

3C3) 원심력을 응용한 지하철 터널내 먼지 제거에 관한 연구

Study on the Dust Removal in Subway Tunnel Environment Adopting Centrifugal Force

조상환 · 송지한 · 김미정 · 이희관

인천대학교 토목환경시스템공학과 대기환경연구소

1. 서 론

지하철 터널내의 먼지 오염은 매우 심각한 상황이며, 이는 직접적으로 터널내에 상주하는 인원이 없기에 그 중요성이 상대적으로 과소평가되고 있는 실정이다. 더욱이 이와 같은 터널내의 오염도는 연결된 승강장 및 환기구에 직접적으로 전달되기도 한다. 최근의 보도 자료에 의하면 터널 내의 먼지 오염도는 PM_{10} $1,743\mu g/m^3$ 으로 황사에 노출된 오염도에 버금가는 수준이다. 더구나 이 먼지의 발생원을 분석한 결과에 의하면 대부분 열차 주행시 발생하는 기계적인 마찰 및 충격에 의한 것으로 중금속과 같은 인체 유해한 요소를 많이 함유하고 있다.

일반적으로 지하철의 운행은 폐쇄된 지하터널 구간을 이용하게 되며, 이러한 운행 특성상 열차의 주행에 의하여 발생하는 열차풍이 지하철 환기에 매우 큰 역할을 하는 것으로 보고된 바도 있다. 더욱이 지하철 터널의 경우에 있어서 터널내 공기질 관리를 목적으로 한 환기가 효율적으로 이루어지지 않는 시정이며, 이는 특히 최근에 지속적으로 도입되고 있는 지하철 승강장의 스크린도어로 인하여 그 오염부하가 가중되고 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 지하철 터널 환경에 적합한 제진원리를 적용한 축류유입식 직진형 원심력 집진장치의 기술개발을 하고자 한다.

2. 이론적 배경

일반적으로 먼지 제거에 대한 이론 및 기술은 이미 오래전부터 적용되어 많은 기기들이 현실에 응용되어 사용되어지고 있다. 그러나 대부분의 적용은 산업공정 상의 발생원을 관리하기 위한 예로 고농도의 오염원을 처리대상으로 하고 있고, 일부는 저농도의 오염원을 관리하는 청정실의 예를 들 수 있다. 이러한 집진원리는 직접차단, 관성충돌, 확산 및 정전기력을 그 기본 원리로 적용하고 있으며, 대부분 여과매체를 이용하므로 지하철 터널내의 환경특성상 현장에 적용하기에 제약이 많이 있다.

본 연구에서는 현재 널리 적용되고 있는 싸이클론 집진원리를 응용하여 변형된 집진장치를 고안하고, 이 제진장치를 본 연구에서 SWIRLER[®]라고 명명하였다(그림 1 참조). 이 축류유입식 직진형 원심력 제진장치는 여과매체를 사용하지 않으므로 압력손실이 적으며 대용량처리가 가능하고, 또한 기존의 반진형에 비하여 처리된 입자의 재비산율이 낮기 때문에 처리효율의 개선을 기대할 수 있다.

3. 연구 방법

본 연구에서는 지하터널내 공기 중의 먼지를 제거하기 위하여 싸이클론의 집진원리를 응용한 집진기술을 제안하였으며 제안된 집진기술을 수정/보완하기 위하여 다음과 같은 내용으로 연구를 수행하고 있다.

- 먼저, 각 요소별 설계인자의 범위를 설정하여 집진장치를 설계하고, 이를 바탕으로 CFD 모델링을 수행하고,
- Simulation 결과해석(그림 2) 후, Feedback 재설계를 통하여 최적 설계안 도출하였으며,

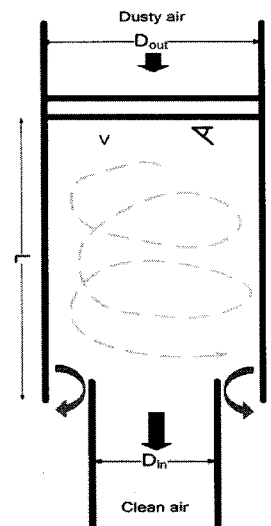


Fig. 1. Schematic diagram of Swirler.

- 설계조건을 바탕으로 실질모형제작, 각각의 요소 및 운전 조건을 실험, 그 결과를 CFD 모델링 결과와 비교분석하고
- 실증과 이론의 비교를 통한 개선 및 성능평가.

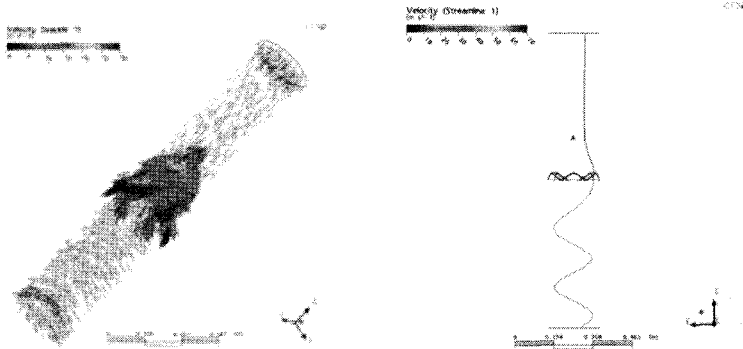


Fig. 2. CFD modeling for SWIRLER: air vectors(left) and streamline(right).

4. 결과 및 고찰

본 연구에서 제안된 집진기술을 수치해석, 모형실험을 통해 평가/분석한 결과, 각 입경별 처리효율의 변화가 관찰되었으며 입자가 작아질수록 효율이 낮게 나타났으며, 이는 기존의 이론적 배경과 일치하였다. 장치 전/후단의 압력손실은 25~35mmAq로 비교적 낮게 유지되었으며, 전체적인 실험결과 분석을 통하여 축류유입식 직진형 원심력장치를 이용하여 대용량의 가능성과 적은 압력손실의 유지에 따른 소모동력의 절감 등 여러 가지 이점을 확인할 수 있었다. 또한 본 연구에서 나타난 미세먼지 영역에서의 낮은 집진효율에 대해서는 추가연구를 통해 그 효율을 개선하고자 한다.

사 사

본 연구는 중소기업청 구매조건부신제품개발사업 중 “지하철역사내 공기질 관리를 위한 본선 외기도 입부 공기여과시스템”에 의해 일부 지원되었음을 알립니다.

참 고 문 헌

- 송지한 (2004) 열차풍을 고려한 지하역사내 공기질 예측모델 개발에 관한 연구, 서울시립대학교 석사학위 논문
- C. David Cooper (2001) Air Pollution Control.
- Seoul Metropolitan Subway Corporation (2003) Study on the Air Quality Improvement in Subway System.
- William C. Hinds (1998) Aerosol Technology.