

지하역사 공기조화기 장착용 판넬형 부직포필터 성능 연구

A study on panel structure filter performance of air handling units for subway stations

황선호† 배성준* 신창현** 박윤호*** 권순박**** 김세영*****

Sun-Ho Hwang Sung-Joon Bae Chang-Hun Shin Youn-Ho Park Soon-Bark Kwon Se-Young Kim

ABSTRACT

As the life quality is higher and higher, the requirement for the clean air in a subway station is strongly being increased. Therefore, many researches have been performed about that. Seoulmetro has taken many parts and has applied latest products for the higher level of air quality. However, by various kinds of facilities, it is hard to maintain the facilities and verify their performances. Therefore it is better to use qualified air filter system by the performance test at subway stations than to apply newly developed one without any verification. This study is focused on the performance verification for a panel structure, which consists of non-woven fabric, to suggest the standard of air filter systems.

1. 서론

시민들의 생활수준이 높아짐에 따라 지하공간에서의 공기질 수준에 대한 기대치가 커지고 있으며, 관련연구 또한 활발하게 이루어지고 있다. 서울메트로는 이에 대응하여 다양한 신규 연구사업을 발굴 및 참여하고 있으며, 신규 개발되는 우수한 성능의 공기여과장치를 우선 적용하여 지하역사 공기질 개선을 이루고 있다.

그러나 다종의 필터관련 시설물은 유지관리 및 성능검증에 어려움이 있다. 최신 시설물을 성급하게 적용하기 보다는 현재까지 운용해온 필터 중 성능 및 운영여건이 좋은 필터를 선정하여 우선 적용하고, 계속적으로 개발되는 신제품을 시범적용 후 신규 설치하는 방안이 마련되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 가장 기본이 되는 판넬형 부직포필터에 대한 성능 연구를 통해 지하역사 공기조화기 필터로써의 성능수준을 제시하고자한다.

† 정회원, 서울메트로, 기술연구소, 선임
E-mail : deathbound@seoulmetro.co.kr
TEL : (02)6110-5038 FAX : (02)6110-5338

* 정회원, 서울메트로, 기술연구소, 주임

** 정회원, 서울메트로, 기술연구소, 차장

*** 비회원, 서울메트로, 기술연구소, 부장

**** 정회원, 한국철도기술연구원, 철도환경연구실, 선임연구원

***** 정회원, 한국철도기술연구원, 철도환경연구실, 연구원

2. 서울메트로 필터설치현황

2.1 1호선 공조기 필터설치현황

국내 첫 운행을 시작한 1호선에서는 판넬형 필터가 주류를 이루며, 2005년 12월 신설 개통된 동묘앞역은 비교적 최신형의 필터가 운용되고 있다.

표2-1 1호선 공조기 필터 설치현황

호선	역사명 지하(지상)	판넬형	백필터	롤필터	데미스터	복합여과	전기집진기	카트리지	여재정전 식
1호선 계	10역								
1	서울역	○							
	시청	○							
	종각	○							
	종로3가	○							
	종로5가	○							
	동대문	○							
	동묘앞					○			
	신설동	○							
	제기동	○							
	청량리	○							

2.2 공조기 필터 성능기준 및 공기질 현황

○ 서울메트로 공조기 필터는 통과풍속2.5m/s에서 집진효율80%이상, 압력손실20mmH₂O 이하의 성능을 요구하고 있으며, 특히 판넬형 필터의 경우 ASHRAE STANDARD 52.1에 의한 중량법에서 초기압력손실 : 7.5mmAq 이하(시험풍속 2.5m/sec에서), 분진포집효율 : 80% 이상 (시험풍속 2.5m/sec, 말기압력손실 15mmAq 이하)의 성능을 요구하고 있다.

○ 판넬형 필터 교체주기 : 역사별로 월1~5회 교체를 실시하며, 황사발생 등 먼지 외기 공기질의 여건 및 필터 상태에 따라 교체주기 조정

이상의 조건에서 서울메트로 1호선구간 공기질은 표2-2와 같이 관리되고 있다.

표2-2 2009년도 1호선 공기질측정결과(서울메트로 홈페이지 게시)

역사명	유 지 기 준				권 고 기 준				
	PM10	CO2	HCHO	CO	NO2	Rn	VOC	석면	O3
공기질 기준	140 μ g/m ³	1,000ppm	100 μ g/m ³	9ppm	0.05ppm	4pCi/ℓ	500 μ g/m ³	0.01개/cc	0.06ppm
평 균	104.2	506.9	16.4	0.9	0.032	0.53	136.7	0.0013	0.005
서울역	101.6	552.9	14.1	0.7	0.047	0.37	101.3	0.0013	0.005
시 청	106.7	479.1	13.9	0.8	0.040	0.38	95.3	0.0009	0.002
종 각	122.3	522.9	18.9	1.0	0.033	0.53	41.8	0.0008	0.002
종로3가	88.7	641.8	19.1	0.8	0.022	0.35	181.9	0.0021	0.015
종로5가	114.1	497.4	16.0	0.9	0.035	0.77	204.6	0.0012	0.001
동대문	90.6	463.6	13.5	0.9	0.017	0.35	77.4	0.0013	0.005
동묘앞	92.5	417.2	14.1	1.0	0.024	0.62	102.1	0.0013	0.014
신설동	117.2	473.0	15.5	1.2	0.027	0.56	189.9	0.0020	0.003
제기동	106.2	564.5	19.1	1.0	0.039	0.45	93.8	0.0008	0.004
청량리	101.8	457.0	19.4	1.0	0.032	0.89	279.3	0.0012	0.003

3. 판넬형 필터 성능측정

3.1 측정개요

○ 측정대상 : 서울역(1) 판넬형 부직포 필터

회현(4) 판넬형 부직포 + 전기집진 + UV램프

사당(4) 판넬형 부직포 + 자동세정(재생)형 데미스터

신림 롤필터 + 백필터

○ 측정장비 측정방법

1) 중량법

- 분석방법 : 데시게이터에 보관하여 수분이 제거된 45mm필터(Membrane, Quartz)의 측정 전 무게를 잰 후, 5 l/m의 유량으로 8시간 이상 미세먼지를 포집하여 필터의 무게 차이를 이용하여 대기중의 미세먼지 중량을 측정

- 측정장비 : Mini Volume Air Sampler 20시간 측정

- 측정항목 : PM10, PM2.5

2) 광산란법

- 분석방법 : 입자가 빛을 통과할 때 발생하는 산란량으로 입자의 농도를 측정

- 측정장비 : PMX-II, LD-3B 2회 측정

- 측정항목 : PM10

○ 측정사진

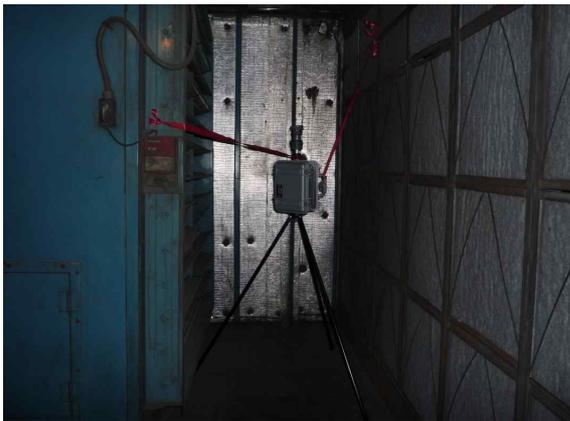


그림 3-1 Mini Volume Air Sampler 설치



그림 3-2 PMX-II 설치 및 데이터 전송

3.2 측정결과

3.2.1 공조기 규격

표3-1 서울역(1) 승강장공조기 규격

장비명	규격				형식	설치년도
	풍량 (CMM)	정압 (mmAq)	동력 (kW)	전원 (ϕ /V/Hz)		
승강장 공조기	1034	125	37	3/380/60	익형	1991

표3-2 회현역(4) 대합실공조기 규격

장비명	규격				형식	설치년도
	풍량 (CMM)	정압 (mmAq)	동력 (kW)	전원 (ϕ /V/Hz)		
대합실 공조기	333	100	11	3/380/60	익형	2008

표3-3 사당역(4) 승강장공조기 규격

장비명	규격				형식	설치년도
	풍량 (CMM)	정압 (mmAq)	동력 (kW)	전원 (ϕ /V/Hz)		
승강장 공조기	1500	105	45	3/380/60	익형	2002

표3-4 신림 대합실공조기 규격

장비명	규격				형식	설치년도
	풍량 (CMM)	정압 (mmAq)	동력 (kW)	전원 (ϕ /V/Hz)		
대합실 공조기	800	100	22	3/380/60	익형	1997

표3-5 필터성능측정결과

구 분	측정 효율(%)		적용 필터
	광산란법	중량법	
서울역	21.4	24.1	부직포
회현	30.6	47.5	부직포+전기집진+UV램프
사당	30.6	-	부직포 + 자동세정형
신림	10.1	-	롤필터
신림	-	3.7	백필터

※ 측정결과 전반적으로 낮은 효율은 지하역사 공조기의 높은 풍량과 풍속, 측정포인트에 따른 결과 값의 차이 또는 공조기 바닥의 미세먼지 부유 등에 의한 것으로 판단된다. 표3-6 와 같이 측정대상역에 대한 2009년도 공기질 측정결과 서울역은 판넬형 부직포필터만으로 공기질기준을 만족시키며 필터성능측정 결과 와 공기질 측정결과가 비교적 선형관계를 보이고 있다.

표3-6 필터성능측정 대상역사 2009년도 공기질 측정결과(서울메트로 홈페이지 게시)

역사명	측정일	유지기준				권고기준				
		PM10	CO2	HCHO	CO	NO2	Rn	VOC	석면	O3
공기질 기준		140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,000ppm	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9ppm	0.05ppm	4pCi/ℓ	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.01개/cc	0.06ppm
서울역	10/27	101.6	552.9	14.1	0.7	0.047	0.37	101.3	0.0013	0.005
회현	6/19	78.1	492.5	14.4	1.0	0.014	0.80	73.3	0.0013	0.007
사당	11/11	96.2	517.4	17.7	0.5	0.028	0.34	52.9	0.0008	0.003
신림	6/22	80.2	484.4	13.4	0.8	0.019	0.23	82.6	0.0008	0.016



그림3-3 보건환경연구원 대기오염도 측정자료(PM10)

3.3 공기여과장치 집진효율

부직포 필터의 우수성을 나타내는 조사자료가 있어 그림3-3과 같이 삽입하였다. PM10, PM2.5 모두 부직포필터가 가장 포집효율이 높은 것으로 표현하고 있다.

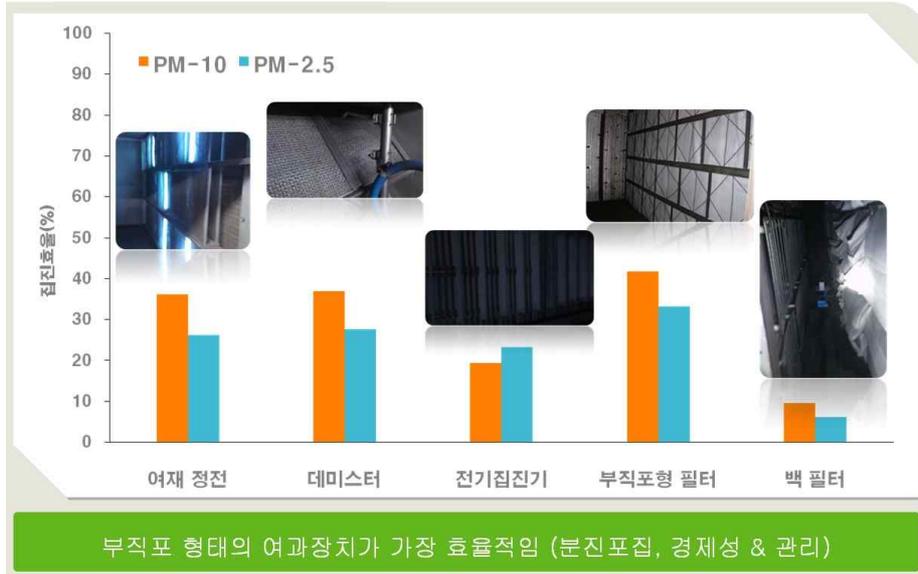


그림 3-4 필터 집진효율(출처 : 지하역사 및 터널의 인공지능형 공기질제어 및 관리시스템 개발과제 발표자료)

4. 도시철도 운영기관 운영실태 설문조사

4.1 개요

서울메트로 외 4개 운영기관 환기설비 담당자 206명을 대상으로 설문조사를 실시하여 포집효율, 유지관리 효율 등 현장담당자의 의견을 고려함으로써 다각적으로 검토하고자 하였다.

4.2 설문내용 분석

4.2.1 미세먼지 제거에 효율적인 필터와 유지보수에 편리한 필터

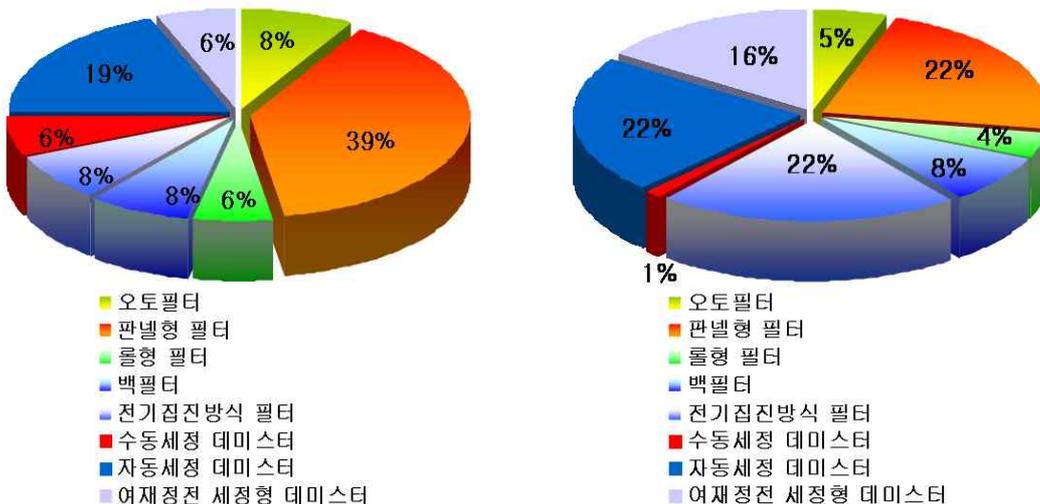


그림 4-1 미세먼지 제거

그림 4-2 유지보수 편리성

○ 미세먼지 제거효율 항목에서 판넬형필터의 선정이유

: 주기적교체, 단순구조, 집진효과, 기름먼지제거, 관리용이, 육안점검, 효율

○ 유지보수 편리성 항목에서 판넬형필터의 선정이유

: 교체용이, 육안점검가능, 단순 간편, 고장이 적음, 작업용이, 구동장치 없음, 비용저렴

4.2.2 가장 효율적이며 경제적인 필터의 조합

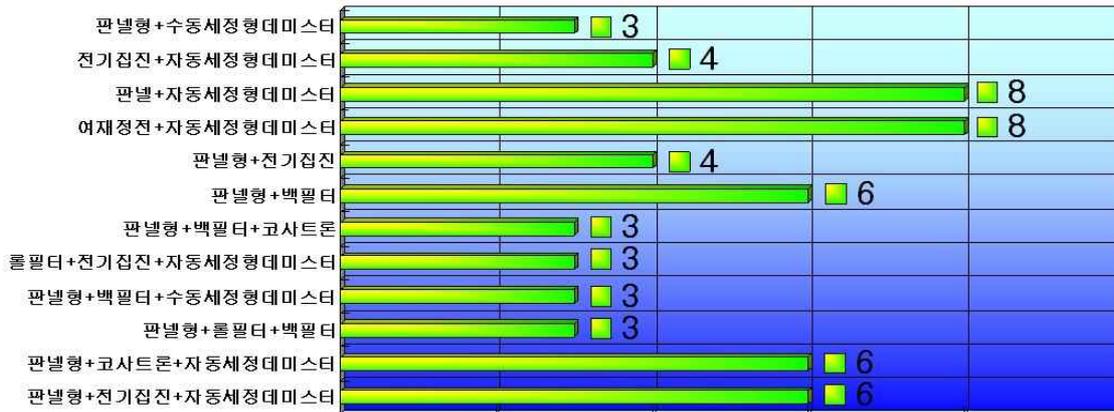


그림 4-3 가장 효율적이며 경제적인 필터의 조합

○ 판넬형과 자동세정형 데미스터가 가장 많은 선택을 받음

※ 설문조사 검토결과 공조기 필터를 직접 운영하는 담당자는 판넬형 부직포 필터를 가장 선호하고 있는 것으로 조사되었다.

5. 요약 및 결론

역사가 가장 오래된 서울메트로 1호선은 서울시의 주요도심구간이며, 노후된 시설, 환기구 높이 및 위치 등의 악조건으로 2~4호선에 비하여, 공기질관리에 대한 악재요소가 많이 존재한다. 그러나 현재까지 판넬형 부직포 필터만으로, 충분히 관리기준 이하로 운영되고 있으며, 역사별 조건에 따른 적절한 교체주기 관리로 탄력적으로 운영하고 있다. 서울메트로 및 이의 기관에서 실시한 필터성능 측정결과는 다른 최신형 필터에 비해 떨어지지 않는 성능을 보여주며, 환기설비를 관리하는 담당자에게도 우수한 성능과 유지관리에서 비교적 좋은 평가를 받고 있다. 현재는 한 종류의 필터를 단독으로 설치하기 보다는 다른 필터와의 조합을 통해 서로의 단점을 보완하는 방식이 많이 사용되고 있다. 따라서 최신의 필터기술 개발과 병행하여, 다양한 필터의 조합으로 지하철의 특성에 맞는 시스템을 구상하고 기존 시스템을 개량하는 방향으로 연구가 이루어져야 한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 도시철도표준화2단계 연구개발사업의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

2009“공기여과장치 표준화방안 연구”, 서울메트로