

# 도시철도 지하역사 공기조화기의 미세먼지 저감성능 개선을 위한 사전연구

강 중 구, \*신 창 현, \*배 성 준, \*\*권 순 박, \*\*김 세 영, \*\*한 석 윤  
로얄정보기술, \* 서울메트로. \*\* 한국철도기술연구원

## Pre-study for the improvement of air filtration performance in the air handling unit of subway station

Joong-Goo Kang, \*Chang-Heon Shin, \*Sung-Joon Bae, \*\*Soon-Bark Kwon, \*\*Se-Young Kim,  
\*\*Seok-Yoon Han

*RITCO, Seoul 120-700, Korea,*

*\*Seoul Metro, Seoul 137-712, Korea*

*\*\*Korea Railroad Research Institute, Uiwang 437-757, Korea*

**Abstract** : Particulate matter (PM) is one of the major indoor air pollutants especially in the subway station in Korea. In order to remove PM in the subway station, several kinds of PM removal system such as roll-filter, auto-washable air filter, demister, and electrostatic precipitator are used in the air handling unit (AHU) of subway station. However, those systems are faced to operation and maintenance problems since the filter-regeneration unit consisting of electrical or water jet parts is malfunctioned due to the high load of particulates and the filter material needs periodic replacement. In this study, we surveyed the particle removal systems in order to develop the new system of particle removing can be adopted in the current AHU of subway station.

**Key words**: Air handling unit(공기조화기), Air filtration system(공기정화시스템), Axial-flow Cyclone(축류 싸이클론), Subway station(지하철역사), Particulate matter(미세먼지)

### 1. 서론

최근 다중이용시설 내의 실내공기질에 대한 관심이 증대되면서 주요 대중교통수단인 지하철 내 실내공기질의 쾌적성이 주목받고 있다. 지하역사 내 실내공기는 외부 공기를 이용하여 공기조화기 내 필터를 통과한 후, 대합실 및 승강장으로 제공된다. 공기조화기의 에어필터는 통상 전단 프리필터와 후단 자동필터의 2단으로 구성된다. 프리필터는 여재교환용 에어필터가 사용되고 있으며, 저성능 포집효율을 가지며 교환주기가 짧고, 후단 자동필터는 다양한 종류의 에어필터가 적용되고 있다. 최근 개통된 역사나 냉방공사를 한 역사의 경우, 여재교환용 에어필터를 사용하는 대신 양면자동세정형 에어필터를 사용한다. 그러나 물을 이용한 필터세척과정에서 전기장치에 대한 영향이 발생하고, 추가적으로 폐수처리 설비

가 필요하다. 본 연구에서는 이러한 공기조화기에 적용될 수 있는 전단 프리필터로 축류방식의 싸이클론 기술을 적용하기 위하여 기존 지하철 역사의 공조시설 및 공기여과장치를 조사하고 운영실태를 파악하고자 한다.

### 2. 현장조사 및 내용

#### 2.1 현장조사

현재 운영 중인 지하철 4호선의 서울역, 명동역, 회현역에 대하여 공기조화기 현장조사를 하였다. 조사 대상 역중 서울역의 경우 공조실이 지하 1층 역사 양 끝단에 위치하고 있고, 총 2개의 공조실에 공기조화기는 대합실용, 승강장용으

로 구분되어 있다. 공급유량은 대합실이 642 CMM, 승강장이 832CMM 이다(Table 1).

Table 1. Specification of air handling unit.

구 분	장비명	형 식	규 격			
			풍량 (CMM)	정압 (mmAq)	동력 (kW)	전 원 (℃/V/Hz)
서울역	대합실 공조기	Sirocco	642	89	19	3/380/60
	승장장 공조기	Air Foil	834	97	22	3/380/60
명동역	대합실 공조기 (급기)	Air Foil	600	100	19	3/380/60
	대합실 공조기 (배기)	Sirocco	517	45	11	3/380/60
회현역	대합실 공조기 (급기)	Air Foil	333	100	11	3/380/60
	대합실 공조기 (환기)		283	100	11	3/380/60

Fig. 1은 대합실용 공기조화기의 모습이다. 공기조화기에 적용된 미세먼지 저감시스템은 서울역의 경우 가장 오래된 역사 중 하나로 공기조화기 내 미세먼지 저감장치는 전단에 롤필터(roll filter)와 후단에는 백필터(bag filter)를 사용하고 있다. Fig 2와 3은 롤필터와 백필터 사진이며, Table 2는 필터 규격에 대한 내용이다.



Fig. 1 Air handling unit for platform

명동역의 경우 공조실이 지하 3층, 4층 양 끝에 위치하고 있고, 총 4개의 공조실에 대합실 공기조화기(급기, 환기), 승강장공기조화기(급기, 환기)로 구분되어 있다.



Fig. 2 Roll filter



Fig. 3 Bag filter

Table 2 Specification of air filter unit (Seoul station)

장비명	형 식	규 격	
		가로길이	세로길이
대합실공조기	Roll filter	1.38m	20m
	Bag filter	610mm	610mm
		610mm	605mm
승장장공조기	Roll filter	1.68m	20m
	Bag filter	610mm	610mm

Table 1에는 조사한 공조실만 소개되어 있으며, 지하 3층 공조실의 대합실공기조화기(급기)의 공급유량은 600CMM, 대합실공기조화기(환기)는 517CMM 이다. 공기조화기에 적용된 미세먼지 저감시스템은 서울역과 달리 전단필터에 연속세정형 방식을 이용하여 판넬필터로 먼지를 걸러낸 후, 침착된 먼지를 물을 분사하여 세척하는 방식을 사용하고 있고, 규격은 다음과 같다.

Table 3 Specification of auto air filter (Myeongdong station)

장비명	형식	규격			
		풍량 (CMM)	정압 (mmAq)	동력 (kW)	전원 (℃/V/Hz)
외기급기 정화용	양면자동세정형 데미스터	2,208	10//20	5	3/380/60
대합실 공조기용	연속세정형 전기집진기	550	8//12	5	1/220/60



Fig. 4 Filter cleaning by single water jet

Fig. 4는 판넬필터에 침착된 먼지를 제거해주는 모습이다. 또한, 물을 분사하여 필터를 세척하는 양면자동세정형 방식은 외기공기가 유입되고 있는 환기구에도 적용되고 있다(Fig. 5).



Fig. 5 Filter cleaning by multiple water jet

회현역 공조설비는 명동역과 거의 유사하다. 공조실이 지하 2층, 3층 양 끝단에 위치하고 있고, 총 4개의 공조실에 대합실공기조화기(급기, 환기), 승강장공기조화기(급기, 환기)로 구분되어 있다. 마찬가지로 Table 1에는 조사한 공조실만 소개되어 있으며, 공급유량은 급기 환기 각각 333CMM, 283CMM 이다. 공기조화기에 적용된 미세먼지 저감시스템은 명동역과 같으며, 규격은 다음과 같다.

Table 4 Specification of auto air filter (Hoe-hyun station)

장비명	형식	규격			
		풍량 (CMM)	정압 (mmAq)	동력 (kW)	전원 (℃/V/Hz)
외기급기 정화용	양면자동세정형 데미스터	2,012	9//18	18	3/380/60
대합실 공조기용	연속세정형 전기집진기	333	4//12	10	1/220/60

## 2.2 양면 자동세정형 데미스터

최근 지하철에서 가장 많이 적용되고 있는 먼지 저감장치 시스템은 양면 자동세정형 데미스터이다. 양면 자동세정형 데미스터는 지하철 역사 내 외기도입에 따른 먼지, 수분 및 기름먼지, 미세먼지 등을 제거하고 정기적으로 세정 재생할 수 있다. 이는 공기조화기 내에서 먼지를 제거하기 전에 1차적으로 외부공기 내에 있는 먼지를 제거해주는 장치이다. 포집효율은 중량법 기준으로 80%이상의 효율을 가지며, 1차 환기구(외기도입부 챔버 내부) 내에 설치 되고 있다. 환기실 이후 2차적으로 급수 장치(배관, 탱크, 펌프 등)가 설치되어 있으며, 또한 겨울철 동결방지장치도 포함되어 있다. 양면 자동세정형 데미스터의 구조를 보면 본체, 여재, 자동세정장치 및 배관, 자동제어장치, 겨울철 동결방지 장치로 구성되어 있다. 본체의 규격을 보면 풍량 및 면풍속 2.5m/s 이내로 면적에 맞추어 필터장치의 그기를 설계하였고, 1개의 필터장치는 최대 높이 3.5m를 기준으로 하였다. 또한 외곽 후레임 및 필터가이드는 STS 304를 사용하여 지지 브라켓 등을 설치하였고, 틈새는 기밀이 유지되도록 설계하였다. 여재는 STS 또는 동등 이상의 재질이며 스크린 처리된 것으로 사용하였으며, 여재 양면에는 밀

림이나 변형이 없도록 STS 재질의 보호망 및 다이아몬드형 보강대를 설치하였다. 세정장치는 스크류 구동 구조로 상·하 또는 좌·우로 이동하여 세정하는 방식으로 구동부 등이 방수형이며, 필터 장치 유입·유출 측 양면에 각각 설치되어 있다. 노즐은 STS 또는 황동재질로 세정의 사각지대가 없도록 분사각도 조절이 가능하게 설계되었다. 운전은 자동 및 수동운전이 가능하며, 고장이 없는 기계방식으로 세정기간과 세정시간의 조절이 가능하다. 또한, 물탱크내의 세정수는 겨울철에 동결방지를 위해 일정온도(4~10℃) 이하 시 설정온도(70~80℃)까지 고온 유지할 수 있는 히터장치가 내장되어 있다.

### 2.3 새로 적용할 미세먼지 저감장치

기존 공기여과장치와 달리 새로 적용할 미세먼지 저감장치는 사이클론을 이용하는 방식으로 분진을 분리하여 걸러내는 방식이다. 장치를 교환할 필요가 없어 유지관리 및 교체비용이 거의 들지 않는다. 또한 축류(Axial-flow)방식의 축류사이클론을 사용함으로써 필터의 두께 및 부피를 줄이고 적용성을 높여 공기조화기 내에 설치가 용이하다. Fig. 6은 분진이 포함된 공기가 여과시스템을 통과하면서 분진이 제거되어 더스트트랩(Dust trap)으로 분진을 제거하는 개념도를 나타내고 있다. 향후, 더스트트랩은 분진제거 효율을 높이기 위해 기존에 운영중인 백필터 시스템과 연계하여 운영할 수 있다. 각각의 분진제거셀(Removal cell)이 사이클론 형태로 판넬에 장착되며, 각각 셀의 개념도는 Fig. 7과 같다.

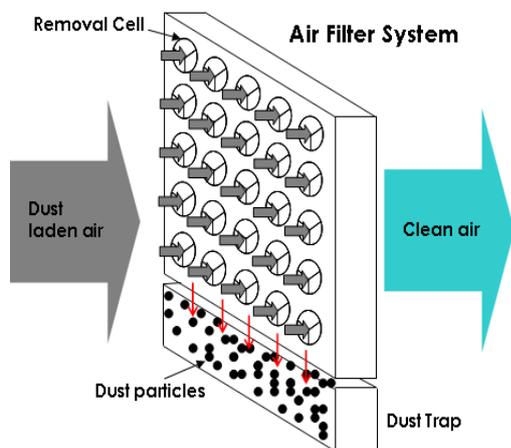


Fig. 6 Concept of new air filtration

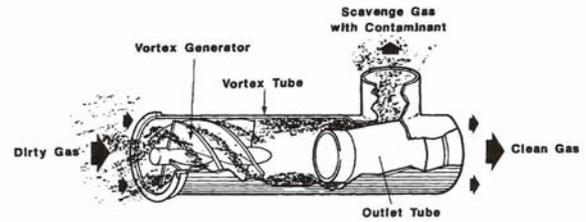


Fig. 7 Axial-flow cyclone

위의 미세먼지 저감장치 시스템은 1마이크론 이상의 미세입자에 대하여 낮은 압력손실(20mmAq 이하)을 가지며, 분진포집율은 질량법으로 70~90%, DOP법으로 5~10%의 포집율을 갖는 사양으로 설정하였고, 분진유지 용량은 필터가 분진을 바로 더스트트랩으로 이송하기 때문에 이론적으로 무한대의 분진유지 용량을 가진다. 미세먼지 저감 시스템이 개발되면 이는 한국 공기청정협회의 에어필터 성능시험 방법(KACA-99-02-004-A)에 근거하여 성능평가를 수행하게 된다. 이 규격은 빌딩, 공장, 사무실, 지하공간 등에서 공기 중의 부유 분진을 제거하기 위하여 사용하는 중성능 및 저성능 필터와 클린룸 등에 사용하는 고성능 필터에 대한 규정이다.

### 3. 결론

서울역의 경우 냉방장치가 미설치되어 있는 전형적인 지하철 4호선 역사에 해당하며, 명동역과 회현역은 2006년 냉방공사를 완료하면서 공조시설이 전면 교체된 역사이다. 이상의 세 개 역사에 대한 공기조화기 설비를 조사하였다. 조사결과, 미세먼지 저감에는 롤필터, 데미스터, 자동재생형, 등이 적용되고 있는 것으로 나타났다. 그러나, 지상 환기탑을 통해 지하역사로 유입되는 신선공기에 도로상의 많은 분진이 유입되고 터널 등에서 발생하는 비산먼지가 지하역사에 높은 농도로 분포하기 때문에 현재의 정화장치는 운영상의 애로사항을 가지고 있는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서 궁극적으로 개발하고자 하는 유지보수가 필요없는 사이클론 형태의 미세먼지 저감장치의 개발 필요성이 높다고 판단된다. 특히, 물을 사용하지 않는 건식 방식과 필터 소재의 교체가 필요없는 장점과 더불어 높은 농도에서 적용될 수 있는 장점이 있다. 향후, 다양한 지

하역사 공조시설의 추가적 조사를 통해, 기존 시스템을 최소한의 비용으로 개조하여 미세먼지 저감성능을 향상시킬 수 있는 장치를 개발할 필요가 있다.

### **감사의 글**

본 연구는 건설교통부 도시철도표준화2단계 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### **참고문헌**

1. 조울연, 2004년, 기계설비, 도시철도기술자료집 (8), 이엔지·북.