

충격기류식 여과집진장치의 펄스간격 및 분사거리에 따른 압력손실변화에 관한 기초 연구

서 정 민 · 최 금 찬 · 박 정 호*

밀양대학교 환경공학과, *동아대학교 환경공학과, **진주산업대학교 환경공학과
(2003년 12월 2일 접수; 2004년 3월 19일 채택)

A Study on the Pressure drop Variance of Pulse interval, injection distance in Pulse Air Jet Type Bag Filter

Jeong-Min Suh, Kum-Chan Choi* and Jeong-Ho Park**

Dept. of Environmental Engineering, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea

*Dept. of Environmental Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

**Dept. of Environmental Engineering, Chinju National University, Jinju 660-758, Korea

(Manuscript received 2 December, 2003; accepted 19 March, 2004)

The change of pressure drop according to the change in the inlet concentration, pulse interval, and injection distance of pulse air jet type bag filters, and the effect of venturi installation are as follows.

The pressure drop with the range of 30 to 50mmH₂O varies according to the injection distance with 30, 50, 70, 90sec and the inlet concentration of venture built-in fabric filters. For the lower concentration of 0.5g/m³ and 1g/m³, the pressure drop(ΔP) was stable 60 to 90minutes after operation. For the higher concentration of 3g/m³, as ΔP continues to go up, pulse interval should be set shorter than 30 seconds.

The pressure drop with the injection distance of 110mm, when inlet dust concentration is 0.5g/m³ or 1g/m³, is 1.3 to 2 lower than with the injection distance of 50, 160, and 220mm, which means that the inflow amount of the secondary air by the instant acceleration is large. The injection distance of 2g/m³ and 3g/m³ has the similar pressure distribution. The higher inlet concentration is, the more important pulse interval is than injection distance.

The pressure drop has proved to be larger when inlet concentration is lower and injection distance closer, on condition that the venturi is installed. The change in the pressure drop was smallest when injection distance was 50mm, followed by 220mm, 160mm, and 110mm.

Key Words : Pressure drop, Injection distance, Pulse interval, Concentration

1. 서 론

최근 고도 경제성장으로 인한 공업화와 그에 따른 업종이 다양해짐에 따라 여기에 수반되어 발생하는 대기오염물질이 증가할 뿐만 아니라 종류도 여러 가지로 다양해지고 있다.

특히, 대기오염 물질중에서 입자상물질이 다양한

산업활동으로 배출되는 물질로서 산업이 발전함에 따라 대기중으로 배출되는 먼지의 배출량이 증가하여 대기중에 부유하는 입자상 물질은 더욱더 증가할 것으로 예상되어 심각한 대기오염물질로 대두될 전망이다¹⁾.

산업발달에 따라 불가피하게 생성되며, 대기오염의 주종을 이루면서 인체에 가장 유해한 먼지입자는 산업체의 유류 및 화석연료 보일러, 자동차, 제철/제강 공정, 시멘트 제조 공정 및 폐기물소각 공정 등의 각종 연소, 생산 및 제조공정에서 발생되고 있다.

Corresponding Author : Jeong-Min Suh, Dept. of Environmental Engineering, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea
Phone : +82-55-350-5436
E-mail : suhjm@mnu.ac.kr

대부분 산업공정에서는 배출되는 미세먼지 입자는 기존의 집진장치로 거의 포집 제거가 불가능하여 대부분이 대기중으로 방출되고 있는 실정이다. 분진 중에서도 입경 $1\mu\text{m}$ 이하의 분진들은 침강 속도가 작아 거의 gas와 동일한 거동을 하기 때문에 기관 또는 폐포에 침착하여 호흡기에 영향을 미치므로 그 발생량과 화학적 성상이 문제화되고 있는 추세이다^{2,3)}. 따라서 공장이 밀집되어 있는 지역에서는 대기중에 미세먼지 입자가 고농도로 부유되어 있어 지역에 주민과 생산활동에 참여하는 종사자들의 호흡기로 유입 침착되고 있다고 볼 수 있다. 입자크기의 범위가 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 사이의 부유먼지는 주로 산업의 생산 및 연소공정과 고체상 물질의 분쇄, 수송, 공정 등에서 주로 발생되고 있으며, 대기중에 부유된 먼지층에서 $8\mu\text{m}$ 이하는 호흡시 호흡기로 유입되는 입자크기로써 입자크기가 $6\mu\text{m}$ 이하인 것은 약 10% 정도가 인체 내의 폐내로 유입되고, $4\mu\text{m}$ 이하인 것은 30%, $2\mu\text{m}$ 이하인 것은 약 80%, $1\mu\text{m}$ 이하인 것은 약 99%가 폐(lung)에 유입되어 폐에 침착된다고 보고하였다. 앞으로 산업발전이 계속됨에 따라서 먼지의 배출량이 계속증가 할 것이며, 이로 인해 먼지에 의한 대기오염이 심각해질 뿐만 아니라 인간에 미치는 피해가 심각해 질 것으로 예측된다^{4~6)}.

이에 따라 정부에서는 2005년 1월 1일부터 산업장별 배출허용기준을 대폭 강화하여 시행할 예정이다⁷⁾. 이러한 법 시행의 강화로 인하여 고효율의 집진기로서의 전기집진기 및 여과집진기는 각종 산업분야에서 많이 채택되었다⁸⁾.

최근에는 전기집진기에 대해 연료의 성상과 분진의 전기저항 및 연소 조건의 변화에 따라 집진성능의 변동이 심하며, 특히 배출규제의 강화 및 유행분이 많은 연료사용으로 고저항분진이 전기집진기에서 역전리 현상(back corona) 문제가 대두되었다⁹⁾. 그래서 dust 전기적 특성에 의존하지 않고, 안정되며 높은 집진효율을 얻을 수 있는 여과집진기는 연소 및 폐기물 소각 공정에서 배출되는 입자상 오염물질을 처리 제거하는데 효과적이고 집진성능이 매우 우수하여 국내 산업체에서 매년 설치율이 증가하는 경향이 보이고 있으며, 이러한 현상은 배출허용농도의 규제강화와 여과집진장치의 설치비가 다른 집진기에 비해 저렴하다는 특징이 부각되었다^{10,11)}.

현재 국내 산업공정 및 발생된 먼지를 포집 제거하기 위해 먼지 발생원의 특성에 따라 각종 집진기술을 적용하고 있는데, 여과집진기의 경우 연간 고체연료 사용량이 1,000톤 이상인 사업장을 대상으로 조사한 자료에 의하면 1985년에는 1,374기였고, 1989년에는 2,100기, 1991년에는 5,710기로 년 평균 110%

이상 증가하는 추세를 나타나고 있고, 이와 같은 증가추세는 여과집진기술이 다른 집진기술에 비해 여러 가지 장점을 갖고 있기 때문이라고 볼 수 있다. 그러나, 국내에서는 여과집진장치의 설계 및 운전에서 가장 중요한 자료인 여과속도와 입구분진농도 관계, 탈진특성과의 관계, 분사거리 등이 이론적으로 확립된 것이 없다. 대부분의 장치설치업체 및 사용업체는 경험에 의존하여 여과집진장치를 설계 및 운전하고 있어 여과집진장치의 고유의 성능인 고성능을 유지 못할 뿐만 아니라, 여과포의 수명이 단축되어 운전유지비의 과다 소요의 요인이 되고 있는 실정이다^{12,13)}.

본 연구에서는 현재 산업장에 많이 이용되고 있는 충격기류식 여과집진기(bag filter)를 이용하여 분사간격, 펄스간격에 의한 분사거리, 벤츨리설치유·무에 따른 압력손실변화를 실험적으로 고찰하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

산업현장의 운전조건을 모사하여 여과포의 성능 특성을 연구하기 위한 Pilot scale 실험장치의 공정도를 Fig. 1에 나타내었다. 일정량 분진을 여과집진기 내로 주입하기 위해 소형 Screw Dust Feeding 방식을 사용하였으며, DC motor(24V)를 Power Supply를 사용하여 전압을 가변 시켰으며 일정한 전압을 고정시켜 Feeding하였고, 분진공급률은 $0.5\sim 3\text{g}/\text{m}^3$ 로 입구 분진농도를 조절하여 주입하였고, 충격기류식 여과집진기의 탈진장치는 Blow tube가 여과포 1열마다 배열되어 있으며 Blow tube의 하단에는 여과포 중심이 되는 위치에 Jet노즐이 있다. Compressor에서 저장된 공기가 Air tank에 공급되어진 압축공기를 Air regulator로 압력($5\text{kg}/\text{cm}^2$)을 조절하여 Pulse time에서 순간적인 전원을 받아 Solenoid가 작동하며, 이 밸브의 작동으로 Diaphragm Valve가 작동하여 압축공기를 Blow tube pipe로 통해 분사구에서 순간적(약 0.1sec)으로 압축공기가 분사되어 여과포를 탈진한다.

2.2. 실험 방법

2.2.1. 실험 여과포

실험에 사용된 여과포는 실제 산업현장에서 가장 널리 사용되고 있는 폴리에스테르 여과포로서 크기는 $\varnothing 140\times 850\ell$, 16개를 사용하였다. Table 1에서 여과포의 물리적 성질을 나타내었다.

2.2.2. 실험용 먼지

실험용 먼지는 P제철소 Coke공장의 여과집진장치에서 포집된 것을 사용하였으며, 평균입경은 57.33

충격기류식 여과집진장치의 펄스간격 및 분사거리에 따른 압력손실변화에 관한 기초 연구

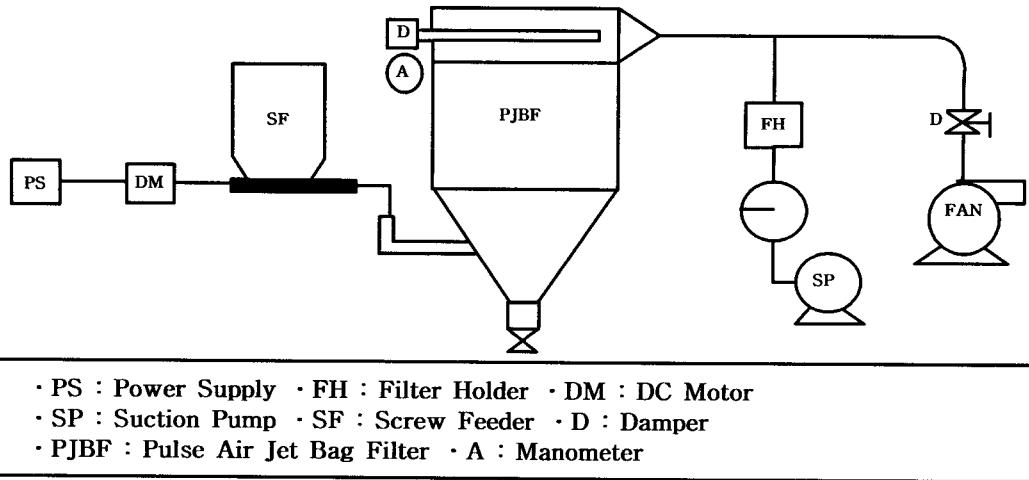


Fig. 1. Flow sheet of experimental apparatus.

Table 1. Characteristics of Felt Fabrics

| Material | Polyester Felt |
|---|----------------|
| Area Weight(g/m ²) | 564.4 |
| Thickness(mm) | 2.34 |
| Breaking strength(kgf) | 169.5 |
| Air permeability(cc/cm ² /sec) | 16.6 |

μm이고, 진비중이 1.78이다. Fig. 2는 본 연구에서 사용한 실험용 먼지의 입자크기 분포도를 무게기준으로 누적분포곡선, 정규분포곡선으로 나타냈고, Table 2에는 성분분석을 나타내었다.

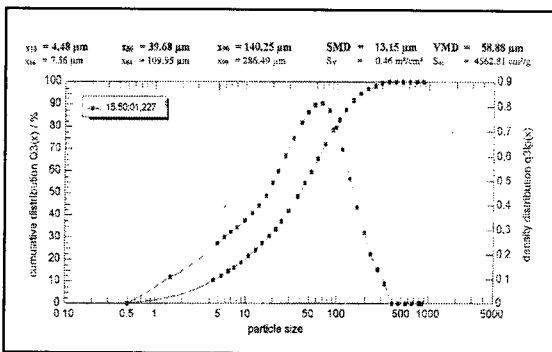


Fig. 2. Particle size distribution of test dusts.

Table 2. Fly ash analysis of sample

| | | | | | | |
|------------------|-------------------|--------------------------------|-------|-------|--------------------------------|-------|
| C | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | T-Fe | S | MgO |
| 78.6 | 6.56 | 2.74 | 1.45 | 0.95 | 0.84 | 0.32 |
| TiO ₂ | Na ₂ O | K ₂ O | PbO | ZnO | Cr ₂ O ₃ | MnO |
| 0.16 | 0.14 | 0.065 | 0.032 | 0.016 | 0.016 | 0.013 |

2.3. 실험방법

실험용 먼지는 건조기(convecting oven)에서 110℃로 12시간 동안 가열건조 후 상온건조기(desiccator)에서 실험실의 온도와 같도록 24시간 냉각하여 사용하였다. 먼지농도는 Stack Sampler(Model CE-22-ADS, Ltd. USA)로 등속 흡입하여 농도를 측정하였다. 여과집진장치 본체는 4개의 Diaphragm Valve가 설치되어 있으며, 1개의 D/V당 4개의 여과포가 설치되어 총 16개의 여과포로 구성되어 있다. 여과포는 한 조건의 실험이 끝날 때마다 새로운 여과포로 교체하였으며, 실험조건은 Table 3에 나타났다.

2.4. 압력손실측정

여과집진기의 압력손실 측정은 여과집진기의 여과포 전후에 마노메타(Dwyer, USA)를 사용하여 측정하였고, 충격기류식 분사압력은 여과포에 부착된 먼지층을 털어내기 위해 분사되는 압축공기의 압력을 말하며, 압력손실의 변화에 많은 영향을 미친다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 분사거리에 따른 압력손실변화

입구농도(Ci)가 0.5g/m³ 농도에서 Pulse interval 변화에 의한 Injection distance의 압력손실 변화를 Fig. 3에 나타냈다.

Table 3. Experimental conditions

| | |
|---------------------------|-----------------------|
| Face Velocity | 1.5m/min |
| Inlet dust concentration | 0.5~3g/m ³ |
| Gas temperature | 20°C |
| Cleaning conditions | |
| Pulse pressure | 5kg/cm ² |
| Pulse interval | 30, 50, 70, 90sec |
| Pulse duration | 0.1sec |
| Injection distance | 50, 110, 160, 220mm |
| Pulse air nozzle diameter | 10mm |

그림에서 보는 바와 같이 Pulse interval 30sec일 때 분사거리(110, 160, 220mm)인 조건에서는 압력 분포(25~30mmH₂O)로 유지되었고, 이 조건에서는 여과포에 부착된 분진층을 털어내는 조치가 정상적으로 수행되어 여과시간이 경과함에 따라 압력손실은 거의 변화 없이 일정하게 유지되었다.

그러나 분사거리 50mm조건에서는 압력분포가 50mmH₂O로 유지되었고, 분사거리(110, 160, 220mm)

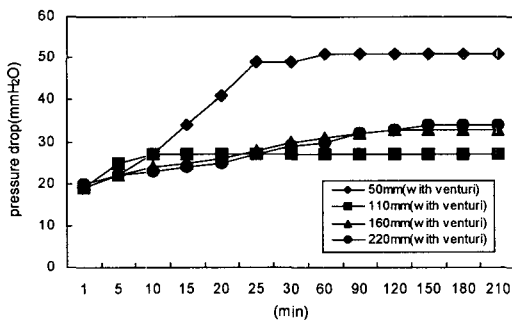
보다 분사거리(50mm)이 약 1.8~2배 높게 나타났다.

Pulse interval 50sec에서는 분사거리(110, 160, 220mm) 압력분포는 30~45mmH₂O이루어 졌으며, 분사거리 50mm경우는 60mmH₂O에서 안정되었다. Pulse interval 70, 90sec에서는 분사거리(110, 160, 220mm)보다 50mm 분사거리에서 약 1.3~1.7배 높게 나타났고, 압력분포는 40~70mmH₂O로 유지되었다.

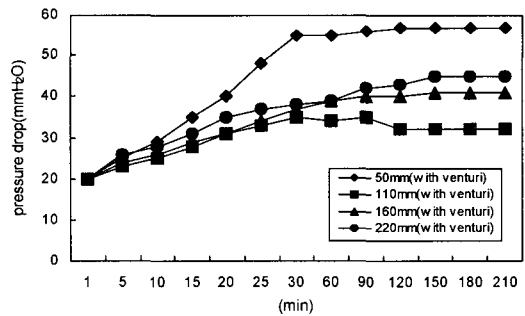
분사거리에 따른 유입공기량의 변화가 분사거리 110mm인 조건이 다른 분사거리 50, 160, 220mm에 비해 2차 공기를 유발하는데 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Fig. 4는 입구농도가 1g/m³인 경우 Pulse interval (30, 50, 70, 90sec)에 따라 압력변화를 나타냈다. Pulse interval 30sec에서 분사거리(50, 160, 220mm)보다 110mm인 조건이 약 1.3~2배, Pulse interval 50sec 약 1.2~1.8배, Pulse interval 70sec 약 1.8~2배, Pulse interval 90sec 1.4~2배 낮게 나타났다.

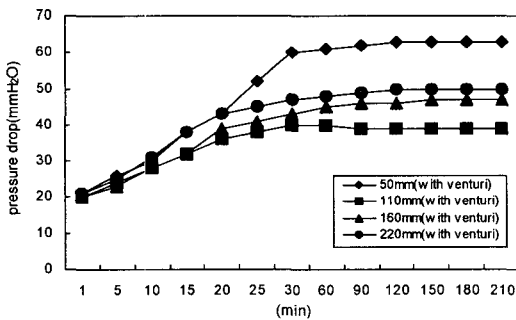
압력분포는 Pulse interval 30sec에서 약 30~70mmH₂O, Pulse interval 50sec에서는 약 40~70mmH₂O, Pulse interval 70sec는 약 40~80mmH₂O, Pulse interval 90sec는 약 50~80mmH₂O의 압력분포가 나타났다.



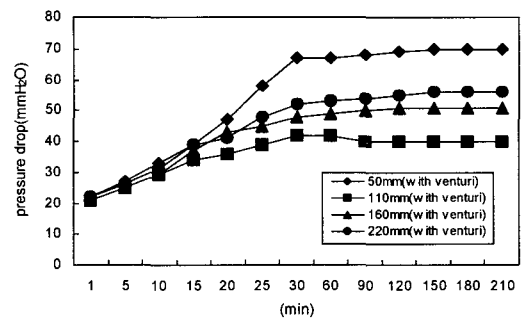
Pulse interval 30sec



Pulse interval 50sec



Pulse interval 70sec



Pulse interval 90sec

Fig. 3. Injection distance of pressure drop(Ci : 0.5g/m³). (Vf:1.5m/min, PD:0.1sec, PP:5kg/cm², ND:10mm)

충격기류식 여과집진장치의 펄스간격 및 분사거리에 따른 압력손실변화에 관한 기초 연구

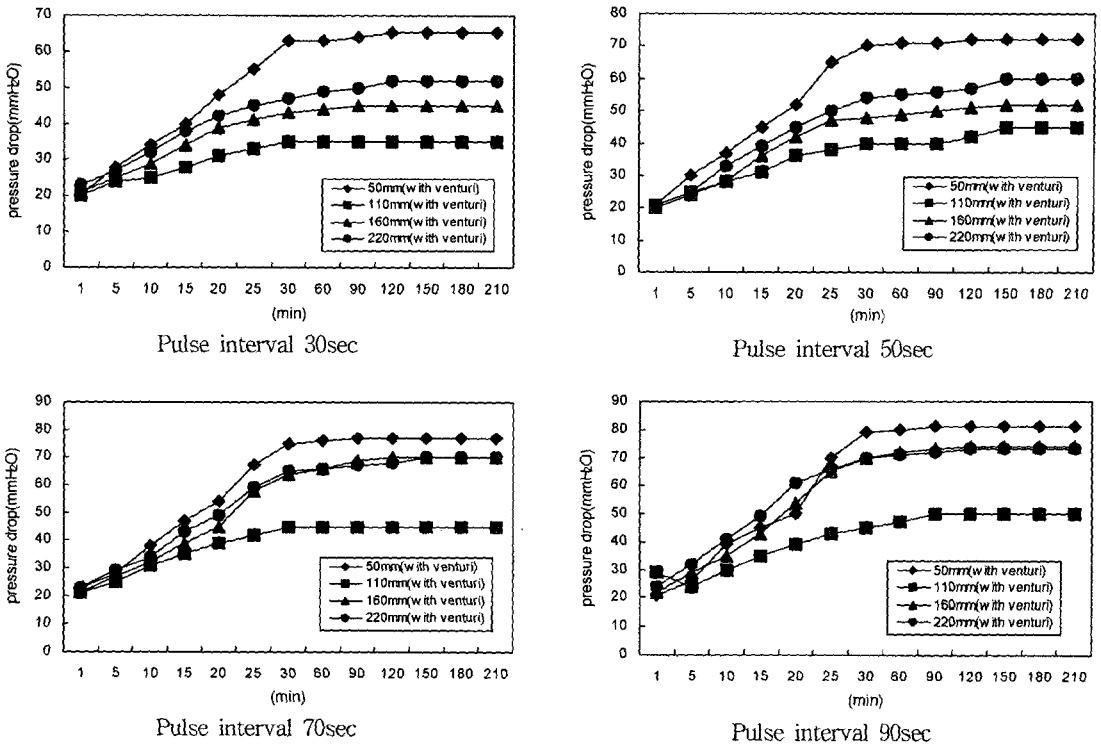


Fig. 4. Injection distance of pressure drop(Ci : 1g/m³).
(Vf:1.5m/min, PD:0.1sec, PP:5kg/cm², ND:10mm)

Fig. 5, Fig. 6은 입구농도가 2g/m³, 3g/m³일 때 압력손실의 변화를 나타냈다. Pulse interval 30sec, 50sec, 70sec, 90sec 일 때 입구농도가 높은 조건에서는 분사거리에 따라 압력분포는 거의 비슷한 압력분포 유지되었다. 이러한 현상은 탈진 조작이 정상적으로 수행되지 않아 여과시간이 증가함에 따라 여과포 표면에 분진이 계속 퇴적되어 두께가 점점 두꺼워 지기 때문이다. 입구농도가 높은 조건에서는 낮은 조건에 비해 여과포 단위 면적당 부착된 분진량이 많아진다. 그러므로 일정한 강도의 충격파형을 가하게 되면 두꺼운 분진층은 얇은 분진층에 비해 작용하는 강도가 상대적으로 약하다. 이로 인해 한번의 탈진 조작으로 여과포에 부착된 분진층의 일부분만 탈진되고 나머지는 여과포 표면에 잔류하게 된다. 이와 같은 현상이 반복되면 여과시간의 경과에 따라 여과포 표면의 분진층의 두께는 점점 두꺼워져 통과기체에 대한 저항이 증가하여 압력손실이 증가하게 된다. 따라서 입구농도가 높을수록 탈진간격 및 분사거리 선택을 신중하게 고려하여야 할 영향인자임을 알 수 있었다.

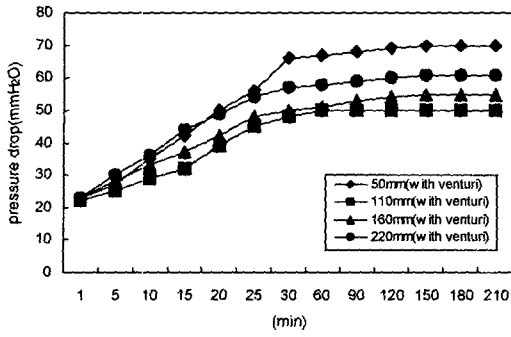
3.2. 벤츄리 설치 유·무에 의한 압력손실 변화

Fig. 7은 입구농도가 0.5g/m³일 경우 벤츄리를 설

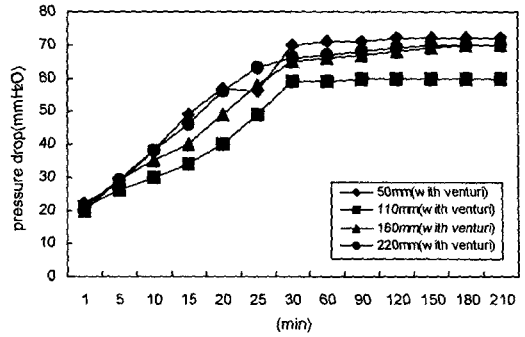
치하였을 경우와 벤츄리를 설치하지 않은 경우 분사거리 별로 여과포의 압력분포를 나타내었다.

입구농도가 0.5g/m³일 경우 Pulse interval 30sec, 50sec, 70sec, 90sec에서 압력분포가 높은 분사거리(50mm)인 경우 벤츄리가 있는 조건이 약(30~60%) 낮게 나타났고, 압력분포가 낮은 분사거리(110mm)인 경우 약(70~100%) 낮게 나타났다. 분사거리(160, 220mm)인 경우 벤츄리의 설치 유·무에 거의 비슷한 압력분포로 나타났다. 따라서 벤츄리 효과는 분사거리가 가까울수록 좋은 효과를 낸다는 것을 알 수 있었다.

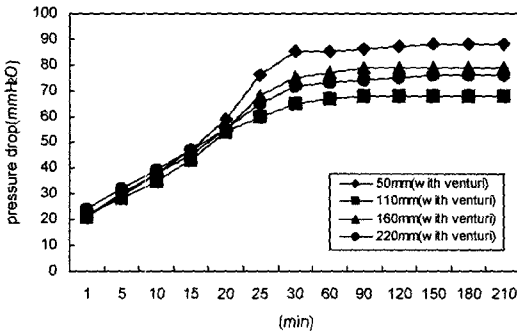
Fig. 8은 입구농도가 1g/m³일 때 벤츄리 설치 유·무에 따른 압력분포를 나타내었다. Pulse interval 30sec, 50sec, 70sec, 90sec에서 압력분포가 높은 분사거리(50mm)인 경우 벤츄리가 있는 조건이 약 30~40%정도 낮게 나타났고, 압력분포가 낮은 분사거리(110mm)인 경우 60~90%정도 낮게 나타났다. 분사거리(160, 220mm)인 경우 벤츄리의 설치 유·무에 상관없이 거의 비슷한 압력분포로 나타났다. 분사거리가 가까울수록 벤츄리 효과는 좋으나, 적절한 분사거리가 압력손실변화에 중요한 인자임을 알 수 있었다.



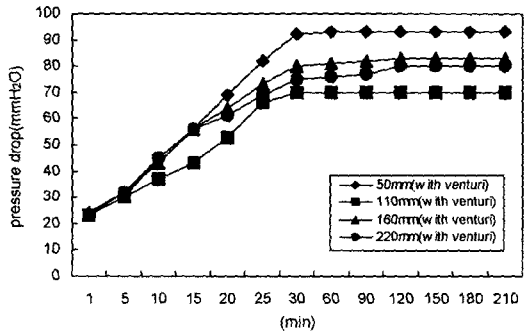
Pulse interval 30sec



Pulse interval 50sec

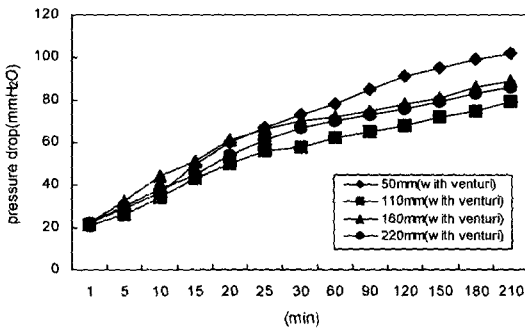


Pulse interval 70sec

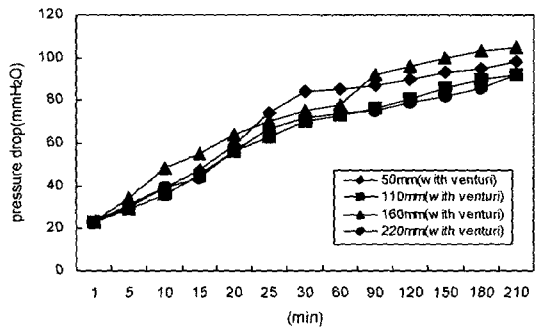


Pulse interval 90sec

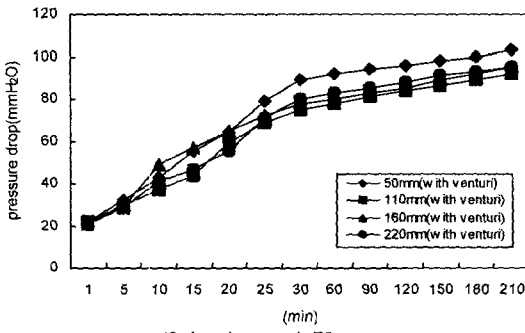
Fig. 5. Injection distance of pressure drop($C_i : 2g/m^3$).
($V_f:1.5m/min$, $PD:0.1sec$, $PP:5kg/cm^3$, $ND:10mm$)



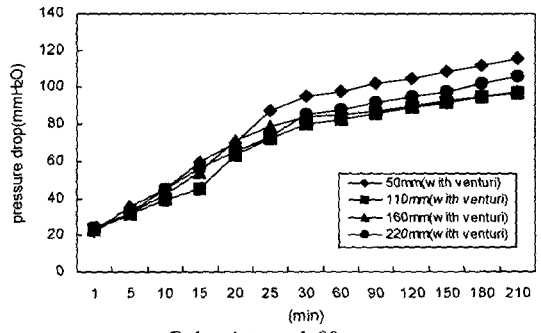
Pulse interval 30sec



Pulse interval 50sec



Pulse interval 70sec



Pulse interval 90sec

Fig. 6. Injection distance of pressure drop($C_i : 3g/m^3$).
($V_f:1.5m/min$, $PD:0.1sec$, $PP:5kg/cm^3$, $ND:10mm$)

충격기류식 여과집진장치의 펄스간격 및 분사거리에 따른 압력손실변화에 관한 기초 연구

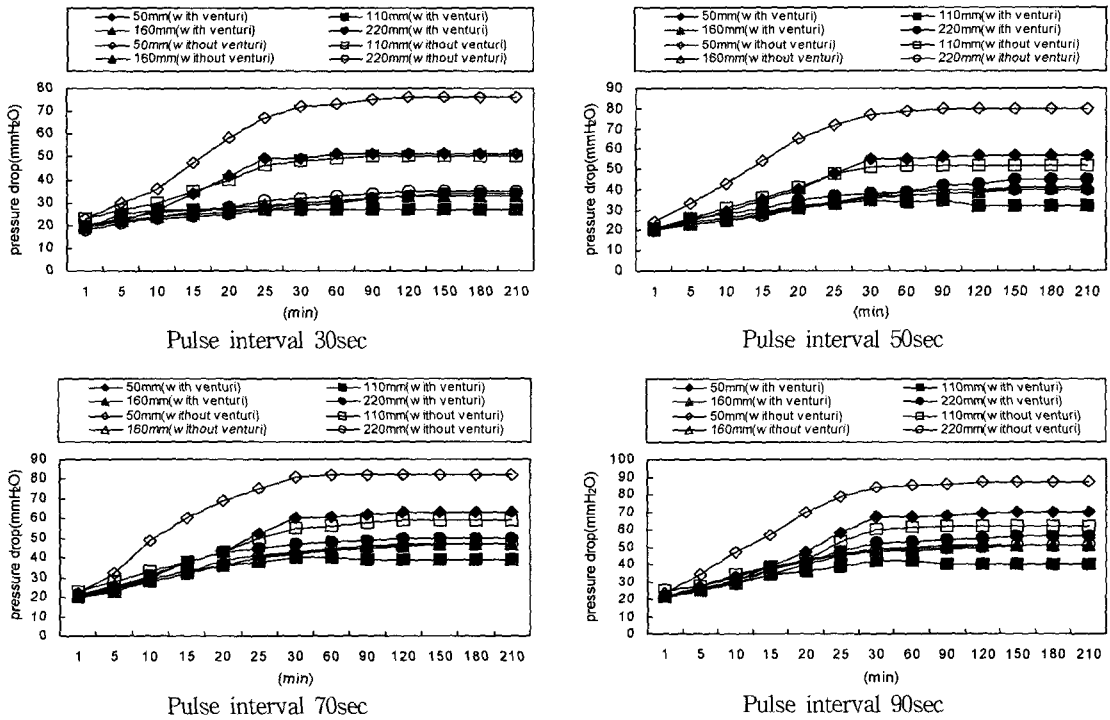


Fig. 7. Venturi with and venturi without of pressure drop($C_i : 0.5g/m^3$).
($V_f:1.5m/min$, $PD:0.1sec$, $PP:5kg/cm^3$, $ND:10mm$)

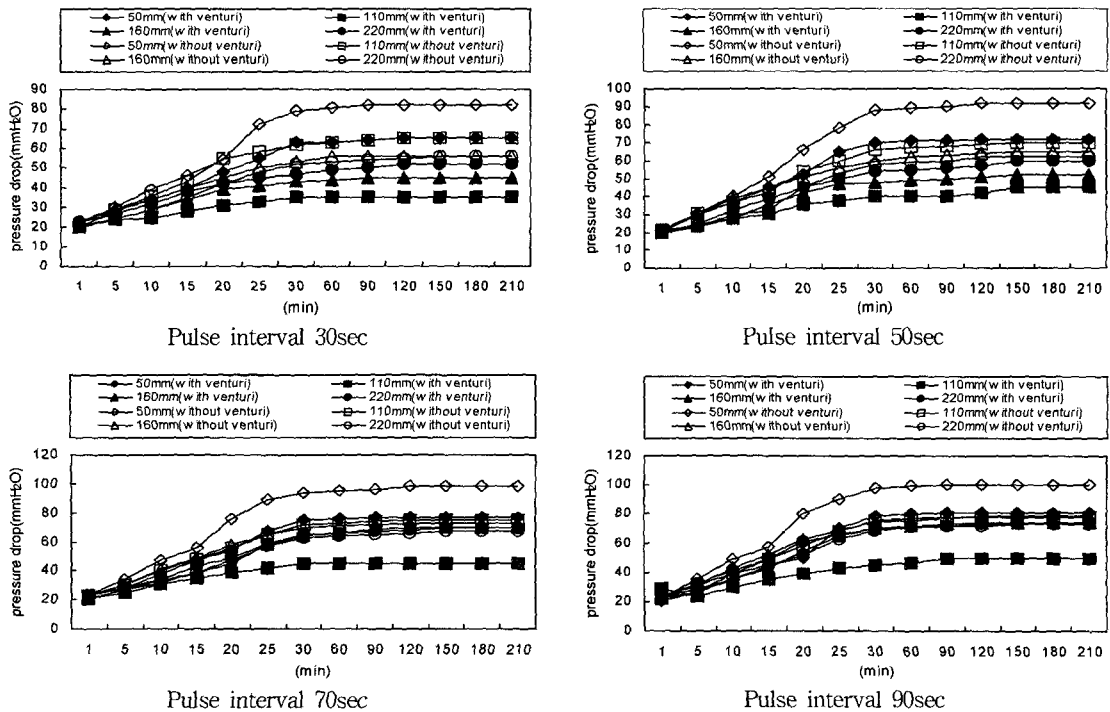


Fig. 8. Venturi with and venturi without of pressure drop($C_i : 1g/m^3$).
($V_f:1.5m/min$, $PD:0.1sec$, $PP:5kg/cm^3$, $ND:10mm$)

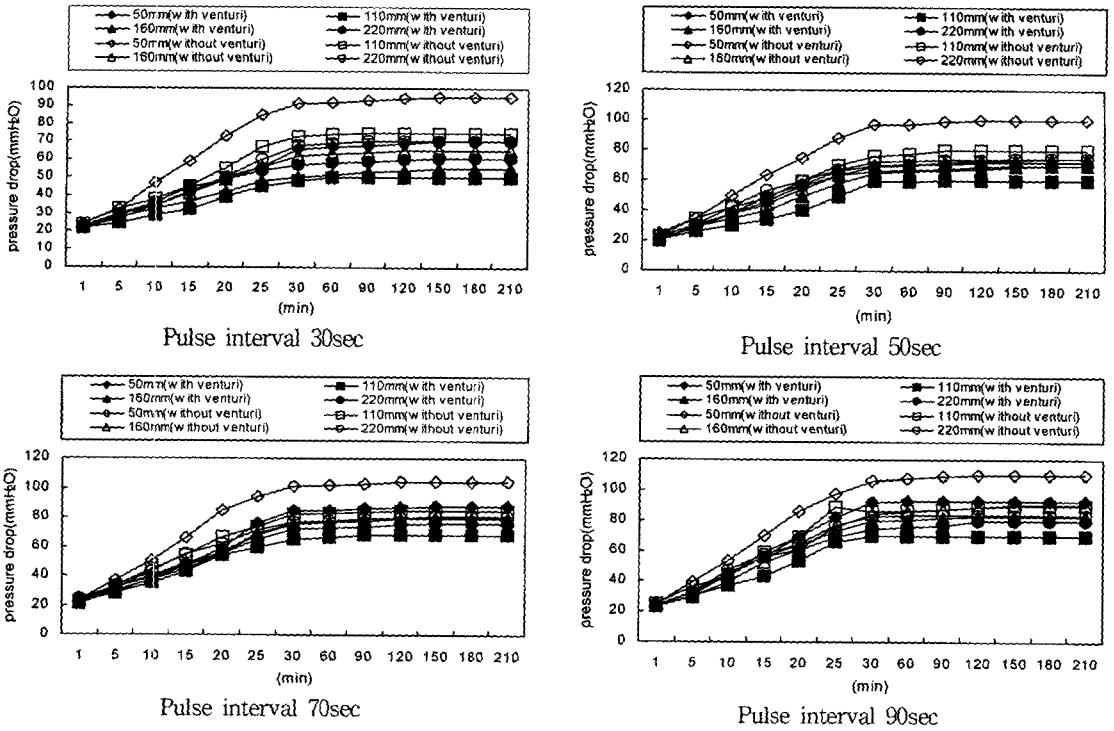


Fig. 9. Venturi with and venturi without of pressure drop($C_i : 2g/m^3$).
($V_f:1.5m/min$, $PD:0.1sec$, $PP:5kg/cm^3$, $ND:10mm$)

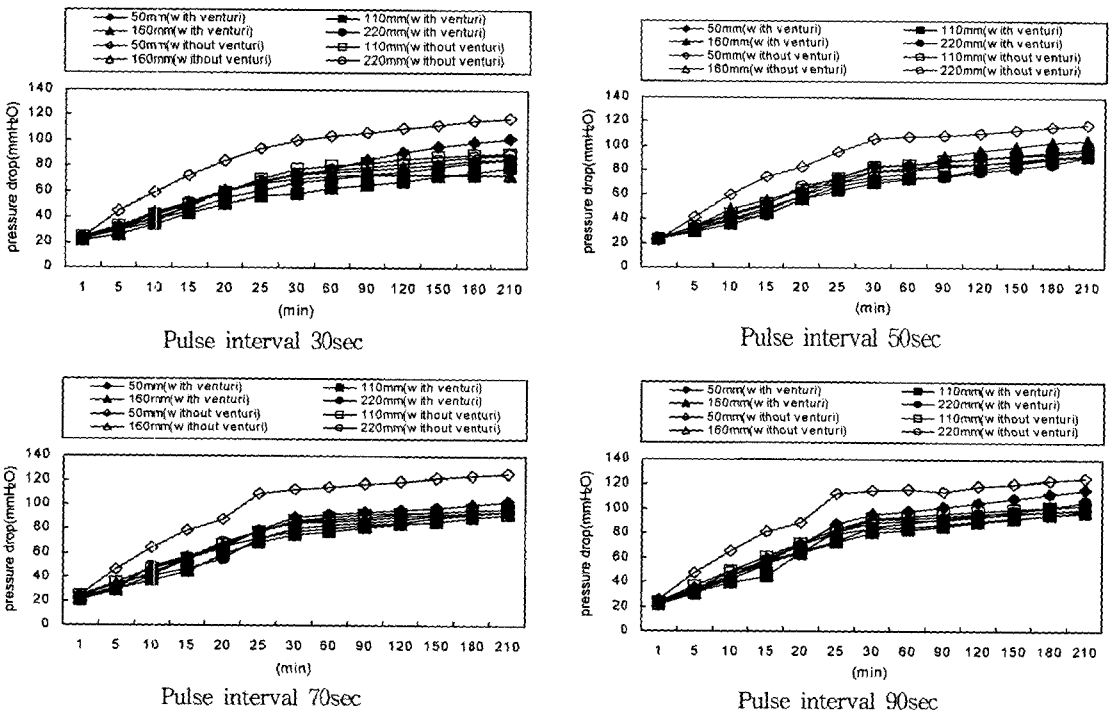


Fig. 10. Venturi with and venturi without of pressure drop($C_i : 3g/m^3$).
($V_f:1.5m/min$, $PD:0.1sec$, $PP:5kg/cm^3$, $ND:10mm$)

Fig. 9, Fig. 10은 입구농도가 2g/m³, 3g/m³일 때 압력손실변화를 나타내었다. Pulse interval 30sec, 50sec, 70sec, 90sec에서 분사거리 50mm인 경우 벤츄리가 없는 조건에 비해 있는 조건이 약 40%, 110mm 약 50%, 160mm 약 20%, 220mm 약 20% 낮게 나타났다.

고농도 2g/m³, 3g/m³인 경우 분사거리에 상관없이 거의 비슷한 압력분포로 나타났고, 탈진 조작이 정상적으로 수행되지 않아 여과시간이 증가함에 따라 여과포 표면에 분진이 계속 퇴적되어 두께가 점점 두꺼워 압력분포는 점점 증가하는 분포로 나타났다. 따라서 입구농도가 높을수록 분사거리 보다는 탈진간격 변화가 압력손실변화에 큰 영향을 미치므로 고농도 일 경우는 탈진간격을 빨리 해야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 충격기류식 여과집진장치의 입구농도 변화와 펄스간격 및 분사거리에 따른 압력손실변화와 벤츄리 설치 유·무에 대한 결과는 다음과 같이 요약하였다.

- 1) 벤츄리가 있는 여과집진장치의 분사간격(30sec, 50sec, 70sec, 90sec) 및 입구농도에 따라 30~50mmH₂O의 압력손실 차이가 나타났다. 저 농도(0.5g/m³, 1g/m³) 일 때는 가동 후 60~90min에서 ΔP가 안정되었으며, 고농도 3g/m³일 경우는 지속적으로 ΔP가 상승하므로 탈진간격을 30sec 이하로 운전해야 함을 알 수 있었다.
- 2) 분사거리에 따른 압력손실은 입구면지농도 0.5g/m³, 1g/m³인 경우 분사거리가(50, 160, 220mm)보다 110mm경우가 1.3~2배 압력손실이 낮게 나타났으며, 이는 순간가속으로 인한 주위 2차 공기의 유입량이 많은 것으로 판단된다. 2g/m³, 3g/m³의 경우 분사거리는 거의 비슷한 압력분포로 나타났다. 입구농도가 고농도일수록 분사거리의 영향보다 탈진간격이 더 큰 영향 인자임을 알 수 있었다.
- 3) 벤츄리 설치 유·무 의한 압력손실은 벤츄리가 있는 조건에서
 - ① 분진농도 0.5g/m³, 1g/m³의 분사거리에서 50, 110mm의 경우 1.3~1.8배 압력손실이 낮게 나타났으며, 160, 220mm인 경우는 거의 비슷한 압력분포로 나타났고, 압력 분포는 30~90mmH₂O범위에서 안정되었다.
 - ② 분진농도 2g/m³의 분사거리에서 50, 110mm의 경우 1.1~1.7배 압력손실이 낮게 나타났으며, 160, 220mm인 경우는 거의 비슷한 압력분포로 나타났다. 고농도 3g/m³인 경우 분사

거리에 상관없이 거의 비슷한 압력분포로 나타났다.

이는 농도가 낮을수록 분사거리가 가까울수록 벤츄리 효과가 큰 것으로 판단되고, 분사거리에 따라 110>160>220>50mm순으로 압력손실변화가 낮게 나타났다. 고농도 일 때는 분사거리 보다는 탈진간격이 길수록 ΔP상승폭이 크게 나타났다. 따라서 향후 Pulse interval 10sec, 20sec에 대한 후속 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청 2003년도 제 11차 산학연 공동기술개발 컨소시엄 연구과제비 지원으로 수행되었습니다. 연구비를 지원하여 주신 관계자 여러분과 자료수집과 실험에 도움을 준 정찬호께 감사드립니다.

Nomenclature

- C_i : Inlet dust concentration
- ND : Pulse air nozzle diameter
- PD : Pulse duration
- PI : Pulse interval
- PP : Pulse pressure
- V_f : Face Velocity
- ID : Injection distance

참 고 문 헌

- 1) 임전환, 김홍용, 구철오, 박용오, 양승목, 박영성. 1998, 여과포 의한 coke 먼지 및 폐기물 유동층 소각먼지의 포집특성, 대기환경공학회지, 20(5), 711-722.
- 2) Helstrom, R., 1992, A Method for Investigating the Behaviour of Mechanically Shaken Filter Bags, Filtration & Separation, September/October, 11-12pp.
- 3) Li, X., A. J. Chambers and R. Helstrom, 1993, Analysis of the Motion of Mechanically Shaken Filter Bags, Filtration & Separation, March/April, 17-18pp.
- 4) Hinds, W. C., 1982, Aerosol Technology, Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles, John Wiley & Sons, New York, 211-232pp.
- 5) Dennis, R., 1977, Collection efficiency as a function of particle size, shape, and density, JAPCA, 24(12), 1156-1163.
- 6) Leith, D. and P. M. June, 1975, Particle Col-

- lection by a Pulse-jet Fabric Filter, 68th Annual Meeting of APCA, 1-14pp.
- 7) 서정민, 김찬훈, 박출재, 2001, 충격기류식 여과 집진설비에서 여과저항에 관한 연구, 한국폐기물학회지, 18(6), 503-509.
 - 8) 최금찬, 1995, 전기력 이용한 배가스 처리기술의 동향, 한국대기보전학회지, 11(3), 232-245.
 - 9) 김용진, 정상현, 1995, 새로운 집진기술 동향, 한국대기보전학회지, 11(3), 221-321.
 - 10) Beitez, J., 1993, process engineering and design for air pollution control, PTR prentice Hall, 331-369pp, 414-449pp.
 - 11) Tamori, I., 1993, 여과 집진장치 기술의 최근동향, 첨단환경기술, 1(2), 2-9.
 - 12) 박용옥, 구철오, 임정환, 손재익, 1990, Pulse-Jet 식 여과포집진장치의 여과포 성능시험 연구(Ⅱ), 연구보고서, 과학기술처, 201pp.
 - 13) 손재익, 김영성, 박영옥, 최정후, 박영철, 구철오, 임정환, 1990, 유연탄 활용에 따른 환경공해방지 대책연구(Ⅰ), 연구보고서, 한국동력자원연구소, KE-90-17, 56pp.