 수 있을 것이다¹¹⁾.

2-2. 후드 내부표면과 내부 사각형 사이의 거리에 따른 영향

결과 2-1에서 가장 좋은 효율을 보인 것은 내부 사각형의 폭이 3cm였다. 따라서, 내부 사각형의 폭을 3cm로 고정하고 후드내부 표면과 내부 사각형 사이의 거리를 정사각형의 한 변의 길이(L)을 기준으로 L/3(6cm), L/6(3cm), L/9(2cm) 및 L/18(1cm) 크기로 제작한 후 각각 전압과 정압을 측정하였다. 각각의 유입손실계수를 계산하여 그 결과를 비교하였다 <Table 3>.

본 실험의 결과를 보면, 후드에서 내부 사각형의 한 변의 거리가 L/6(3cm) 일 때 가장 좋은 효율 (Ce= 0.93)을 나타내었다. 후드 단면적의 크기에 비해서 내부 사각형이 너무 작거나 너무 크면 유입손실 감소에 영향이 없으며 손실을 더욱 야기시킬 수 있음을 알 수 있다.

2-3. 후드입구에서 덕트안쪽으로 거리에 대한 영향

결과 2-1과 2-2에서 효율이 가장 좋은 내부 사각형은 폭이 3cm이었으며, 내부 사각형의 한 변의

길이가 6cm일 때였다. 따라서, 내부 사각형의 폭이 3cm이고 가로 세로의 길이가 6cm인 내부 사각형을 후드입구에서 덕트 안쪽으로 입구(0cm), L/6(3cm), L/3(6cm), L/2(9cm) 및 L/1(12cm)인 곳에 설치하여 효율을 비교하였다 <Table 4>.

본 실험의 결과에서 후드입구(0cm)에서 내부 사각형의 설치했을 경우가 효율이 가장 좋았으며 후드입구에서 3cm (Ce= 0.92) 및 6cm (Ce=0.90) 거리에 설치된 내부 사각형도 효율이 높은 것으로 나타났다.

IV. 결 론

본 연구에서는 국소배기시설에서 후드나 덕트의 유입손실을 줄이기 위하여 실험실 수준으로 설치된 후드 및 덕트시스템에서 내부에 간단한 사각형 장치를 부착하여 그것에 따른 유입손실 감소에 대한 연구를 하였으며 이에 따른 영향을 보고자 하였다. 또한 후드유입손실에 가장 큰 영향을 주는 Vena contracta의 크기를 Bernoulli의 이론을 적용하여 정압측정에 의한 계산값과 실측값을 비교하였다. 본 연구는 후드입구에 간단한 내부 사각형의 영향을 실험한 연구로서 차후에 작업현장에 적용한 연구가 더 필요할 것이다. 연구결과는 다음과 같다.

Table 4. Effect of inner square by location

Location	L/1 (18cm)	L/2 (9cm)	L/3 (6cm)	L/6 (3cm)	Entry of hood (0cm)
VP	1.79	1.75	2.11	2.20	2.23
SPh	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Ce	0.83	0.82	0.90	0.92	0.93
He	0.81	0.85	0.49	0.4	0.37

- 1) Bernoulli 이론에서 유도된 식을 이용하여 Vena contracta 부분의 속도를 예측할 수 있었다. 원형 후드에서 계산값(10.7m/sec)과 실측값(10.3m/sec)은 약간의 차이를 보였으며, 사각형 후드에서도 계산값(7.7m/sec)과 실측값(6.5m/sec)을 보였다. 각각에서 예측값과 실측값의 차이를 Vena contracta의 크기로 생각할 수 있었다.
- 2) 설치된 내부 사각형의 폭에 대한 영향이 정사각형의 한 변의 길이(L:18cm)를 기준으로 L/1(18cm), L/2(9cm), L/3(6cm), 및 L/6(3cm)의 폭을 가진 내부 사각형을 설치하여 각각의 전압과 정압을 측정하고 각각의 유입손실계수를 계산하였다. 내부 사각형의 폭이 3cm 일 때가 가장 높은 효율(Ce= 0.93)을 보였으며, 일반개구면에 플랜지를 부착한 정도의 효과를 보였다.
- 3) 내부 사각형의 폭은 3cm로 고정하고 후드 내부 표면과 내부 사각형 사이의 거리를 정사각형의 한 변의 길이(L: 18cm)를 기준으로 L/3(6cm), L/6(3cm), L/9(2cm) 및 L/18(1cm) 하였다. 후드 내부표면과 내부 사각형의 거리가 L/3(3cm) 일 때, 즉 내부 사각형의 한 변의 길이가 6cm 일 때 가장 좋은 효율 (Ce= 0.93)을 나타내었다. 후드 단면적의 크기에 비해서 내부 사각형이 너무 작거나 너무 크면 유입손실 감소에 영향이 없으며 손실을 더욱 야기시켰다.
- 4) 내부 사각형의 폭이 3cm이고 가로 세로의 길이가 6cm인 내부 사각형을 후드입구에서 덕트 안쪽으로 입구(0cm), L/6(3cm), L/3(6cm), L/2(9cm), L/1(12cm)인 곳에 설치하여 효율을 비교했을 경우, 후드입구(0cm)에서 내부 사각형의 설치했을 경우가 효율이 가장 좋았으며 후드입구에서 3cm 및 6cm 거리에 설치된 내부 사각형도 효율이 높은 것으로 나타났다.
2. 한돈희 : 일부 탈지세척 및 도금공정 국소배기 장치의 성능점검과 개선방안. 한국산업위생학 회지 1998; 8(2): 178-185.
3. 심광진, 정동인, 오세민 : 국소배기장치 효율 향상에 관한 실험적인 연구, 한국산업안전공단, 1993.
4. 이민철 : 페인트 스프레이용 후드에 효율 향상에 관한 연구. 서울대학교 석사학위 논문, 2000.
5. American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH) : Industrial Ventilation - A Manual of Recommended Practice. 22nd ed. Cincinnati, ACGIH, 1995.
6. Kim, T.H. and Flynn, M.R. : Modeling a worker's exposure with a hand-held source in a uniform freestream. American Industrial Hygiene Association Journal, 52(11), 458-463, 1991.
7. Burton D.J.: Industrial Ventilation - A Self-Directed Learning Workbook, 1994.
8. Goodfellow, H.D. : Advanced Design of Ventilation System for Contaminant Control. Elsevier, 1995.
9. Infiltration and Ventilation Centre : Air Flow Patterns within Buildings Measurement Technique, Technical Note AIVC 34. Great Britain, 1991
10. Kulmala, I. : Numerical simulation of unflanged rectangular exhaust opening. American Industrial Hygiene Association Journal, 56, 1099-1106, 1995
11. Kim, T.H. and Flynn, M.R. : The effect of contaminant source momentum on a workers breathing zone concentration in a uniform freestream. American Industrial Hygiene Association Journal, 53(12), 757-766, 1991.
12. Chen, C.C. and Baron, P.A. : Aspiration efficiency and inlet wall deposition in the fiber sampling cassette, AIHA Journal, 57, 142-152, 1996.

참 고 문 헌

1. 백남원 : 산업위생학 개론. 신평출판사, 1995.