

ORIGINAL ARTICLE

전기집진장치의 코로나 전류 발생 전극 제작에 따른 추타력 비교에 관한 연구

이강욱¹⁾ · 박정호²⁾ · 장성호²⁾ · 임우택³⁾ · 서정민^{2)*}

KC한미산업(주), ¹⁾경남과학기술대학교 환경공학과, ²⁾부산대학교 바이오환경에너지학과,
³⁾안동대학교 응용화학과

The Study of Comparison on Rapping Force on Generation of Corona Discharge Electrode of Electrostatic Precipitator

Kang-Wuk Lee, Jeong-Ho Park¹⁾, Seong-Ho Jang²⁾, Woo-Taik Lim³⁾, Jeong-Min Suh^{2)*}

KC Hanmi Environment Co., Ltd., Changwon 51343, Korea

¹⁾Department of Environmental Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea

²⁾Department of Bio-Environmental Energy, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

³⁾Department of Applied Chemistry, Andong National University, Andong 36729, Korea

Abstract

Rapid industrial development has led to a serious problem of pollution in the industrial sector. With the increasing social need for environmental protection, research on air pollution prevention equipment for reducing pollutants in industrial processes is actively being undertaken. The deterioration of existent, installed facilities, their increased emission rates, and the strengthening of the effluent quality standards make complying with permissible emission standards difficult. In fact, installing new electric precipitators or complementing existent facilities is inevitable. The expansion and complementation of the installed electrical precipitators have led to improvements in dust collection efficiency, shorter working times, and lower costs. Because of its easy installation and simple manufacturing process, the production method with the discharge electrode of an electric precipitator is widely used. The following conclusions were reached by classifying discharge electrodes into four types based on the production method and mutually comparing them by their dust collection efficiency. None of the four types used in this study were damaged by impact. However, we were able to confirm some strain from the compression sites of both type A and type B. Both type B and type C are expected to have greater dust collection efficiencies than the other models due to their large vibration transmissibility. Moreover, the high vibrational energy is expected to cause rapping damage during its operation. Particularly, in the case of type B, some of the strain was found at the end of the compression site. The coupling schemes of both type C and type D are out of vibration transmissibility. On the other hand, the ability to maintain straightness and solidity of the side is regarded as outstanding and stable. Type D has outstanding on-site workability, considering the presence of locking, structural stability, and work conditions. From these experiments, we determined that type C is the most ideal connection method of discharge electrode, considering its construction period of renovation. Type C is inferior to type D with regard to on-site workability. However, type C has outstanding dedusting transmission with regard to the straightness, solidity maintenance, and vibration of shearing stress.

Key words : Electrostatic precipitator, Rapping force, Corona discharge electrode, MIGI rapper

Received 7 December, 2016; Revised 2 January, 2017;

Accepted 3 January, 2017

*Corresponding author: Jeong-Min Suh, Department of Bio-Environmental Energy, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

Phone : +82-55-350-5436

E-mail : suhjm@pusan.ac.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

급속한 산업발전과 더불어 산업전반에 걸쳐 환경 오염 문제가 심각하게 대두되면서 환경보전에 대한 사회적 요구의 증가와 생산 공정에서 발생하는 입자상 오염물질들을 제거하기 위한 대기오염 방지시설의 연구가 날로 활발해지고 있다.

특히, 대기오염 물질 중에서 입자상물질은 다양한 산업 활동으로 배출되는 물질로서 산업이 발전함에 따라 대기 중으로 부유하는 입자상 물질은 더욱더 증가 할 것으로 예상되어 심각한 대기오염물질로 대두 될 전망이다(Ryu et al., 2007).

또한, 화력발전소의 미분탄 보일러의 경우, 완전연소가 되지 않는 미분탄 회수 재이용기술 보급이 시급한 실정이다. 따라서 대기오염물질 증가 및 공기 중의 부유 미립자 등 실내 환경오염 물질 또한 심각한 환경 문제의 주요인으로 밝혀지자 높은 효율의 집진 장치들이 필요하게 되었다(Bae, 2012).

대기오염을 방지하기 위한 시설은 전기집진기(electrostatic precipitator)와 여과집진기(Bag filter)가 산업분야에서 많이 사용되고 있다(Suh et al., 2014). 특히 전기집진기는 높은 집진효율과 낮은 압력 손실 때문에 미세분진 제거 장치로 널리 사용되고 있으며(Podlinski et al., 2009; Mizuno, 2000; Lee et al., 2011), 최근에는 환경에 대한 관심이 증가함에 따라 산업 전반 배출 먼지에 대한 엄격한 규격을 적용시키고 이에 따라 전기집진기 내 집진효율을 높이기 위한 여러 가지 연구가 진행되고 있다(Jaworek et al., 2007; Lee et al., 2011). 대기오염 방지시설의 노후화 및 배출시설의 용량 증가 등으로 기존 설치된 방지시설의 성능으로는 배출허용기준 준수가 어려워 새로운 전기 집진장치의 설치 또는 기존설비의 증설 및 보완이 불가피한 실정이다. 기존 설비의 교체는 고비용과 설치 공사 기간 동안의 생산성 감소 등 경제적인 어려움이 발생하게 된다.

따라서 기존 설치된 전기집진설비의 증설 및 보완은 단기간의 작업 기간과 저렴한 비용으로 집진 효율을 향상시킬 수 있다.

기존 전기집진장치의 보완 방법으로는 집진면적 증대를 위한 상부 또는 field 증설(extension)과 외함

의 증설 없이 내장품 교체와 새로운 전기제어시설의 교체로 인가 전압 향상 방법을 주로 사용하고 있다.

특히 전기집진장치의 내장품 교체공사의 경우 집진기 상부의 고전압 인가장치 및 절연체와 추타장치 철거, 집진기 상부철거, 내장품 교체, 집진기 상부지붕 재설치 후 지붕위의 변압기 및 추타장치 재설치 순으로 공사가 이루어지므로 공사기간이 길어진다.

기존설비를 최대한 활용하여 공사비 절감과 공기 단축을 위해서는 집진기 상부를 철거하지 않고 hopper 하부에서 내장품을 철거, 삽입하는 방법이 최선의 선택으로 사료된다.

따라서 본 연구는 현장에 설치 가동되고 있는 기존 전기 집진기의 효율 향상을 위해서 4가지 타입의 코로나 전류발생 전극 제작 및 연결방식을 모형장치에서 추타력 실험으로 최적의 코로나 발생 전극 선정 및 설치 시공의 문제점을 보완하여 최단 공사 기간으로 전기집진기 효율 향상방안을 위한 기초자료를 제공하고 자 한다.

2. 재료 및 방법

ESP (electrostatic precipitator) test tower를 Fig. 1 과 같이 제작 설치하여 실험을 수행하였는데, 파이프 & Spike 타입 코로나 발생 전극은 Fig. 1 우측 하단에 나타난 것처럼 기존 규격 파이프를 절곡 또는 이음붙임으로 제작하는 코로나 발생 전극 타입이다.

실험장치의 구성은 코로나 발생 전극을 지지하는 프레임 assembly는 상부 양 끝단의 애자를 통해 지지하고, 상부 중앙에는 집진장치 내부에 설치하는 기계식 추타방식보다 외부에 설치하여 정비가 용이한 전자식 추타장치인 MIGI (Magnetic Impluse Gravity Impact) rapper(Plunger 길이 350 mm, 중량 20 kg: 메이커 표준규격)를 통해 진동을 가하여 코로나 발생 전극에 부착되는 분진 제거를 위한 추타력을 시험하였다.

Rapper는 코로나 발생 전극을 지지하는 프레임의 중앙에 설치하였으며 1개의 rapper에 20개의 코로나 발생 전극(길이 14,500 mm 기준)을 연결하였다. 배치 순서는 Fig. 1에 나타내었으며 20개의 코로나 발생 전극은 간극 조정을 위하여 상부 및 하부 프레임에 고정

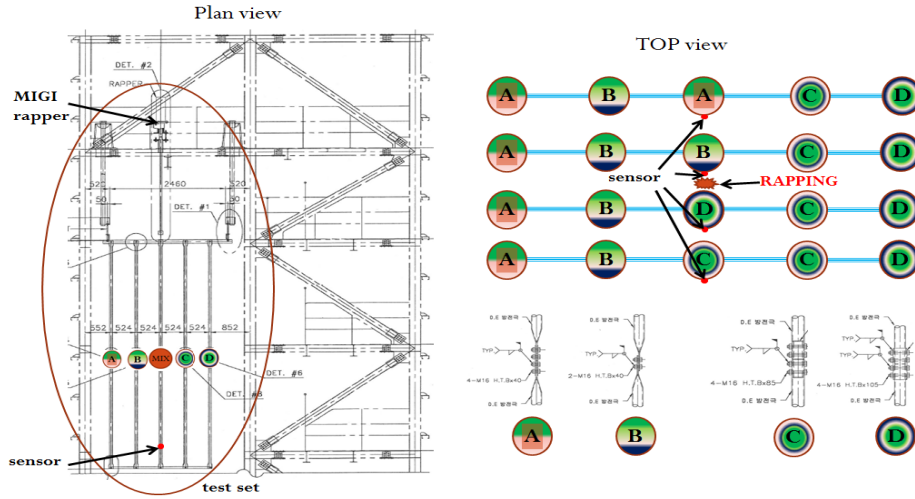


Fig. 1. Test setting diagram at ESP test tower.



Fig. 2. Test setting for vibration data acquisition.

하였다.

추타력을 발생시키는 진동은 코로나 발생 전극 타입별 총 4개의 센서를 설치하였으며, 가운데 코로나 발생 전극 하단부에 순간접착제를 사용하여 고정하였다(Fig. 2).

래핑 주기는 전기 제어기에 의하여 조절이 가능하며 실제 산업현장에서 적용하는 분당 1회로 하였으며, 하루 9시간씩 총 11일간 운전하였다.

Fig. 3은 실험장치의 주요 부품인 전자식 추타장치인 MIGI rapper는 진동으로 추타력을 발생시키는 장

비이며 규격 파이프를 절곡 또는 이음붙임으로 제작하는 파이프 & Spike 타입 코로나 발생 전극의 상부, 중간 및 하부 코로나 발생 전극의 설치 사진이다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 외관 검사에 따른 적용성

코로나 발생 전극에 부착된 분진을 탈진하기 위한 래핑시 충격력에 따른 외관의 변형 발생 가능성과 조립시의 문제점 및 장기간 래핑에 의한 파손 등의 하자



Fig. 3. Test setting at ESP test tower.



Fig. 4. Apparent test through installation.

발생 가능성을 파악하기 위해 Fig. 4와 같이 설치된 코로나 발생 전극의 외관 검사를 실시하였다.

Fig. 5 및 Fig. 6에서 보듯이 A 및 B 타입의 경우, 납작하게 압축한 연결부위가 래핑시 충격으로 직선도가 유지되지 못하고 변형되는 문제가 발생하였다.

이는 코로나 발생 전극 연결을 위한 연결부위의 압착과정에서 각도 변형과 상부 및 하부 프레임과 결합

시 코로나 발생 전극 길이의 오차에 의한 결과라고 판단된다. C 및 D 타입의 경우는 아주 양호한 직선도를 유지했으며 코로나 발생 전극의 압착공정이 없으므로 제작비용도 A 및 B 타입보다 저렴하였다.

본 연구에서 11일간(약 6000회) 래핑실험을 진행함에 있어서 4가지 코로나 발생 전극 타입 모두에서 외관의 과도한 변형이나 탈락 등의 문제점은 나타나지

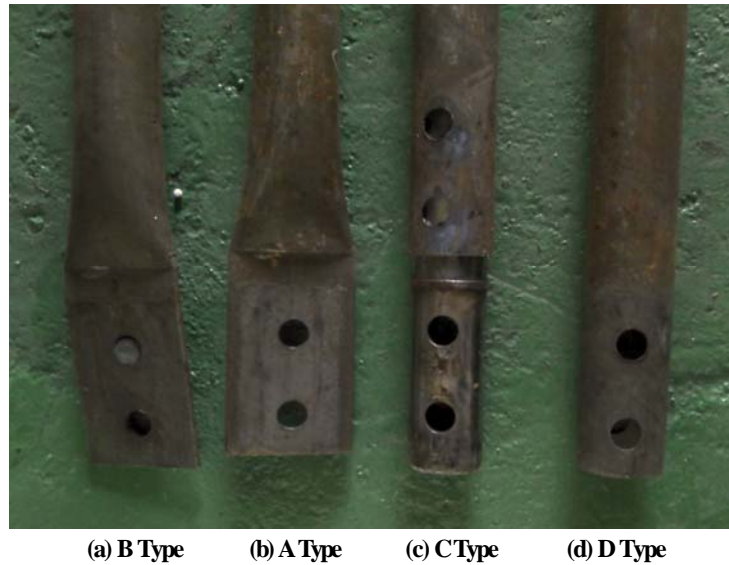


Fig. 5. Apparent test after disassembling set.



Fig. 6. Apparent test for straightness at connecting zone.

않았으며, 실험 종료 후 코로나 발생 전극을 분해하여 육안검사를 실시하였으나, 실험에 의한 파손이나 변형은 발견되지 않았다.

3.2. 진동 측정 검사에 따른 적용성

코로나 발생 전극의 래핑 실험을 통해 각각의 연결 타입에 따른 진동 전달력과 진동에 의한 코로나 발생 전극의 파손가능성 및 육안으로 관찰하였다.

3.2.1. 진폭 데이터 결과

10초 동안 일회 추타 시 진동 데이터는 Fig. 7~10에 나타내었는데 B, C 타입의 진동 전달력은 약 380 가우스 전후로 A, D타입의 진동 전달력 190 가우스보다 약 2배정도 큰 것으로 나타났다.

Fig. 7~10에서 알 수 있듯이 MIGI rapper의 해머가 추타하는 순간 진동폭이 최대가 되었으며, 시간이 경과함에 따라 진동이 감소하는 것을 알 수 있었다. 진동

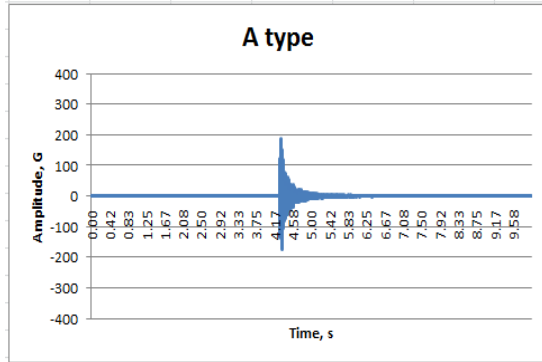


Fig. 7. Amplitude data of A type D.E(Discharge electrode).

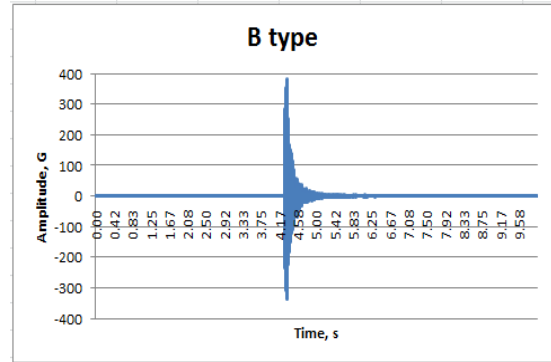


Fig. 8. Amplitude data of B type D.E(Discharge electrode).

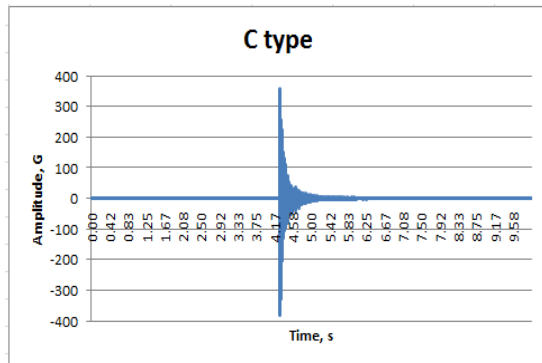


Fig. 9. Amplitude data of C type D.E(Discharge electrode).

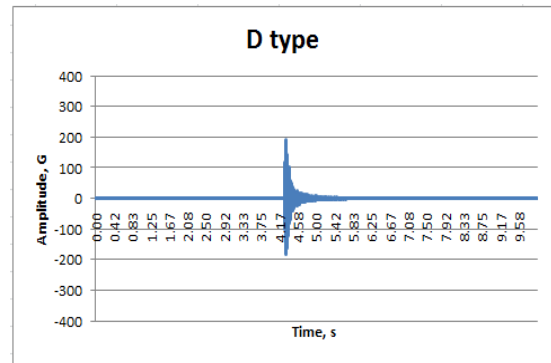


Fig. 10. Amplitude data of D type D.E(Discharge electrode).

센서의 위치가 동일하기 때문에 같은 연결 타입이라면 진동데이터의 크기나 형태가 비슷하게 나타나야 정상이다. 실험에 사용된 4가지 타입중 B 및 C 타입

코로나 발생 전극의 연결방법은 진동전달력이 약 380 가우스로 우수했으며, A 및 D 타입의 연결은 진동 전달력이 B 및 C 타입 보다는 낮게 약 190 가우스로

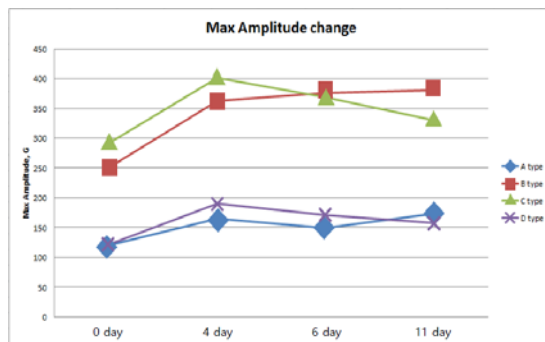


Fig. 11. Max amplitude changes according to connection type.

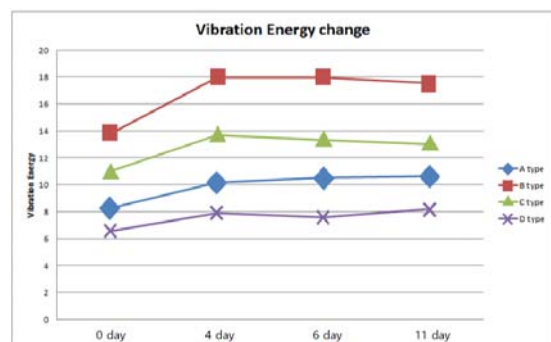


Fig. 12. Vibration energy changes according to connection type.

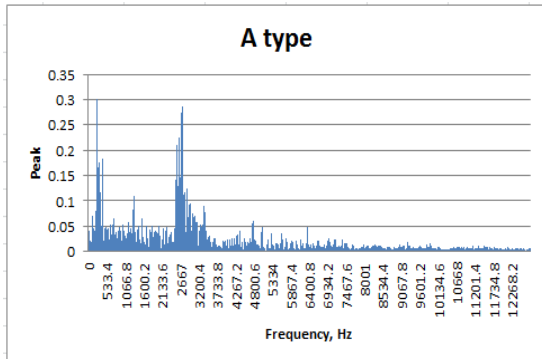


Fig. 13. Fourier transform analysis of A type.

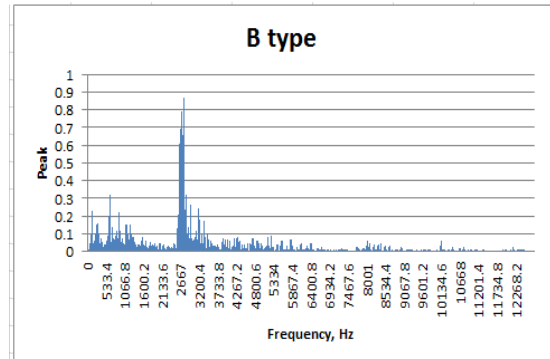


Fig. 14. Fourier transform analysis of B type.

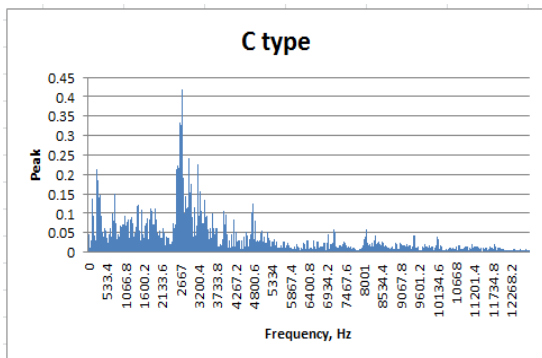


Fig. 15. Fourier transform analysis of C type.

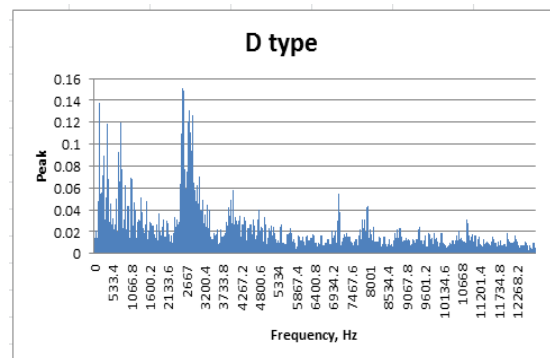


Fig. 16. Fourier transform analysis of D type.

나타났다. Fig. 7 ~ Fig. 10에서 진동이 발생하는 면적은 진동에너지의 양을 나타내므로 B 타입 연결방법이 가장 높은 전달력을 나타내었다. 진동폭이 큰 것은 탈진에는 유리하게 작용하지만 진동에너지가 큰 것은 진동으로 인한 코로나 발생 전극의 파괴 가능성이 높다고 판단되므로 Fig. 6과 같이 압착된 부분의 직선도가 변형된 것으로 사료된다.

Fig. 11은 시간경과에 따른 최대 진동력 변화를 나타내었는데 B타입과 C타입이 우수한 것으로 나타났고 Fig. 12에서 진동에너지는 B타입이 가장 큰 것으로 나타났다.

3.2.2. 주파수 데이터 결과

진동데이터를 이용해 푸리에 변환을 한 결과는 Fig. 13~16에 나타내었다.

MIGI rapper 탈진시 진동에 의한 코로나 발생 전극

의 고유진동수는 약 2,600~2,800 Hz 임을 확인할 수 있었으나 일반적으로 단일 코로나 발생 전극의 경우 1개의 주된 주파수만 측정되는 것이 정상이다. 본 연구에서는 코로나 발생 전극이 결합형일 뿐만 아니라, 상부 및 하부 프레임과 체결된 형태이기 때문에 Fig. 13~16처럼 저주파 영역에서도 진동이 있음을 확인할 수 있었다.

진동주파수의 큰 변화가 없어서 이는 실험기간 동안 탈락 및 파손 등의 문제점이 없는 것으로 판단된다.

4. 결론

Pipe & spike 타입 코로나 발생 전극은 설치공사가 용이하고 제작공정도 간단하여 전기집진기의 개보수 및 집진효율 향상을 위한 성능 보완 작업시 주로 많이 사용되어지고 있는데 Pipe & spike 타입 코로나 발생

전극을 제작방법에 따라 4가지 타입으로 선정하여 추타력을 비교 시험한 연구 결과를 다음과 같이 요약하였다.

1. 본 연구에 사용된 4가지 타입의 코로나 발생 전극 모두 래핑에 의한 충격으로 파손은 발생하지 않았으나 A 및 B 타입인 경우 압착부분에서 약간의 변형을 확인 할 수 있었다.

2. B 및 C 타입 코로나 발생 전극은 진동전달력이 커서 추타력의 효과는 A 및 D 타입보다 매우 클 것으로 사료되나, 장기간 운전시 높은 진동에너지로 파손의 우려가 예상되며, 특히 B 타입의 경우 코로나 발생 전극 구조 및 강도 보완이 필요 할 것으로 사료된다.

3. C 및 D 타입 코로나 발생 전극의 결합 방식은 진동전달력이 다소 부족하나 진직도 유지 및 강도 측면에서 우수하고 안정적이라고 생각되며, D 타입코로나 발생 전극의 경우 현장에서 체결의 용이성 및 구조적 안정성 등 작업여건을 고려하면 현장 작업성은 가장 우수하였다.

4. C 타입 코로나 발생 전극은 현장에서의 작업성은 D 타입보다는 다소 부족하나 진동전달력에 의한 진직도 및 강도유지와 진동에 의한 추타력 등이 모두 우수하여 집진기 개보수 작업의 공사기간을 고려하면 가장 이상적인 코로나 발생 전극 연결방법임을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었습니다.

REFERENCES

- Bae, S. J., 2012, Design of a guide vane for improving flow uniformity of electrostatic precipitator, Master's Dissertation, Pusan National University, Busan, Korea.
- Jaworek, A., Krupa, A., Czech, T., 2007, Modern electrostatic devices and methods for exhaust gas cleaning : A Brief review, J. electro stat., 65(3), 133-155.
- Lloyd, D. A., 1998, Electrostatic precipitator handbook, Adam Hilger, Philadelphia, 112-121.
- Lee, J. W., Jang, J. S., Lee, S. H., 2011, Numerical investigation on capture of sub-micron particles in electrostatic precipitator without corona discharger, J. ILASS Korea, 16(2), 69-75.
- Mizuno, A., 2000, Electrostatic precipitation, IEEE T. Dielect. El. In., 7(5), 615-624.
- Podlinski, J., Niewulis, A., Mizeraczyk, J., 2009, Electro hydrodynamic flow and particle collection efficiency of a spike-plate type electrostatic precipitator, J. Electro Stat., 67(2-3), 99-104.
- Ryu, J. Y., Suh, J. M., Park, J. H., Jeon, B. K., Choi, K. C., Son, Y. I., 2007, Study on filter drag due to the change of operation conditions in a pulse air jet-type bag filter, J. Env. sci., 16(4), 449-458.
- Suh, J. M., Park, J. H., Cho, J. H., Jin, K. H., Jung, M. S., Yi, P. I., Hong, S. C., Sivakumar, S., Choi, K. C., 2014, Pressure drop predictions using multiple regression model in pulse jet type bag filter without venturi, J. Env. sci. intern., 23(12), 2045-2056.