

## PD4) 다단 다공성 플레이트 집진 시스템의 최적 설계에 관한 연구

### A Study on the Optimal Design of Multistage Porous Plate System

조용수 · 김경동 · 이현종 · 여석준  
 부경대학교 환경시스템공학부

#### 1. 서 론

대기오염의 심각성으로 인해 대기오염물질 배출규제가 더욱 더 강화되어짐에 따라 각 산업체에 설치되어 있는 대기오염방지시설의 교체 및 보관을 위한 저비용·고효율 집진장치의 개발이 절실히 요구되고 있으며, 이에 따른 연구개발이 국내·외적으로 활발히 진행되고 있다. 현재 사용되고 있는 고효율 집진장치로는 여과 집진장치와 전기 집진장치가 있으나 각각 장·단점을 가지고 있어 이를 개선하기 위한 연구가 필요한 실정이다. 본 연구에서 수행하는 다단 다공성 플레이트 시스템은 분진을 포함한 가스가 hole을 통과하면서 빠른 속도의 분사류를 형성하여 다음 단의 집진면을 향하게 되며, 이때 일정한 관성력 이상의 입자는 집진면에 충돌하여 퇴적된다. 충돌되지 않은 입자는 유선을 따라 다음 단으로 움직이게 되며, 이 때 일부 미세 입자는 플레이트 사이에 형성된 재순환 유동에 의한 난류 확산에 의해 플레이트의 후면에 부착·집진된다. 본 연구에서는 이러한 다공성 플레이트를 2단 이상 배열하여, 반복되는 관성 및 난류 확산 효과에 의해 높은 집진 효율을 가질 것으로 생각되는 다단 다공성 플레이트 시스템의 특성을 분석하였다. 이는 구조적인 단순함과 높은 처리 유속에 의한 대유량 처리의 용이함 및 고효율의 장점을 가질 것으로 생각되며, 이의 특성 분석을 위해 유입유속, 전기력, hole 수, hole 직경, stage 수 및 플레이트 간격 등의 변수에 따른 다단 다공성 플레이트 시스템의 집진 효율 및 압력손실 변화 특성에 대한 실험 및 수치적 해석을 수행하였으며, 이를 통해 다단 다공성 플레이트 집진 시스템의 최적 설계를 위한 인자들 사이의 관계를 연구하였다.

#### 2. 연구 방법

본 실험장치는 분진입자의 관성력에 의한 impaction 효과를 이용한 집진장치로서 사각형의 장치 본체에 다공성 플레이트를 교차시켜 첫 단의 hole을 통과한 입자들이 다음 단의 집진면에 충돌·집진되는 형태이다. 장치 본체의 재질은 acryl 플레이트를 사용하였으며, 유입유속 1.0~1.2 m/s를 적용하여 처리유량이 0.612~0.734 m<sup>3</sup>/min이 되도록 설계하였다. 본 시스템은 크게 실험장치 본체, 다공성 플레이트, 분진 공급장치, 처리 가스가 통과하는 덕트 유로 및 처리유량을 조절하는 흡입 송풍기와 계측시스템으로 구성되며 유입유속, 압력손실 및 집진효율은 각각 Anemometer(model 6621, Kanomax LTD.), Micromanometer(FCO 332, Furness Controls LTD.) 및 APS(Aerodynamic Particle Sizer, TSI Inc.)를 사용하여 측정하였다. 그림 1은 본 집진장치의 전체 시스템에 관한 모식도이다.

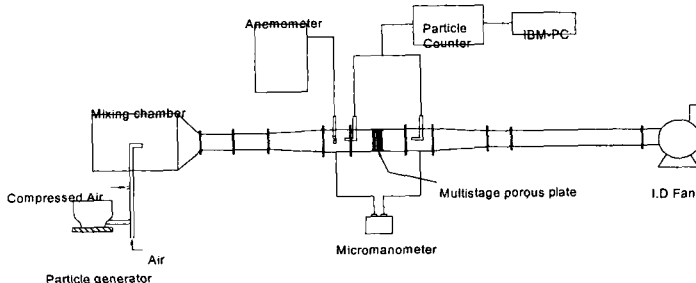


Fig. 1 Schematic diagram of multistage porous plate experimental apparatus.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 다단 다공성 플레이트 시스템에서 1~5 단으로 stage 수 증가에 따른 압력손실 특성에 대한 실험 및 수치 시뮬레이션 결과를 나타낸 것으로, 유입 유속 증가에 따라 압력손실 증가 구배는 커짐을 볼 수 있다. 실험치에 비하여 수치 시뮬레이션에 의한 예측치가 전반적으로 다소 높은 결과를 보이며, 1~5 stage로 stage 수가 증가할수록 실험치와 수치 예측치의 차이는 다소 증가하지만, 다단 다공성 플레이트 시스템에서 유입 유속 증가 및 단수 증가에 따른 압력손실의 변화 추이는 수치 시뮬레이션에 의해 비교적 정확히 예측할 수 있음을 볼 수 있다. 그림 2는 수치 시뮬레이션에 의한 난류 순간 요동 속도의 효과를 고려한 경우의 집진 효율로서 플레이트 간격이 증가할수록 난류 확산에 의한 미세 입자의 집진 효율 향상 효과가 더욱 크게 나타남을 볼 수 있다. 그림 3은 실험에 의한 입경별 집진 효율 그림으로서 수치 시뮬레이션에 의한 예측과 같이 플레이트 간격이 증가함에 따라 집진 효율이 감소하는 경향을 보인다. 그림 4는 총괄 집진 효율의 변화를 평균 유동 및 난류 순간 요동 속도를 고려한 경우에 대하여 나타낸 것이다. 플레이트 간격이 증가함에 따라 mean flow에 의한 관성력에 의한 집진 효과는 큰 폭으로 감소하는 반면 난류 확산에 의한 집진 효과가 높아져 전체 집진 효율면에서는 약간의 감소만을 보인다. 다단 다공성 플레이트 집진 시스템에서 고효율을 얻기 위해서는 높은 유입 유속에 의한 관성 충돌 및 난류 확산의 효과의 증대가 중요하지만, 압력 손실 문제 및 수치 시뮬레이션에서는 고려되지 않은 입자 파쇄 및 재비산의 문제를 고려한 적절한 유입 유속의 결정 및 hole 직경에 의한 플레이트 배열과 조합이 매우 중요할 것으로 생각된다.

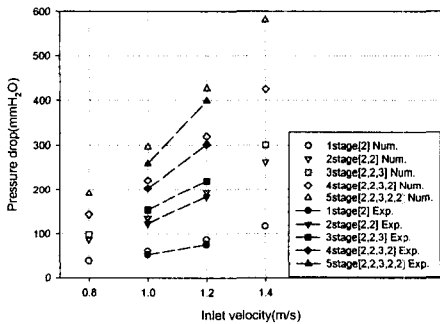


Fig. 2 Pressure drop with stage number.

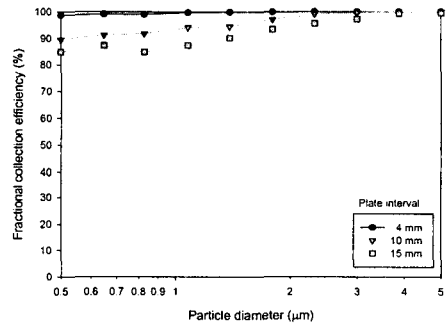


Fig. 3 Fractional collection efficiency(numerical results).

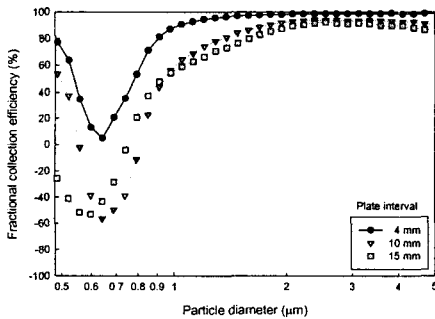


Fig. 4 Fractional collection efficiency(experimental results).

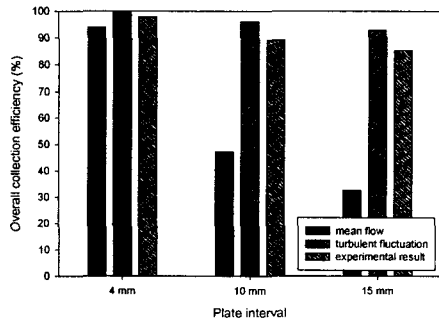


Fig. 5 overall collection efficiency.

### 참고 문헌

Marko Mårjanaki, Jorma Keskinen, Da-Ren Chen and David Y. H. Pui. (2000) Performance evaluation of the electrical low-pressure impactor(ELPI), J. Aerosol Sci. 31(2). 249~261