

# 서울지하철 역사신설 및 본선환기개량시 공조환기설비 계획

기존 지하철 시설개량에 따른 신설역사 및 본선에 대한 공조환기설비 계획시 고려해야 할 사항에 대해 정리하여 소개하고자 한다.

김 호 성, 오 명 도

서울에는 2000년 12월 지하철 6호선의 개통으로 제2기 지하철이 완성됨에 따라 서울지하철 8개 노선망이 구축되었다. 이에따라 서울시는 노선 상호간 환승편의 등 지하철 이용 승객에 대한 편의를 도모하고, 새롭게 대두한 수송수요에 대응하기 위하여 제1기 지하철인 기존 지하철에 동마장역 및 동묘앞역 2개 역사를 신설하게 된다. 현재 기본설계를 마치고 실시설계 중에 있으며 2005년 8월 개통예정이다.

이 중에서 동마장역은 동대문구청의 신축입주, 용두근린공원 조성 등 공공시설의 설치와 대형할인매장 신축 등 새로운 상권의 확대로 통행수요가 크게 증가함에 따라 기존 지하철 2호선(성수지선) 신설동역과 신답역사이인 동마장네거리역 역사를 신설하게 된다.

이번 사업은 노선 전체를 신설하는 것이 아니고 기존 지하철노선의 시설을 개량하여 역사를 신설하고

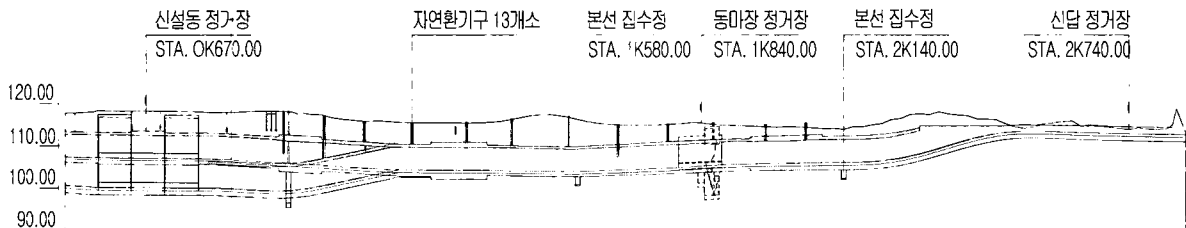
본선환기 시설을 개량하는 경우로서 기존 구조물 및 지형적인 제약조건을 고려하여 공조환기설비를 계획하여야 한다.

## 기존지하철 시설개량 개요 및 본선환기 방식

### 기존지하철 시설개량 개요

그림 1은 지하철 2호선의 성수지선인 신설동역과 신답역사이의 본선구간을 나타내며, 자연환기구에 의해 터널내 환기를 하고 있다. 기존 지하철에 역사를 신설하기 위해서는 기존 본선구조물을 열차가 운행하는 중에 박스 구조물의 벽체부분을 철거하고 추가되는 구조물과 연결시켜 역사를 신설하게 된다.

기존 지하철 2호선 성수지선에 신설되는 동마장역 주변 본선부분의 환기는 자연환기방식이다.



[그림 1] 기존 지하철 시설 개요도(신설동역 ⇔ 신답역구간)

김 호 성 서울시지하철건설본부 시설부(hosung@seoul.go.kr)

오 명 도 서울시립대학교 기계정보공학과(mdoh@uos.ac.kr)

표 1과 같이 신설동역과 신답역사이에는 최소 85~120m(평균 약100m) 간격으로 13개의 자연환기구가 있으며, 환기구 풍도단면적은 7.20~8.00㎡이고, 개소당 평균 단면적은 7.63㎡이다.

자연환기방식은 터널내 환기를 단지 통행하는 열차의 피스톤 효과에 의한다. 따라서 자연환기방식은 별도의 동력을 필요로하지 않는 장점이 있으나 기존 자연환기구를 이용시 터널내 열차운행으로 발생하는 축열 및 오염된 공기를 제거하기 위한 충분한 환기량 확보 여부를 검토하여야 한다. 그러나 자연환기방식은 터널화재 등 비상시 배연풍속을 유지하기가 곤란하므로 시설개량시에는 강제환기방식을 고려한다.

일반적으로 서울지하철에 적용하고 있는 본선구간의 강제환기방식은 그림 2, 3과 같이 단선구간과 복선구간으로 구분된다.

단선구간은 열차가 한방향으로만 진행하므로 터널내 기류방향이 일정한 점을 고려 열차 진행에 따른 기류방향과 팬의 기류방향을 일치시켜 환기효과를 높일 수 있는 종류환기(longitudinal ventilation) 방식을 적용한다. 따라서 본선 양단에 급기, 배기환기실을 각각 설치 강제환기를 한다.

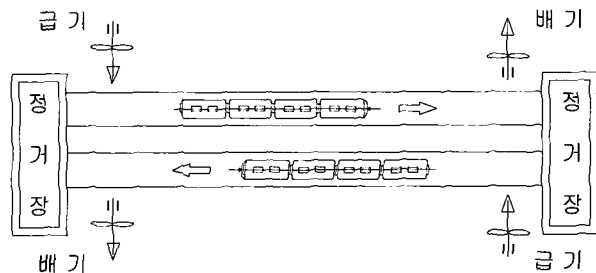
복선구간은 열차가 양방향으로 운행함에 따라 기류방향이 수시로 교체되고 열차운행시 피스톤효과에 의해 발생하는 환기량이 단선구간에 비하여 적은편이므로 본선 중앙에 급기팬을 설치하여 급기하고 본선 양단 측 역사 부근에 배기팬을 설치하여 배기하는 방식이다.

### 기존지하철 시설개량시 구조적인 특징

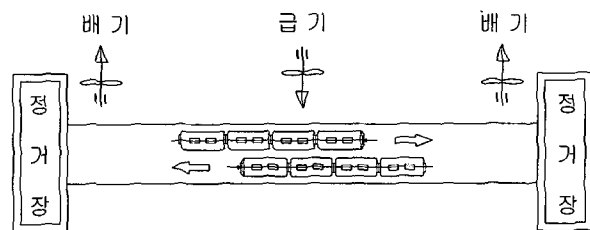
- 1) 지표면에서 비교적 낮은 깊이인 약 4m 깊이로 통과하는 기존 선로에 역사를 건설하기 때문에 낮은 상재 토피(topi)로 인하여 지하1층 구조로 역사가 신설되므로 역사규모가 작아 기계실 등 기능실의 규모를 검토하여야 한다.
- 2) 그림 4, 5와 같이 일반적인 역사내 승강장방식은 섬식과 상대식으로 구분된다. 기존 본선구조물을 개량하여 역사를 신설하고, 낮은 상재 토피로 인하여 섬식의 경우는 외부출입구와 연결되는 대합실층을 확보할 수 없어 상대식 승강장으로 계획된다.

〈표 2〉 실내에서 발생하는 주요 오염물질

환기구 위치 (STA.)	환기구 단면적 (㎡)	
	탑 폭×높이×개소	수평풍도 폭×높이×개소
0k840	0.85×0.9×6 = 4.59	1.8×2.0×2 = 7.20
0k960	0.85×0.9×6 = 4.59	1.8×2.0×2 = 7.20
1k045	0.85×0.9×6 = 4.59	1.8×2.0×2 = 7.20
1k130	0.85×0.9×6 = 4.59	1.8×2.0×2 = 7.20
1k270	0.925×1.0×4 = 3.70	2.0×2.0×2 = 8.00
1k345	0.925×1.0×4 = 3.70	2.0×2.0×2 = 8.00
1k440	0.925×1.0×4 = 3.70	2.0×2.0×2 = 8.00
1k560	0.925×1.0×4 = 3.70	2.0×2.0×2 = 8.00
1k665	0.925×1.0×4 = 3.70	2.0×2.0×2 = 8.00
1k770	0.925×1.0×4 = 3.70	2.0×2.0×2 = 8.00
1k865	0.925×1.0×4 = 3.70	2.0×2.0×2 = 8.00
1k975	3.4×0.9×1 = 3.06	1.8×2.0×2 = 7.20
2k060	3.4×0.9×1 = 3.06	1.8×2.0×2 = 7.20
계	50.38	99.20



〔그림 2〕 단선구간 환기방식



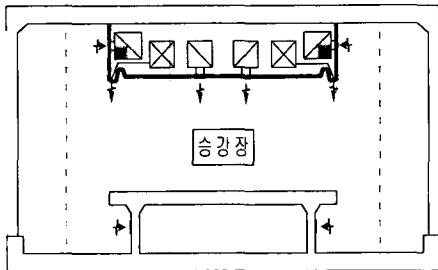
〔그림 3〕 복선구간 환기방식

- 따라서 승객이 반대편 승강장으로 이동하기 위하여 기존선로 하부에 연결통로를 설치한다.
- 3) 기계실이 한곳에 설치될 때 반대편 승강장 및 대합실로 모든 공조덕트가 선로 하부의 연결통로를 이용하여 된다.
  - 4) 기존 박스 구조물의 양 벽체를 철거하고 절단된 상하부공간을 이용하여 공조에 필요한 승강장 유막 급기, 상부·하부배기 덕트를 설치하여야 한다.
  - 5) 역사 구조가 개방감있는 대공간으로 계획되어 거주역인 대합실 및 승강장에 효과적인 공조와 에너지 절감할 수 있는 설비계획이 필요하다.
  - 6) 기존 본선구조물의 자연환기구를 활용하는 방안과 강제 급·배기하는 방식을 고려하여 비교해 보아야 한다.

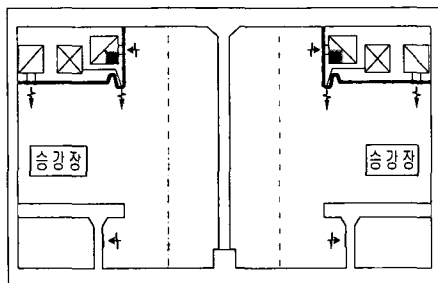
### 시설개량시 공조환기설비 계획

#### 본선 환기개량 계획

본선 환기를 개량하는 방법으로는 기존의 자연환기



[그림 4] 섬식 승강장방식

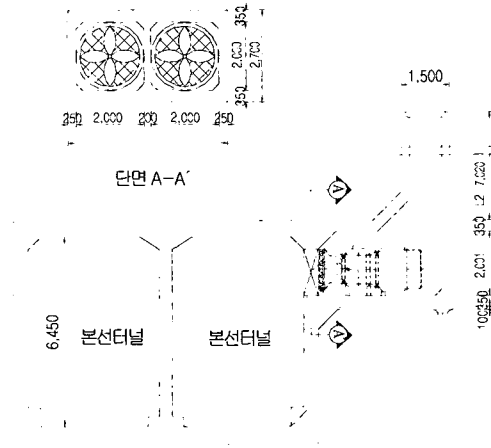


[그림 5] 상대식 승강장방식

구를 이용하기 위해 환기구 풍도내에 팬을 삽입 설치하여 강제 급·배기하는 경우와 팬룸 설치공간을 확보하고 터널 화재시 터널내 배연 등을 위한 기류를 유지할 수 있도록 본선구간의 적정위치에 추가로 환기실 구조물을 설치하고 급·배기팬을 설치하여 강제 급·배기하는 경우가 있다.

#### • 기존 자연환기구에 강제 급·배기팬을 설치하는 경우

기존 본선의 자연환기구를 이용하여 그림 6과 같이 급·배기팬을 설치하는 경우는 별도로 팬룸이 있는 본선환기실을 설치하지 않으므로 구조물 시설개량 비용을 줄일수 있는 장점이 있으나, 대부분 풍도내 단면적이 표 2에 의한 팬설치 공간을 확보할 수 없어 유지관리 등의 어려움이 있다. 또한 팬설치 공간으로 인하



[그림 6] 기존 자연환기구에 급·배기팬을 설치하는 경우(1k560)

<표 2> 축류팬(axial fan) 용량별 규격

용량 (CMM)	동력 (kW)	팬직경 (φ)	소음기(지상연결축) (w×h×l)	총길이
1500	22	1450	1950×1950×2400	8300
2500	37	1650	2600×2600×2400	8600
3200	55	1800	2850×2850×2400	9000
4000	75	1800	3150×3150×2400	9300

※ 이격거리:바닥500~800, 천장 1000이상 확보  
 ※ 총길이는 축류팬 양단에 소음기 설치시 길이임.

여 자연환기를 할 수 없는 문제가 있으며, 설치후 구조상 터널내에서 적정기류가 형성되는지의 여부를 검토하여야 한다.

• 별도의 본선환기실에 강제 급·배기팬을 설치하는 경우

그림 7과 같이 팬룸이 있는 본선환기실 구조물을 별도로 설치하고 활용할 수 없는 기존 자연환기구는 댐퍼나 조적으로 완전밀폐하는 방법이다.

따라서 터널내 축열 및 오염공기를 확실히 제거할 수 있는 적정한 기류와 비상시 배연풍속을 확보할 수 있다.

시설개량시 기존 자연환기구에는 댐퍼를 설치하 평상시에는 열어 자연환기가 가능토록하여 동력을절감하고, 배연을 위한 강제환기시나 배연 등 비상시에는 닫히도록 자동제어로 연동을 구성할 계획이다.

신설역사 공조환기설비 계획

• 지하철역사 환경기준

현재 적용되고 있는 지하철역사내 환경기준으로는 대합실과 승강장 28℃ DB, 60% RH가 적용되고 있으며, 공기오염도는 지하생활공간 공기질 관리법 제5조에 의해 표 3과 같이 적용된다. 또한 역사에서 배출되는 공기는 환경정책기본법 제10조에 의해 표 4의 대기질 기준범위내에서 배출되어야 한다.

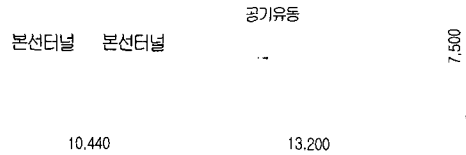
지하철역사는 다수 이용승객의 건강을 위하여 법적 환경기준보다 더 엄격한 기준을 적용하여 쾌적한 지하공간이 되도록해야 한다.여기서 먼지의 입경이 10 $\mu$ m이하를 미세먼지라고 하며 PM-10보다 입경이 큰 먼지의 입자량과 PM-10의 입자량을 합한 것을 총부유분진(total suspended particulates ; T.S.P)이라고 한다.

• 지하철역사 지하공기질 측정결과

서울지하철 역사에 대한 2001년도 2/4분기 공기질 측정결과와 표 5, 6과 같다.

측정결과는 서울 1기(1~4호선) 지하철의 공기질이 서울 2기(5~8호선)보다 미세먼지 등 6항목에서 오염도가 심각한 것으로 나타났다(미세먼지 측정결과 평균치 1기 : 154 $\mu$ g/m<sup>3</sup>.일, 2기 : 134 $\mu$ g/m<sup>3</sup>.일).

또한 1호선의 경우 미세먼지가 172 $\mu$ g/m<sup>3</sup>.일으므로



[그림 7] 별도의 환기실을 설치하여 급·배기팬을 설치하는 경우(1k900)

<표 3> 지하철역사내 지하공간 환경기준

항 목	기 준
미세먼지 (PM-10)	150 $\mu$ g/m <sup>3</sup> .일 이하
아황산가스 (SO <sub>2</sub> )	0.25ppm/h 이하
이산화질소 (NO <sub>2</sub> )	0.15ppm/h 이하
일산화탄소 (CO)	25ppm/일 이하
이산화탄소 (CO <sub>2</sub> )	1,000ppm/h 이하
납 (Pb)	3 $\mu$ g/m <sup>3</sup> .일 이하
포름알데히드 (HCHO)	0.1ppm/일 이하

※ 미세먼지는 2002년기준(서울시 기준:140 $\mu$ g/m<sup>3</sup>.일)

<표 4> 배출공기의 환경기준

항 목	기 준	
먼지	총부유먼지 (TSP)	300 $\mu$ g/m <sup>3</sup> .일 이하
	미세먼지 (PM-10)	150 $\mu$ g/m <sup>3</sup> .일 이하
아황산가스 (SO <sub>2</sub> )	0.15ppm/h 이하	
이산화질소 (NO <sub>2</sub> )	0.15ppm/h 이하	
일산화탄소 (CO)	25ppm/일 이하	
오존 (O <sub>3</sub> )	0.1ppm/h 이하	
납 (Pb)	0.5 $\mu$ g/m <sup>3</sup> .년 이하	

<표 5> 서울지하철역사 공기질 측정결과

항 목	지하공기질 기준	측정결과(평균치)	
		1~4호선	5,7,8호선
미세먼지 (PM-10)	150 $\mu$ g/m <sup>3</sup> .일	154	134
아황산가스 (SO <sub>2</sub> )	0.25ppm/h	0.007	0.006
이산화질소 (NO <sub>2</sub> )	0.15ppm/h	0.055	0.050
일산화탄소 (CO)	25ppm/일	1.4	1.3
이산화탄소 (CO <sub>2</sub> )	1,000ppm/h	668	610
납 (Pb)	3 $\mu$ g/m <sup>3</sup> .일	0.138	0.115
포름알데히드(HCHO)	0.1ppm/일	0.009	0.009

※ 측정기관 : 서울시보건환경연구원(25개 역사)

<표 6> 서울지하철역사 호선별 공기질 측정결과

항 목	1기 지하철				2기 지하철		
	1호선	2호선	3호선	4호선	5호선	7호선	8호선
미세먼지 (PM-10)	172	146	157	144	126	150	125
아황산가스 (SO <sub>2</sub> )	0.007	0.006	0.007	0.006	0.005	0.007	0.006
이산화질소 (NO <sub>2</sub> )	0.068	0.049	0.054	0.052	0.045	0.055	0.050
일산화탄소 (CO)	1.8	1.6	1.3	1.0	1.2	1.4	1.2
이산화탄소 (CO <sub>2</sub> )	675	691	670	642	621	621	581
납 (Pb)	0.194	0.099	0.129	0.133	0.113	0.121	0.112
포름알데히드 (HCHO)	0.009	0.009	0.012	0.009	0.008	0.009	0.009

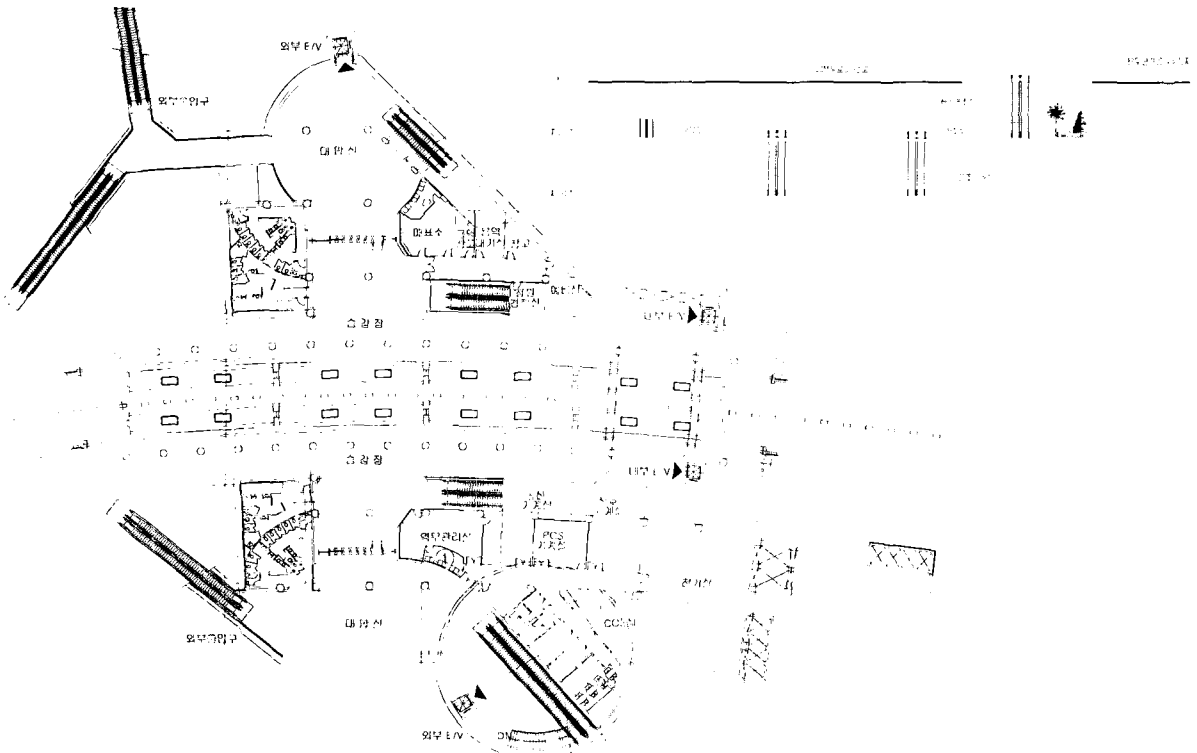
※ 측정기관 : 서울시보건환경연구원 (25개 역사)

염도가 가장 높은 것으로 나타났는데 이는 1호선의 경우 기계환기 방식이 아닌 자연환기 방식을 적용하고 있으며 부대 시설의 노후로 인한 것으로 판단된다. 따라서 운행중이거나 신설역사에 대한 환경개선 대책이 강구되어야 한다.

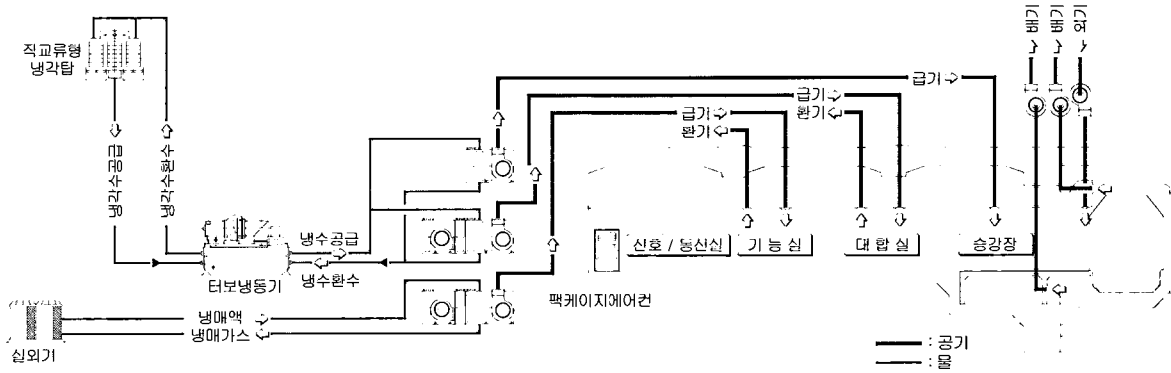
• 신설역사 공조환기설비 계획

지하철역사는 지상에 개방되어 있는 외부출입구 및 본선구간에 설치된 환기구 등을 통하여 외기의 영향을 직접받는 반개방성 지하공간으로 지하철 이용시민이 쾌적하다고 느낄수 있는 상태로 지하철 환경을 유지하기 위해서는 온도, 습도 등 온열조건과 더불어 일정수준의 청정도가 요구된다.

신설역사(동마장역)의 평면 및 단면도는 그림 8과 같다. 이러한 건축평면에 의거 부하특성 및 근무시간대에 따라 공조환기설비 구획을 승강장, 대합실, 기능



[그림 8] 신설역사(동마장역) 평면도 및 단면도



[그림 9] 신설역사 공조환기설비 개요도

실로 구분한다.

신설역사의 공조환기설비 개요도는 그림 9와 같다. 승강장의 공조 및 환기는 급기만을 수행하는 전외기 방식이며, 선로부와 승강장부 사이에는 외기를 도입하여 에어커튼 방식으로 유막을 형성한다.

열차와 접하는 승강장부에 승강장의 천정 끝부분에서 외기를 수직으로 공기유막(air curtain)을 형성시켜 터널내의 고온공기가 승강장으로 침입하는 것을 억제하는 방식을 적용한 것이다.

공기유막방식은 열차가 진입하고 퇴출할 때 형성된 공기유막이 열차풍에 의해서 파괴될 수 있으므로 그 효과에 대한 향후 구체적 검토가 필요한 부분이다.

또한, 승강장의 공조급기량과 유막급기량의 배기는 열차에서 발생되는 열차발열을 효과적으로 제거하기 위해 설치된 선로내의 상하부 배기장치에 의해 함께 배기된다.

대합실은 정풍량 방식의 공조급·배기를 수행한다. 승강장과 대합실이 동일층이며 화장실 배기풍량을 고려하여 대합실을 가압함으로써 승강장에서부터 오는 공기와 외기의 침입을 막아 대합실의 공조부하를 절감한다. 이때 열차풍에 의한 대합실의 공조부하 변동에 대한 고려가 필요할 것이다.

여기서 외기도입 환기구에 중량법 85~90% 이상의 필터를 설치하여 일반분진을 제거하고, 공조기내에 비색법 90% 이상의 필터를 설치하여 급기함으로써 쾌적한 역사환경이 되도록 한다.

이상의 승강장 및 대합실의 열원장비로는 터보냉동기 2대에 의하여 냉수를 공급하게 되며 냉각탑은 지하 기계실내 설치되는 압입송풍형이 아닌 지상에 직교류형 냉각탑을 설치하여 냉각수를 냉각하게 된다.

역사의 개방감을 위해 설치된 선크(sunken)부 등의 외부 출입구에는 회전문을 설치하여 과도한 외기 유입을 막아 공조부하를 절감한다.

기능실은 운전시간대가 대합실 및 승강장과 다르므로 개별운전이 가능하도록 직행식 공조기를 적용한다. 또한 신호 및 통신실, 전기실은 기기발열의 제거를 위한 팩키지 에어컨을 설치한다.

### 공조환기설비 계획시 고려사항

- 1) 기존 본선환기방식인 자연환기방식은 비상시 제연풍속 유지가 곤란하여 강제기계 환기방식을 고려한다.  
그러나 기존 자연환기구에 팬만 추가한 경우는 적정한 팬풍이 확보되지 않아 유지관리에 문제가 되며, 자연환기가 불가함에 따라 확실한 배열 및 배연을 위해 별도의 환기실을 설치하여 강제 급·배기한다.  
또한 기존 자연환기구는 댐퍼를 설치하여 자연환기시 활용함으로써 동력을 절감한다.
- 2) 본선구간내 역사에 근접한 지점에 위치한 기존 자연환기구는 컴퓨터 시뮬레이션 등을 수행하여 열

차풍 및 열차 발열부하 저감용 완화구(relief passage)로 활용한다.

아울러 컴퓨터 시뮬레이션 수행시 반드시 기존 지하철 구조물의 정확한 실측과 열차제원, 운행곡선 등의 자료를 입력하여야 한다.

- 3) 신설역사는 낮은 상재 토피 등으로 환기실 면적 및 층고 확보가 곤란하므로 냉각탑 등은 지상층 및 주변공원 등 지상에 설치하고 열원기기 등 장비류는 고효율 장비를 사용하여 크기를 다운사운징함으로써 기계실 면적을 최소화하며, 냉각탑 환기구 구조물을 절약한다.

또한 냉각탑을 지하층에 설치시는 냉각수펌프 흡입구와 냉각탑 출구와의 흡입수두차가 동일층으로 낮으나 지상에 설치시는 흡입수두차를 크게할수 있어 펌프에서의 캐비테이션을 방지한다.

- 4) 기존 선로 하부에 연결통로를 설치함으로써 반대편 승강장에 기계실 확보가 곤란할 경우 연결통로 단면크기에 따라 공조덕트 계통의 계획을 고려하여야 한다.
- 5) 덕트경로 계획시 박스 구조물의 양 벽체를 철거하고 절단된 상하부로 승강장 유막급기, 상부·하부 배기 덕트를 설치하여야 하므로 이에 대한 덕트공간을 고려할 필요가 있다.
- 6) 지하공기질 측정결과 서울 1기 지하철의 공기질이 서울 2기보다 오염도가 심각한 것으로 나타났으며, 이는 기계환기 방식이 아닌 자연환기 방식을 적용하고 있으며 부대 시설의 노후 등으로 인한 것으로 판단된다.

따라서 본선환기방식을 기계환기방식으로 변경하고 역사의 외기도입부인 환기구와 공조기내의 필터성능을 개선하여 급기함으로써 쾌적한 역사환경이 되도록 한다.

- 7) 자동제어설비는 향후 정거장, 통합사령실, 분소간 상호 인터페이스 구축을 위한 오픈 프로토콜(open protocol) 등으로 시스템을 구성함으로써 장래의 제어범위 확장에 대비한다.
- 8) 심도가 낮으므로 출입구 및 환기구 풍도 주변 설비 시설물 등 동파가 우려되는 지역에는 가열케이블과 같은 동파방지시설을 계획하여야 한다.

### 맺음말

기존 지하철에 역사를 신설하고 본선환기를 개량하는 경우는 분당선 이매역의 유사한 사례가 있으나 서울 지하철에서는 처음 시행하는 사업으로서 노선 상호간의 유기적인 환승편의와 새롭게 발생하는 수송수요 증가, 역사 및 본선의 환경개선을 위하여 앞으로도 기존 지하철에 대한 시설개량이 이루어질 것으로 예상된다.

노선 전체를 신설하는 것이 아니라 기존 지하철을 시설개량하는 것은 공조환기설비 측면에서 기존 구조물의 특성과 주변의 지형적인 제약조건을 고려하여야 한다.

따라서 이러한 제약조건에서 보다 효율적이고 쾌적하며, 에너지를 절감할수 있는 공조환기설비가 적용되어 설치될 수 있도록 계획되어야 한다. ❁