

지하역사 공기조화기 에어필터 성능평가 방법론 개발

Establishment of Performance Evaluation Method for Air-Filter in the Air Handling Unit of Underground Subway Station

권순박† 김세영* 신창현** 배성준*** 황선호**** 강중구***** 김성환***** 김태성***** 김진호*****
Kwon Soon-Bark, Se-Young Kim, Chang-Heon Shin, Sung Joon Bae, Sun Ho Hwang, Choong-Ku Kang,
Seong-Hwan Kim, Taesung Kim, Jin-Ho Kim

ABSTRACT

Management of indoor air quality of underground subway station is an important issue. The air handling unit (AHU) installed in the underground subway station is the main facility determining the air quality of station. Especially for removing particulate matters, it is important to operate the appropriate air filter. However, there is no quantitative test method for existing air filter in site. It is rarely known that the collection efficiency of air filter can satisfy the designed criteria or not. In this study, we set the reference method using the mini-volume air sampler inside the AHU to evaluate the collection efficiency of different types of air filters. In addition, we applied the portable instrument based on the light-scattering method to the efficiency test. The method we applied in this study can be used in the evaluation of air filter in site.

1. 서론

최근 대중교통수단의 이용 승객수가 증가함에 따라 지하생활공간인 대규모 지하역사 및 지하상가 등의 실내공기질 관리에 대한 관심이 급격히 증가하고 있다. 실내공기질을 악화시키는 직접적인 오염물질의 70% 이상이 공기 속에 포함된 미립자이다(American Air Filter, 1998). 눈에 보이지 않는 초미립자들의 90% 이상은 호흡을 통하여 폐에 침투가 가능하며, 폐를 손상시킬 수도 있다. 지하공간 특히 지하철이 운행되는 역사에서 미세먼지 등에 의한 공기질의 악화는 심각한 사회적 문제로 대두되고 있으며, 이를 해결하기 위해서는 외부에서 유입되어 역사 내를 순환하는 공기질을 개선하는 근본적인 방법과 내부에서 발생 또는 순환(비산, 확산)하는 오염원을 최소화시키는 방법이 있다. 대부분의 지하역사의 경우 터널구간의 차량운행과 지상에서 유입되는 먼지등을 배출하기 위하여 자연환기나 공기조화설비에 의존한 강제환기를 통하여 실내공기를 관리하고 있으며, 공기조화설비는 승강장과 대합실을 구분하여 통상 2구역으로 나뉘어 설치되고 있다. 공기조화기를 이용하여 외부에서 유입되는 공기와 실내에서 리턴되는 공기를 냉각하고 에어필터를 통해 정화한 후 실내로 유입하고 있다. 본 연구에서는 대기공정시험법상에 제시되고 있는 중량법과 간이 측정법인 광산란법을 이용하여 지하역사 공기조화기에 설치된 다양한 필터에 대한 성능평가를 수행하였다. 시험은 실제운행중인 지하역사를 선정하여 공조기에 적용된 에어필터를 대상으로 필터 전단과 후단에서 공기중 먼지를 필터에 통과시켜 포집된 먼지의 무게를 측정하여 농도를 산출하는 Mini-volume air sampler와 광산란 방식의 측정장비를 이용하여 각 필터별 미세먼지의 포집효율을 측정하였으며 이를 통해, 지하역사 공기조화기에 설치되어 운영되고 있는 에어필터의 성능

† 책임저자 : 정희원, 한국철도기술연구원 도시철도공기질개선 연구단, 선임연구원
E-mail : sbkwon@krti.re.kr TEL : (031)460-5375 FAX : (031)460-5279
* 비회원, 성균관대학교 기계공학과 석사과정
** 비회원, 서울메트로 기술연구소, 차장
*** 비회원, 서울메트로 기술연구소, 주임
**** 비회원, 서울메트로 기술연구소, 선임
***** 비회원, (주)리트코, **
***** 비회원, (주)동명기술단, **
***** 비회원, 성균관대학교 기계공학과, 부교수
***** 정희원, 한국철도기술연구원 도시철도표준화연구단, 책임연구원

평가 방법론을 수립하도록 하겠다.

2. 연구방법

2.1 측정대상 공조기의 개요

공조기 에어필터의 성능평가를 위해 현재 운행중인 지하역사 4곳을 선정하여 여러 종류의 에어필터에 대한 성능평가를 수행하였다. 표 1은 측정대상 역사에 설치된 공조기 개요를 나타낸 것으로 공조기 4개 모두 급기팬이 설치되어 있었으며, A역과 C역의 경우 승강장 공조기로 B역과 D역의 대합실 공조기보다 풍량이 2배 이상 컸다. A역의 경우 부직포필터, B역사의 경우 복합형 필터로 프리필터 개념의 부직포필터와 자동세정형 전기집진기가 설치되어 운영되고 있었으며, C역사의 경우 자동세정형필터, D역사의 경우 롤필터와 백필터가 설치되어 있었다. 표 2는 제조사에서 제시한 에어필터의 성능 시험기준서이다.

Table 1. Specification of air handing unit

역사	용도	규격				구분	에어필터
		풍량 (CMM)	정압 (mmAq)	동력 (kW)	전원 (ϕ /V/Hz)		
A	승강장	1034	125	37	3/380/60	급기	부직포필터
B	대합실	333	100	11	3/380/60	급기	복합형필터
C	승강장	1500	105	45	3/380/60	급기	자동세정형필터
D	대합실	800	100	22	3/380/60	급기	롤필터, 백필터

Table 2. Evaluation standard of performance for air filter

종류	시험방법	시험조건	압력손실(mmAq)		분진포집효율
			초기	말기	
롤필터	중량법	시험풍속 2.5m/s	7.5	15	80%
백필터	중량법	시험풍속 2.5m/s	7.5	15	80%
자동세정형	중량법	시험풍속 2.5m/s	8	18	80%
복합형	비색법	시험풍속 2.5m/s	4	12	85%
프리필터	중량법	시험풍속 2.5m/s	7.5	15	80%

2.2 에어필터의 성능평가 방법

일반적으로 에어필터의 성능평가 방법은 중량법(AFI : American Filter Institute), 비색법(NBS : The National Bureau of Standards), 계수법(DOP : Di-Octyl-Phalane)으로 3가지가 있다. 본 연구에서는 중량법을 적용하였으며, 중량법은 합성분진 혼합물을 사용하여 시험대상 필터를 통과한 분진량을 통과 분진 포집필터의 중량 증가로서 측정한다(정용호 등, 2003). 분진포집효율은 분진공급량과 분진포집필터의 중량증가량에 의하여 산출하였다.

$$\eta(\%) = \left(\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \right) \times 100$$

η : 분진 포집효율(%)

Q_1 : 공급된 분진량(g)

Q_2 : 통과 분진 포집 필터가 포집한 포집량(g)

본 연구에서는 실제 사용되고 있는 에어필터를 대상으로 대기중의 미세먼지를 측정하기 때문에 대기 공정시험법에 제시되고 있는 주 시험법인 중량법과 간이 시험법인 광산란법을 이용하여 에어필터의 성능평가를 수행하였다. 필터 전단과 후단에서 공기중 미세먼지의 농도를 측정하여 미세먼지의 농도차이에 의하여 포집효율을 산출하였다.

$$\eta(\%) = \left(1 - \frac{C_2}{C_1}\right) \times 100$$

η : 미세먼지 포집효율(%)

C_1 : 에어필터 전단에서 미세먼지 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

C_2 : 에어필터 후단에서 미세먼지 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

각 공조기에 설치된 에어필터는 측정전달 교체(롤필터, 백필터, 부직포필터)를 하거나 세척(자동세정형 필터 복합형필터)을 하였다. 측정장비는 중량법 방식의 Mini-volume air sampler(Air Metrics)와 광산란 방식의 미세먼지 측정기(LD-3B, Sibata)를 사용하였다. Mini-volume air sampler의 경우 포집관에 임팩터(nozzle size : $2.5\mu\text{m}$ $10\mu\text{m}$)가 달려있어 PM2.5와 PM10 농도를 측정할 수 있다. 그림 1은 공기조화기의 개념도로 에어필터 전단과 후단에 Mini-volume air sampler와 LD-3B를 설치한 후 공조기를 가동시킨 상태에서 내부 미세먼지의 농도를 측정하였다. 대기공정시험법상 Mini-volume air sampler의 공기 포집시간은 8시간 이상으로 본 실험에서는 20시간으로 설정하였다. 압력손실의 경우 공조기의 기밀이 유지되지 않은 상황으로 내부 차압장치가 장착이 되어 있지만 데이터 값에 신빙성이 없어 측정항목에서 제외시켰다.

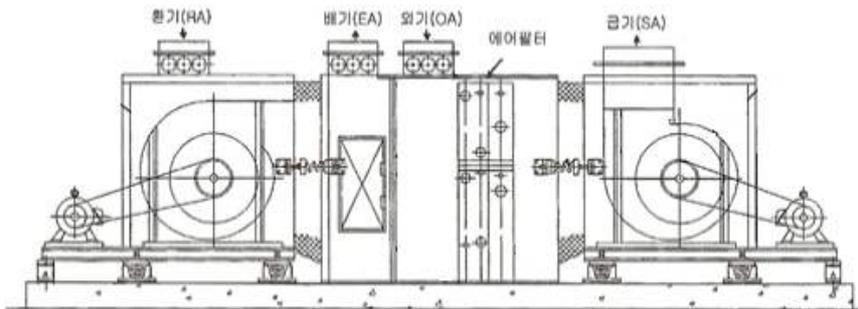


Fig 1. Schematic diagram of air handing unit

3. 결과 및 고찰

에어필터의 성능평가를 위해 전단과 후단에 측정장치를 설치하여 측정하였으며, 에어필터 종류별 중량법에 의해 산출된 포집효율과 광산란법에 의해 산출된 포집효율은 그림 2에 나타내었다. X축은 각 역사에 설치된 에어필터를 나타낸 것으로 D의 경우 D_1은 롤필터, D_2는 백필터를 나타낸다. A와 B를 보면 미세먼지 포집효율이 중량법의 경우 24.1% 47.5%, 광산란법의 경우 21.4%, 30.6%의 포집효율을 나타냈다. 여러 가지 에어필터 방식 중 복합형필터의 포집효율이 47.5%로 단일 필터 방식보다 포집효율이 높은 것으로 나타났다. 하지만 실제 에어필터의 성능평가 결과는 설치전 단품 평가에서 나온 성능의 절반 수준에도 못 미치는 것으로 보인다. 또한, 공조기 에어필터에 관한 유지관리 기준이 없는 상황으로 현장에서 운영할 때 성능평가는 거의 이루어지고 있지 않다.

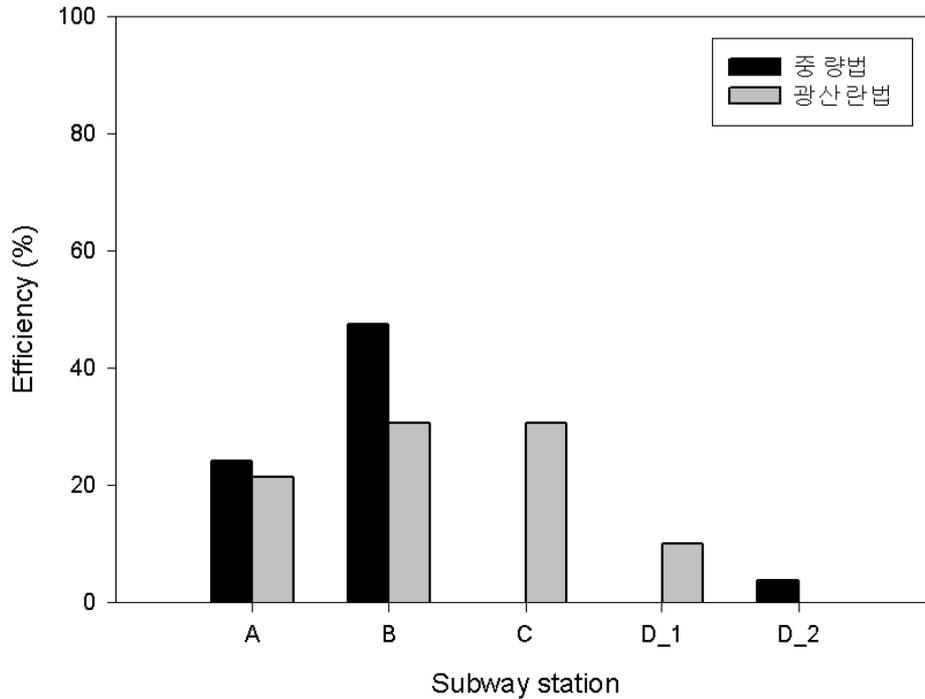


Fig 2. Collection efficiency of air filter for weigh and light scattering

4. 결 론

본 연구에서 지하역사 공기조화기에 적용되는 다양한 방식의 에어필터에 대해 운영중인 상태에서 중량법과 광산란법을 적용하여 에어필터의 입자포집효율을 측정하였다. 에어필터의 경우 설치된 단품 단계에서 성능평가기준(통상 중량법 80~90% 이상)을 통과한 제품에 대해 공기조화기에 설치하도록 되어 있으나, 현장에서 실제 운행되는 에어필터의 경우 제시된 성능에 크게 미치지 못하는 것으로 나타났다. 향후, 본 연구에서 제시된 성능평가 방법을 적용하여 전반적인 에어필터 성능평가 연구를 추가할 예정이다. 그리고, 공조기내 빠른 유속으로 인한 샘플링 오차를 줄일 수 있는 새로운 방식의 입자도입부(inlet) 설계를 통해 측정오차를 최소화 하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 미래도시철도기술개발사업(09 미래도시철도 A-01)의 연구비지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. American Air Filter, Technical Data-book, 1998.
2. 정용호, 박병윤, 손장열, “현장측정에 의한 공기조화기 에어필터의 성능평가”, 대한건축학회논문집, 20권, 7호, pp.216-223, 2004.