

클린룸의 기류 균일성에 대한 연구

(제 11 회 공기청정과 오염제어에 대한 연구대회 논문집에서)

자 료 제 공
럭키엔지니어링(주)

1. 서론

수직整流型 클린룸에 있어서는 실내에서 발생된 오염물을 신속하게 배출하여 청정도를 유지하기 위해 일반적으로 $\pm 10\%$ 이내의 균일한 기류분포가 요구된다.

기류의 균일성에 영향을 미치는 요소로서는

- ① 급기 챔버로 가는 취출풍속
- ② 급기 챔버의 높이와 내부 길이와의 비
- ③ HEPA 필터의 압력 손실 특성 등이 고려된다.

기류의 균일성에 관한 연구 축적으로서는 前田, 田中 등의 연구와 高橋 등의 연구가 보고되고 있다. 前田, 田中 등은 바닥의 개구율 및 실의 길이 등에 의한 풍향의 변화에 대해서 모형실험 및 기류해석을 실시하고 있지만, 전술의 급기 챔버 특성에 따른 풍속의 불균일 분포에 대해서는 검토가 필요하다. 또 高橋 등은 HEPA 필터 취출풍속, 급기 챔버 높이 등을 파라미터(parameter)로 하여 풍속분포의 불균일도를 해석하는 Program의 개발

(Case study)에 대해서 보고하고 있다. 그러나 그 해석 결과에 대해서 실험적 검증을 실시하고 있지 않는 것이 현재의 상태이다.

그래서 본 연구에서는 모형실험을 실시, 급기 챔버의 높이, 챔버로 가는 취출풍속, 필터의 저항이 클린룸기류 균일성에 미치는 영향에 대해서 검토하는 것이 목적이다.

2. 실험장치

실험에는 1/10모형을 사용하였다. Fig 1에 나타난 바와 같이 노즐(높이 $H_n: 50 \sim 150\text{mm}$)에서 급기 챔버(높이 $H_s: 195 \sim 337\text{mm}$)로 송풍하여 천정취출 바닥흡입으로 한 수직 整流型 클린룸이다.

클린룸의 크기는 $1920L \times 480W \times 270H(\text{m/m})$ 이다. 즉 클린룸 축소 모형 실험에서는 HEPA 필터의 축소가 곤란하다. 저항과 속도 관계가 선형으로 되어 속도가 넓은 범위에서, 저항과 속도의 관계는 직선화와 직선의 구배를 일치시키지 않으면 안되기 때문이다.

이것에 관한 각종 검토를 한 결과 Fig 2와

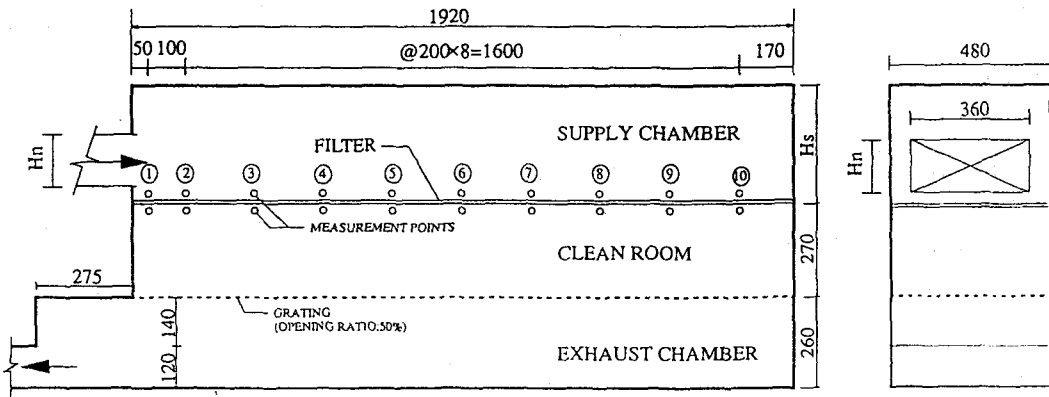


Fig. 1 Sections of the clean room model

같이 HEPA 필터에 상당하는 유사 필터를 개발하였다. 그림과 같이 저압손 필터 등도 용이하게 재현할 수 있다.

3. 실험방법

Fan에서 노즐을 거쳐 급기 챔버로 송풍하고, 10대의 Manostar Gauge (Yamamoto Electric Works Co. Wo-80형)을 사용하여, Fig 1에 표시된 측정점 ①~⑩에 대한 필터상하의 차압을 동시에 측정하였다. Fig 3은 시스템 개요이다.

실험조건은 다음과 같다.

- 1) Fan의 송풍량 : 0.092, 0.277, 0.462m³/s 3종류, 이에 따른 클린룸 내의 평균 풍속(풍량/천정 면적)은 각각 0.1, 0.3, 0.5m/s
- 2) 급기 챔버 높이 Hs : 337, 195mm 2종류
- 3) 급기 노즐 높이 Hn : 150, 50mm 2종류
노즐의 높이 변경에 따라서 챔버로 가는 급기 풍속을 변화시켰다.
- 4) 필터의 종류 : C, E, F 3종류
- 5) 소음기의 유무 : 소음기를 설치하는 장

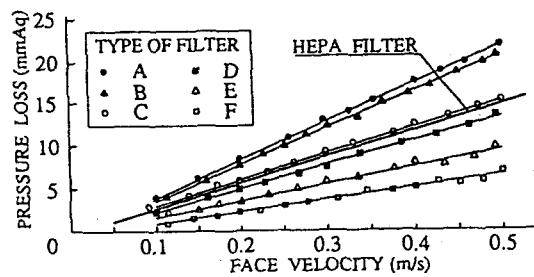


Fig. 2 Relations between pressure loss and face velocity for dummy filters

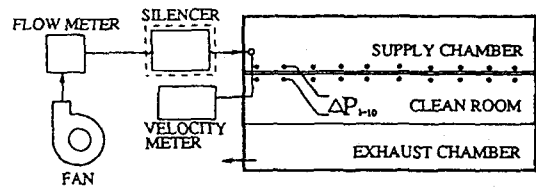


Fig. 3 Measurement of pressure loss distribution in the clean room model

소와 설치하지 않는 장소의 경우

4. 실험결과

우선 소음기가 없는 경우, 필터-C (HEPA 필터에 상당). 급기 챔버 높이 337mm, 급기 노즐 높이 150mm 때에 각측정점에 대한 차압분포를 Fig 4에 나타내었다.

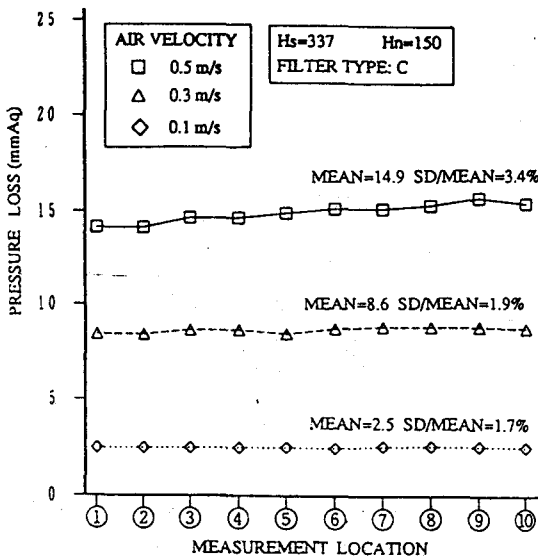


Fig. 4 Pressure loss distribution

그림중에 실내평균 풍속 0.1, 0.3, 0.5m/s (노즐에 의한 취출 풍속은 각각 1.7, 5.1, 8.6m/s)의 3가지를 나타내고 있지만 어느것의 경우도 SD/MEAN (표준편차/평균치)은 5% 이내로 되고 있다. 이것은 급기 챔버도 높이 비율, 노즐의 취출 풍속도 비교적 낮기 때문에 필터면에 대해서 균일한 압력분포를 얻을 수 있다고 생각된다.

다음으로 급기 챔버 높이를 195mm로 낮

추고 그외의 조건은 변경하지 않은 경우의 차압분포를 Fig 5에 나타내었다. Fig 4와 비

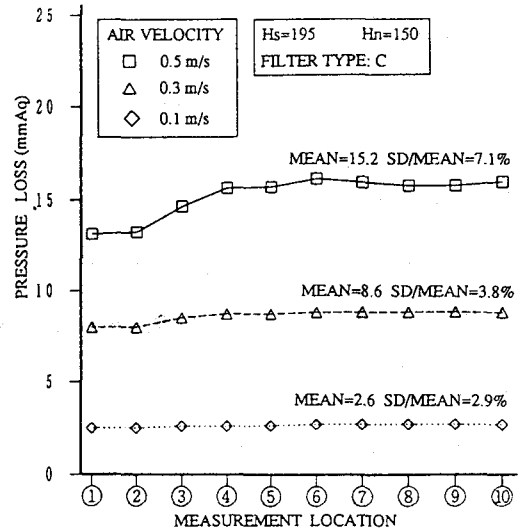


Fig. 5 Pressure loss distribution

교하여 SD/MEAN이 약간 크게 되고 노즐부근에서는 평균치 보다 적다. (실내 평균 풍속 0.5m/s의 경우) 전체와 비교하여 균일한 분포(SD/MEAN=7.1%)로 되고 있다. 노즐부근에서는 차압이 적은 것은 유인현상의 발생 때문이라고 생각할 수 있다. 또 高橋 등에 의해서 챔버가 작은 만큼 기류의 불균일성이 발생하기 쉽다고 하는 해석 결과가 보고되고 있지만, 본 연구의 실험결과도 같은 경향을 보여 주고 있다.

Fig 6은 급기 챔버 높이를 337mm로 하고, 노즐 높이를 50mm로 작게 할 때의 각 측정점에 대한 차압분포를 나타낸 것이다. 실내 평균 풍속 0.5m/s의 경우를 보면 SD/MEAN이 7.4% 정도이며 이것보다 큰 분포도는 없다고 생각할 수 있다.

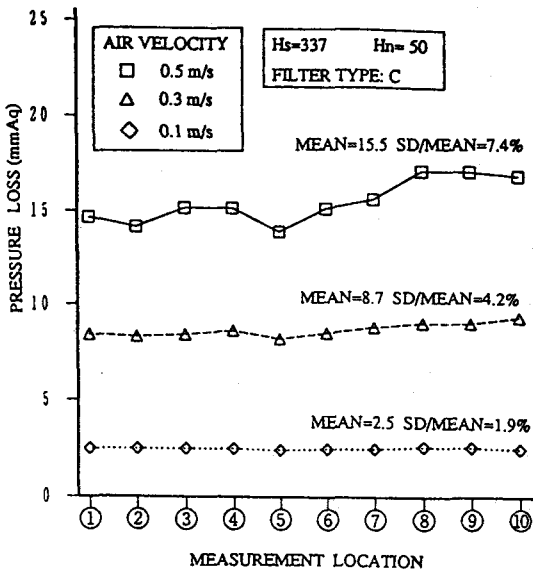


Fig. 6 Pressure loss distribution

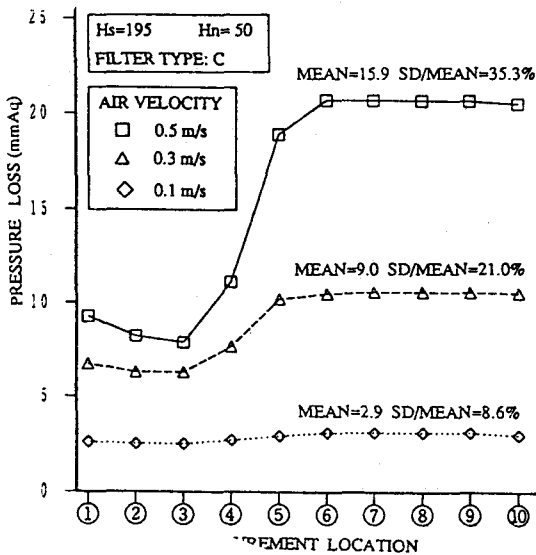


Fig. 7 Pressure loss distribution

다음에는 동시에 급기 챔버 높이를 195mm, 노즐 높이를 50cm로 낮추는 경우, 각점의 차압 분포를 Fig 7에 나타내었다.

실내평균 풍속 0.3, 0.5m/s(대응하는 노즐

취출풍속은 15.4, 25.7m/s)때는 차압분포가 크게 나타나고 있으며 SD/MEAN이 각각 21.0%, 35.3%로 되고 있다. 이것은 급기 챔버가 작고, 노즐취출풍속이 크다고 하는 2개의 요소가 동시에 영향을 주기 때문에, 기류가 불안정한 상태로 되기 쉽다고 생각할 수 있다.

필터의 압력 특성이 기류 분포의 균일성에 미치는 영향을 파악하기 위해 필터의 종류를 parameter로 하여 각측정 점의 차압분포를 조사했다.

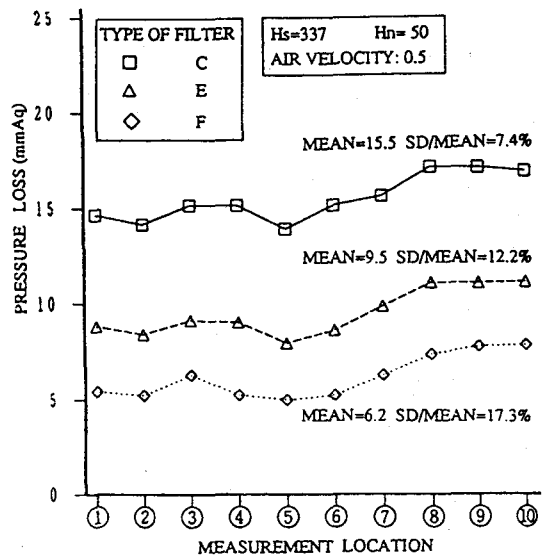


Fig. 8 Pressure loss distribution for different filters

Fig 8은 급기 챔버 높이 337mm, 노즐높이 50mm, 실내 평균 속도 0.5m/s 경우의 실험결과이다. 필터 압손이 감소함에 따라 SD/MEAN은 증대하고 압력분포의 폭은 큰 것을 알 수 있다. 이것에 대해서도 高橋 등의 계산결과와 일치한다. 따라서 저압손 필터를 사용할 때에 균일한 기류분포를 얻기 위해서 상세한 검토를 할 필요가 있다.

노즐 상류에 소음기(기류에 대한 유효 단면적 0.04m²)를 설치한 경우의 각 측정점의 차압 분포를 Fig 9에 나타내었다. 측정조건으로써 필터는 C종류, 챔버 높이 337mm, 노즐높이 150mm이었다. 소음기를 설치하지 않은 경우(Fig 4)에 비교하여 SD/MEAN은 비교적 크게 되고 있다.

소음기 설치는 기류분포의 균일성에 영향을 주는 것이 명확하며 이것은 소음기의 유효단면적이 적어, 풍속이 크게 되기 때문이라고 생각할 수 있다.

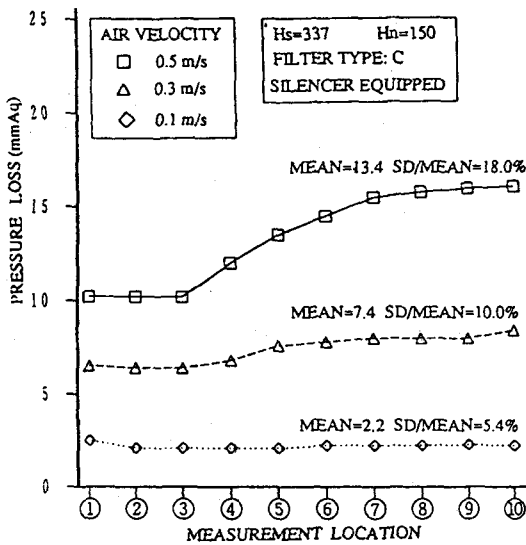


Fig. 9 Pressure loss distribution while sound silencer equipped

5. 결론

본 연구에서는 1/10모형을 사용하여 급기 챔버의 높이, 급기 노즐의 높이, 필터의 저항 특성 및 소음기의 설치가 클린룸기류의 균일성에 주는 영향에 대해서 실험적 검토를 실시하였다. 결과는 다음과 같다.

① 급기 챔버 높이 HS 337mm, 급기노즐 높

이 Hm 150mm의 경우 SD/MEAN이 5% 이내의 균일한 차압분포를 얻을 수 있었다.

② Hs, Hn 어느 것을 낮춘 경우에는 SD/MEAN이 약간 증대한 것과 전체로서는 균일한 차압 분포비율을 보여 주었다. 이것에 대해서 Hs, Hn을 동시에 낮춘 경우에는 SD/MEAN이 35%정도로 대단히 불균일한 차압 분포가 되었다.

③ 필터의 압력손실이 작은만큼 차압 분포의 폭은 큰것으로 되는 것이 명확하게 되었다.

④ 소음기의 설치는 차압분포의 균일성에 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 급후는 노즐 취출풍속과 급기 챔버 높이와의 조합이 기류 균일성에 미치는 영향에 대해서 정밀한 검토를 할 필요가 있다.

— 참고 문헌 —

1. 前田眞之, 竹浪敏人, 田中皇:クリーンルーム内の氣流適正化に關する研究(第1報)-垂直層流刑クリーンルームの氣流狀態, 第5回空氣清淨とコソタミネーションコソトロールに關する技術大會ア稿集, p.115~118, 1986.4
2. 田中皇, 前田眞之, 齊木篤:クリーンルーム内の 氣流適正化に關する研究(第2報)-床の通風抵抗を考慮したクリーンルーム氣流解析, 第5回空氣清淨とコソタミネーションコソトロールに關す技術會ア稿集, p. 119~122, 1986.4
3. 高橋惇, 伊舎雄偉, 岡田孝夫:垂直層流型クリーンルームの形狀と氣流分布の不均一度, 第8回空氣清淨とコソタミネーションコソトロールに關する技術大會ア稿集, p. 233~237, 1989.4