

서울 제3기 지하철 9호선의 공조 환기설비

HVAC plan for the 9th Seoul subway line in the 3rd stage

이 동 오
D. O. Lee

서울시 지하철건설본부 설비1과



- 1954년생
- 지하철의 역구내 온습도, 먼지 등 공기질 개선문제, 고도정수 처리기술에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

서울특별시에서는 서울의 극심한 도로 교통난 해소를 위해 제3기 지하철(9~12호선) 120km 111개역을 계획하고 2000년 초부터 단계적으로 개통하고자 현재 설계중에 있다.

본 고에서는 3기 지하철 4개노선 중 세부노선이 확정된 제9호선 38km 37개역에 대하여 기본설계를 추진한 내용을 중심으로 본선과 정거장의 공조 환기설비에 대하여 소개하고자 한다.

2. 지하철 공조 환기설비 개요

지하철 이용 승객의 증가는 열차 운행회수 및 차량 편성 증가 등으로 발생 열량 증가를 수반하여 이로 인한 고온 다습현상의 누적은 곧바로 지하철 시스템내 환경을 급속하게 악화시키는 요인이 되고 있다. 또한 지상 교통수단들의 급속한 증가, 산업의 발달 등 지하철 외적인 요인들에 의해 악화된 대기환경은 열차 운행중 발생하는 push-pull 현상에 의해 실내로 유입되어 공기질을 악화시키는 결과를 초래하게 된다.

지하철 공조 환기설비는 이러한 실내환경 악화요인을 제거하기 위한 설비로서 크게 정거장

지역의 공조 환기설비와 본선부분의 환기설비로 나눌수 있으며 각 부분에서의 발생열량과 공기질 악화 요인을 분석하고 상호 연관성을 검토하여 최적의 대응설비를 갖추는 것이 중요하다.

3. 설비계획의 기본방향

- (1) 열발생 및 공기질 악화요인 분석 및 대응
- (2) 기존 지하철 설비의 문제점 검토 및 개선
- (3) 적절한 설계기준 설정 및 최적 시스템 설계
- (4) 에너지 절약 시스템 구축
- (5) 비상시 대응 체계확립
- (6) 유지관리의 효율성 및 경제성 확보.

4. 설계조건 및 기준

4.1 설계 온·습도 조건

- (1) 정거장의 온·습도 조건

외기 설계조건은 승객의 이용빈도가 많은 시간대와 하루중 온도가 높은 시간대를 선정하여 그때의 외기온도를 기준으로 하되, 동기의 오전 9:00와 하기의 오후 3:00의 조건은 "건축물의 설비기준에 관한 규칙" 제23조 1항의 규정에 따르고, 에너지 절약 및 그 합리적 이용을 위해 건

설교통부에서 고시한 제 1996-159호(냉·난방 설비 장치의 용량 계산을 위한 설계 외기 온도)를 적용한다.

그리고, 그 외 시간대의 조건은 1985년부터 1994년 까지 최근 10년간의 서울지역 기상데이터를 분석하여 작성한 서울 지하철 공조·환기 설비 설계를 위한 외기조건(TAC 2.5%)을 적용한다.

정거장 냉·난방 설비장치의 용량 계산을 위한 외기, 지중, 실내온·습도 조건은 표 1~3과 같다.

(2) 터널의 온·습도 조건

1) 터널의 온도 조건

터널내의 온도는 외기온도보다 4℃를 초과하

지 않도록 설정한다.

2) 열차풍 온·습도 조건

열차풍의 온·습도(표 4)는 터널과 승강장 온·습도의 평균으로 하며 식(1)에 의하여 구하여 진다.

$$t_{TR} = \{(t_o + 4) + t_p\} \times 0.5 \quad (1)$$

$$x_{TR} = (x_o + x_p) \times 0.5$$

t_{TR} : 열차풍 온도(℃)

t_o : 외기 온도(℃)

t_p : 승강장 온도(℃)

x_{TR} : 열차풍 절대습도(kg/kg')

x_o : 외기 절대습도(kg/kg')

x_p : 승강장 절대습도(kg/kg')

표 1 정거장 외기 온·습도 조건

조건 구분	하 기		동 기		비 고
	건구온도 (℃ DB)	상대습도 (% RH)	건구온도 (℃ DB)	상대습도 (% RH)	
오전 9:00	27.7	70	-11.9	69	오전혼잡시간
오후 3:00	31.1	66	-5.5	39	평 시
오후 7:00	30.1	59	-7.5	44	오후혼잡시간

표 2 지중온도 조건

(단위 : ℃)

깊이 계절	지표면	지하			설계기준(지하 5m이하)
		1m	3m	5m	
하 기	28.1	23.8	17.9	15.3	15.0
동 기	-1.8	5.6	13.4	15.1	15.0

표 3 정거장 실내 온·습도 조건

조 건	하 기		동 기	
	건구온도 (℃ DB)	상대습도 (% RH)	건구온도 (℃ DB)	상대습도 (% RH)
대상지역				
승 강 장	28	70 이하	-	-
대 합 실	28	60 이하	-	-
직원 근무지역	26	60 이하	20	-
화 장 실	-	-	20	-
변전실, 전기실	35℃ 이하		1종 환기	
공조 기계실 등	40℃ 이하		-	

4.2 환경 설계 기준

(1) 지하공간의 환경 기준

지하철 내의 공기질 기준은 지하 생활공간 공기질 관리법 시행규칙 제3조의 별표 2에서 정한 표 5의 기준을 적용한다.

표 4 열차풍 온·습도 조건

시 간 구 분	오전 9:00	오후 3:00	오후 7:00	비 고
건구온도 (℃ DB)	29.9	31.6	31.1	하 기
절대습도 (kg/kg')	0.0166	0.0161	0.0165	하 기

표 5 지하공기질 기준

항 목	기 준
아황산가스(SO ₂)	1시간 평균치 0.25ppm 이하
일산화탄소(CO)	1시간 평균치 25ppm 이하
이산화질소(NO ₂)	1시간 평균치 0.15ppm 이하
미세먼지(PM-10)	24시간 평균치 150 μg/m ³ 이하
이산화탄소(CO ₂)	1시간 평균치 1000ppm 이하
포름알데히드(HCHO)	24시간 평균치 0.1ppm 이하
납(Pb)	24시간 평균치 3 μg/m ³ 이하

(2) 대기질의 환경 기준

정거장에서 배출되는 공기는 환경정책 기본법 시행령 제2조(환경기준)에 의하여 표 6의 대기질 기준범위 내에서 배출되도록 하여야 한다.

4.3 열 부하 산출식 기준

(1) 열차의 발생열

- 1) 냉방기기 발열량 : 40,000 kcal/hr · 량
- 2) 차량 보조기기 발열량 : 약 30 kw/hr · 량

(2) 대합실의 발생열

- 1) 인체 발열 및 조명 발열
- 2) 전시 조명 발열

각 전시장의 조명 발열량은 설치 전시 면적당 200W, 또는 전기 조명 설비의 설계치를 기준으로 한다.

3) 에스컬레이터 운전 발열(표 8)

4) 엘리베이터 운전 발열

장애자용 엘리베이터 15인승 유압식을 기준으로 하여 발생하는 열량은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{발열량} &= \text{승강속도 (m/min)} \times \text{하중(kg)} \times \text{계수} \\ &= 45 \times 1,000 \times \frac{1}{15} \\ &= 3,000 \text{ kcal/hr} \approx 3.5 \text{ kw} \end{aligned}$$

5) 기기별 발열량 기준(표 9)

(3) 승강장의 발생열

승강장은 열차가 운행되는 선로부와 승객의 승·하차 및 대기 공간인 승강부로 크게 나누어지며 승강장에서의 열발생 요소는 다음과 같다.

- 1) 열차 주행에 의한 발열
- 2) 열차 보조기기에서의 발열
- 3) 열차 냉방기에서의 발열
- 4) 열차풍에 의한 침입 열량
- 5) 승객의 인체 발열
- 6) 조명에 의한 발열

표 6 대기질 기준

항 목	기 준	
아황산가스(SO ₂)	1 시간 평균치 25ppm 이하	
일산화탄소(CO)	1 시간 평균치 25ppm 이하	
이산화질소(NO ₂)	1 시간 평균치 0.15ppm 이하	
먼지	총먼지(TSP)	24시간 평균치 300 μ g/m ³ 이하
	미세먼지(PM-10)	24시간 평균치 150 μ g/m ³ 이하
오존(O ₃)	1 시간 평균치 0.1ppm 이하	
납(Pb)	3 개월 평균치 1.5 μ g/m ³ 이하	

주) ① 1시간 및 24시간의 평균치는 연간 3회 이상 그 기준을 초과하여서는 아니된다.

② 미세먼지는 입자의 크기가 10 μ m 이하인 먼지를 말한다.

표 7 인체 및 조명 발열

실용도 \ 조 건	인체부하 (kcal/hr · 인)			조명부하 (watt/m ²)
	현열	잠열	전열	
대 합 실	45	70	115	25
승 강 장	45	70	115	20
역 무 실	49	53	102	20
매 표 소	50	64	114	20
용역원대기실	49	53	102	15
통신기계실	56	69	125	15
신호기계실	56	69	125	15
침 실	48	43	91	15

* 조명 부하는 상기 기준치 또는 전기 조도기준 설계치에 따름

표 8 에스컬레이터 운전 발열

층 고 (m)	800형	≤ 4.5	≤ 6.5	≤ 9.5	-
	1,200형	-	≤ 4.5	≤ 6.5	≤ 9.5
전동기용량 (kw/대)		3.7	5.5	7.5	11.0

표 9 기기별 발열량

구 분	개 집표기	발매기	발권기
발열량 (kw/대)	0.5	0.6	0.4

표 10 실내기기 발열량

실 명	기기 발열량(kcal/hr)	비 고
통신기계실	8,000	건축설비집성, 10 유통·교통시설 (일본-공기조화·위생 공학회)
신호기계실	8,500	

- 7) 구조체에 의한 열전달
- 8) 기타 취득열
 - (4) 기능실별 실내기기 발열량(표 10)

4.4 송풍 및 송수계통 기준

(1) 환기량의 기준

1) 신선 공기량
 재실인원 1인당 신선공기량은 대합실 17CMH, 직원근무지역 25 CMH를 기준하며 외기도입 신선 공기량은 급기량의 30% 이상이 되어야 한다.

2) 필요 환기량

정거장내 냉·난방설비의 비가동시에는 적절한 환기량 도입에 따른 환기 운전을 행하여야 하므로 정거장의 공조설비는 표 11에서 나타낸 필요 환기량을 만족하는 범위에서 설계하여야 한다.

(2) 송풍량의 산정기준

1) 냉방지역

$$Q(m^3/h) = \frac{QS}{0.29 \times \Delta T} \quad (2)$$

(3) 덕트의 설계기준

- 1) 환기방식(표 12)
- 2) 덕트내 압력손실 기준
 1m당 마찰 손실이 동일한 정압법(등마찰 손

실법)으로 덕트 크기를 결정한다.

- 급기덕트 : 0.1 mmAq/m
- 환기덕트 : 0.08 mmAq/m
- 3) 덕트내 기류 속도
 - 주덕트내 풍속 : 15 m/sec 이하
 - 분기덕트내 풍속 : 5 m/sec 이하
 - 취출구 : 2~3m/sec
- 4) 환기탑 기류 속도
 - ① 풍도내 풍속
 - 바닥형 : 5m/sec
 - 탑 형 : 5~7m/sec
 - ② 환기구 먼풍속
 - 바닥형 : 3.5m/sec 이하
 - 탑 형 : 7~10m/sec

5. 정거장 공조, 환기설비

5.1 개요

초기 지하철에서는 이용하는 승객에게 위생환기의 관점에서 환기설비가 주를 이루었으나, 최근에는 승객의 증가와 열차의 과밀도 운전에 따라 승객과 열차로부터의 발생열이 급증하게 되어 더욱 적극적인 공기조화 및 환기설비의 필요성이 대두되고 있는 실정이다.

지하철 정거장내의 온도상승을 억제하고 쾌적한 환경을 유지하기 위하여 정거장에 냉방설비를 두고, 선로부로부터 열차 발생열을 직접 배출하기 위해 승강장 상·하부 배기설비를 두어 지

표 11 필요 환기량

실 명	필요환기량		비 고
	(m ³ /hr·m ²)	회/hr	
승 강 장	40	-	냉방, 환기
대 합 실	23	-	냉방, 환기
직 원 근 무 지 역	23	-	냉·난방, 환기
상가및공공통로지역	23	-	냉방, 환기
공 조 기 계 실	-	5~10	환기공냉식 응축기 고려)
전 기 실 변 전 실	-	10	환기(발열량 고려)
물 탱 크 실	-	6	환기
샤 위 실	-	5	환기
정 화 조 관 리 층	-	30	환기
화 장 실	-	30	환기

표 12 환기방식

구 분	환기방식	압력방식	비 고
대 합 실	1 종	가 압	냉방+외기
승 강 장	1 종	가 압	냉방+외기
직 원 근 무 지 역	1 종	가 압	냉방+외기
전 기 실, 변 전 실	1 종	정 압	냉방+외기
공 조 기 계 실	1 종	정 압	외 기
물 탱 크 실	1 종	정 압	외 기
화 장 실	3 종	부 압	-
정 화 조 관 리 층	1 종	부 압	외 기
샤 위 실	3 종	부 압	-

하철 환경을 최대한 개선하려고 노력하고 있으며, 화재시에 대비한 제연설비도 적극적으로 적용하므로써 화재시 승객의 안전 확보도 최대한 고려하고 있다.

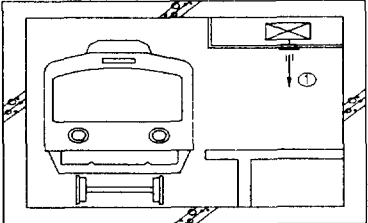
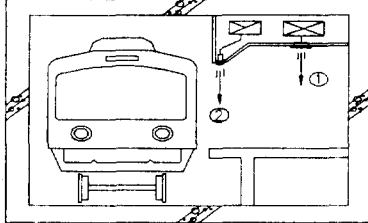
따라서 정거장내의 발생열을 효율적으로 제거하여 승객에게 보다 양질의 환경을 제공하고 안정된 환경상태를 유지하기 위하여 지하철에서의 최적의 공조, 환기설비를 계획하였다.

5.2 공기조화 및 환기설비 계획

(1) 승강장의 공조방식

승강장 지역은 승강장용 공기조화기를 가동하여 중앙공급식 냉방운전을 실시하고 급기된 공기는 전량 배기팬을 통해 배출한다. 개통 초기에는 하절기에 시원하고 동절기에는 온화하여 쾌적한의 실내 조건이 유지될 것이나 시간이 경과

표 13 승강부 공조방식 비교 검토

구 분	중앙 공조 급기방식	중앙 공조 급기 + 공기유막 급기방식
개 요	승강장의 중앙에서 공조 급기만 하는 방식	승강장의 중앙에서 공조 급기를 하고 선단부에서 유막급기를 하는 방식
개 념 도	 <p>① 중앙 공조급기</p>	 <p>① 중앙 공조급기 ② 공기 유막급기</p>
장 점	<ul style="list-style-type: none"> • 외기량이 줄어 냉방부하 감소 • 공조계통 및 덕트구성 단순 • 덕트 물량 및 천정 마감재의 감소로 공사비 절감 • 유막급기 팬 배제에 따른 운전비 감소 	<ul style="list-style-type: none"> • 중간기 외기 냉방의 효과 증가 • 열차 상부 냉방기의 발생열 차단 효과 기대
단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 중간기 외기 냉방의 효과 다소 감소 • 열차 상부 냉방기의 발생열 일부 유입 우려 	<ul style="list-style-type: none"> • 승강장의 냉방부하 증가 • 공조계통 및 덕트구성 복잡 • 천정내 공간이 상대적으로 복잡 • 덕트 물량 및 유막급기 디퓨져 설치에 따른 건축마감 관련 공사비 증가 • 유막급기 팬의 가동으로 운전비 증가
적 용 지 하 철	<ul style="list-style-type: none"> • 부산지하철 2호선 • 일본 - 나고야 지하철 6호선 - 京都市 烏丸線 - 東京市 新宿線 (10호선) 	<ul style="list-style-type: none"> • 서울지하철 6호선 • 광주지하철 1호선 • 인천지하철 1호선

될수록 온도가 상승되므로 개통초기부터 중앙공조 급기방식으로 냉방운전을 실시하며 동절기 난방은 고려하지 않는다.

특히 선로부 지역에는 열차제동발열, 보조기기 발열, 냉방기 발열이 열차의 상·하부를 통하여 배출되므로 이 열이 승강장 지역으로 확산되는 것을 감소시킬 수 있도록 상·하부 배기 시스템을 계획한다.

1) 승강장 공조방식(표 13)

승강장 지역은 터널내 열차 운전에 따른 분진 유입량이 많고 열차풍과 열차 발열에 의한 공기

온도가 높으므로 실내 공기를 재순환하여 사용하지 않고 선외기 도입방식으로 계획하여 공조 설비를 구성하도록 한다.

2) 선로부 배기방식(표 14)

열차에서 발생하는 부하는 표 15와 같이 열차 상부 발열(차량 냉방기로 부터의 발열)과 열차 하부 발열(제동발열과 보조기기 발열)의 비가 약 4.5 : 5.5 정도이므로 전체 배기량중 상부배기량은 45%, 하부배기량은 55%로 선정한다.

(2) 대합실의 공조 방식(표 16)

대합실 지역은 대합실용 공기조화기를 가동하

표 14 배기방식의 비교 검토

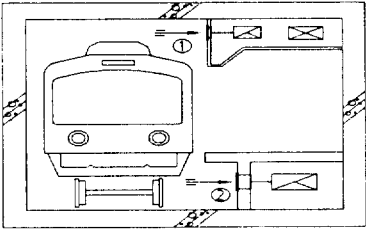
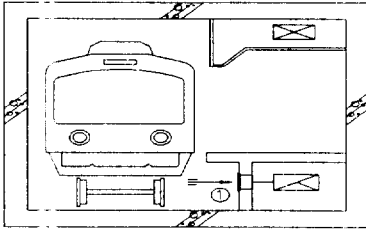
구 분	상·하부 배기방식	하부 배기방식
개 요	승강장의 상부 및 하부에서 열차의 발생 열을 직접 배출하는 방식	열차의 하부에서 발생하는 열을 승강장의 하부에서 배출하는 방식
개 념 도	 <p>① 선로부 상부배기 ② 선로부 하부배기</p>	 <p>① 선로부 하부배기</p>
장 점	<ul style="list-style-type: none"> 열차의 상·하부에서 발생하는 열의 원활한 제거로 선로부내 온도상승 요인을 제거 (냉방효과 상승) 차량 냉방기 발열의 승강장 침입 요소 차단 상부배기 덕트를 제연 덕트로 활용 상·하부의 분할 배기로 배기 효율 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 덕트계통 및 구성이 단순 천정내 공간의 상대적 여유 덕트 물량의 다소 감소
단 점	<ul style="list-style-type: none"> 덕트 계통 및 구성이 다소 복잡 상·하부분할 설치로 인한 덕트 물량 다소 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 고온 공기가 상승하는 현상을 역행하므로 배기 효율 저하 열차 냉방기 발열의 승강장 침입 우려 제연 덕트의 별도 설치 필요
적 용 지 하 철	<ul style="list-style-type: none"> 서울지하철 6호선 부산지하철 2호선 	<ul style="list-style-type: none"> 서울지하철 2, 3, 4호선 대구지하철 1호선

표 15 열차 상·하부 발열량 비교

열차 상부 발열량	차량 냉방기 발열	343,201 kcal/hr (45%)
열차 하부 발열량	열차 주행 발열	394,708 kcal/hr
	열차 보조기기 발열	19,351 kcal/hr
	계	414,059 kcal/hr (55%)

표 16 대합실 공조방식 비교 검토

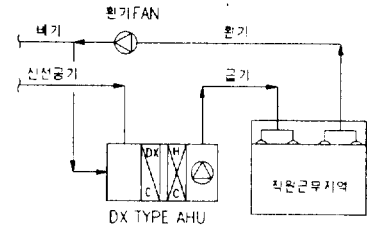
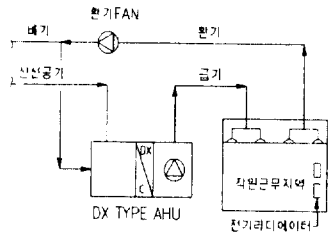
구 분	단일 덕트 방식	팬코일 유닛 방식
개 요	중앙집중식으로 공기조화기에 냉열원(냉수)을 공급하고 덕트로서 각실에 필요한 풍량을 공급하는 방식	중앙집중식으로 냉열원(냉수) 배관을 통하여 각실에 설치된 팬코일 유닛에 필요한 열량을 공급하는 방식
개 념 도		
장 점	<ul style="list-style-type: none"> • 대풍량의 공기를 처리할 수 있다. • 비냉방식 환기용으로 대체가 가능하다. • 실내 공기오염을 최소화할 수 있다. • 제연덕트와 겸용할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 천정안의 설비공간이 적어진다. • 각실 특성에 따라 일부나마 FCU를 개별제어 할 수 있다. • 공조기계실 면적이 작아진다.
단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 공조기계실 면적이 증대된다. • 실내천정안의 덕트설치공간이 커야 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 실내 공기오염을 최소화하기 위해 별도의 급,배기 덕트가 필요하며 이에 따른 장비가 추가설치되어야 한다. • 제연대책이 미흡하므로 별도의 제연덕트 설비구성을 요한다. • FCU 응축수 배관처리가 곤란하다.
적용지하철	국내지하철 대부분 채택	외국 지하철 사례

여 중앙공급식 냉방운전을 실시하고 급기된 공기의 일부는 공조기로 재순환시켜 냉방부하를 절감하도록 한다. 동절기에는 대합실 지역의 온도가 외기보다 높고 승·하차를 위해 잠시 거처가는 승객들을 위하여 별도의 난방설비를 하는 것은 적절하지 않으므로 제외한다.

(3) 직원근무지역의 공조방식(표 17)

직원이 근무하는 지역은 승강장 및 대합실 지역과는 실내 온·습도 조건, 냉방 운전시간대가 서로 다르고 특히 난방설비가 필요하므로 타 용도의 실과는 별도로 공조기 내에 전기가열 코일이 내장된 공조방식을 적용한다.

표 17 직원근무지역 공조방식 비교 검토

구 분	직팽식 공조기, 전기히팅코일 내장형	직팽식 공조기, 전기 라디에이터
개 요	냉방은 직팽식 공조기로 수행하며 난방은 직팽식 공조기에 전기 가열코일을 내장하여 덕트에 의한 공조급기를 수행하므로 년중 냉·난방 및 적정환기를 유지하는 방식	냉방은 직팽식 공조기로 수행하나 난방은 각실에 전기 라디에이터를 설치, 운영하는 방식
개 념 도		
장 점	<ul style="list-style-type: none"> • 단독운전이 가능하고 년중 적정한 환기운전이 가능하다. • 덕트를 이용하여 냉·난방하므로 추가설비가 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 단독운전이 가능하다.
단· 점	<ul style="list-style-type: none"> • 직팽식 공조기가 다소 커진다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 겨울철 낮은 외기온도로 인하여 환기운전이 불가능하므로 근무직원들의 근무환경을 악화시킨다. • 전기 라디에이터 설치에 따른 실활용도가 떨어진다.
적용지하철	대구지하철 1호선, 인천지하철 1호선	서울지하철 5, 6, 7, 8호선
적용 대상	역무관리실, 용역대기실, 침실, 매표소, 분소 사무실 등	-

(4) 신호·통신기계실의 공조방식

신호 및 통신기계실은 실내에 설치되는 신호·통신 장비로 부터의 발열로 실내온도가 상승하게 되므로 지속적인 냉방이 필요하며, 타 기능실과는 냉방운전 및 운전조건 등이 상이하므로 별도의 개별 패키지 에어컨을 계획한다.

(5) 변전실, 전기실 냉방 및 환기방식

변전실, 전기실은 기기 보호를 위한 실내온도와 장비의 발열량을 고려하여 환기량을 산정한다.

변전실, 전기실에 설치된 전력 기기로 부터 많

은 열이 발생되므로 급·배기 팬을 설치하여 열부하 제거를 위한 운전을 하며, 실내온도가 35℃ 이상으로 상승시에는 패키지 에어컨을 가동하여 적정온도 유지를 위한 운전을 한다.

(6) 부속기기실의 환기방식

공조실, 전기실, 창고, 물탱크실등의 기능실은 냉·난방을 고려하지 않고 1종 및 3종 환기설비를 계획하며, 정화조의 관리층에는 타용도 실과는 구분된 1종 환기설비를 계획한다.

또한 화장실, 정화조 등과 같이 악취 발생지역의 급·배기 덕트는 환기구까지 별도의 덕트

로 연결하여 취기의 확산을 방지한다.

6. 본선 환기설비

6.1 개요

지하철 터널부분은 열차에 공급되는 전기에너지와 부속기기 발열, 차량 정지시에 발생하는 마찰열 등으로 인해 많은 열이 발생하게 된다. 이는 터널의 온도 및 습도를 변화시키는 요인이 되어 터널환경에 나쁜 영향을 미치게 되므로 이에 대비한 최적의 환기설비를 설치하여 터널내의 발생열을 제거하고 열 축적을 방지하므로써 계내 환경을 적정하게 유지하는 것이 중요하다. 특히, 제3기 지하철에서는 본선구간의 열차풍이 정거장에 미치는 영향을 최소화함으로써 역구내 공기질보호에 중점을 두고 한국과학기술연구원과 함께 “열차풍 시뮬레이션”연구용역을 수행하였다.

현재 기존 국내·외 지하철에서 가장 많이 사용되고 있는 환기방식은 기계환기방식으로서 이는 자연환기방식에 비해 확실한 환기기능을 유

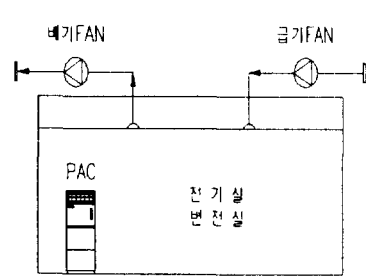
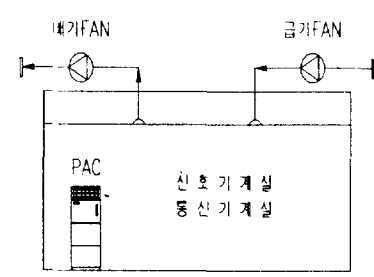
지함은 물론 비상시에 배연설비 기능도 확보할 수 있는 장점이 있는 반면에 동력비가 많이 소요된다는 단점도 있다. 이런 사항을 종합해 볼 때 본선 환기방식은 자연환기를 병용할 수 있는 기계환기방식을 적용하였다.

6.2 열차풍 감소대책

근본적으로 정거장의 환경을 개선하기 위해서는 열차운행시 정거장으로 침입하는 열차풍의 양을 감소시키는 것이 대단히 중요하다. 정거장에 미치는 열차풍은 다음과 같은 문제점을 초래하게 된다.

- (1) 풍속이 지나치게 크면 승강장에 대기하고 있는 승객들의 머리카락, 옷자락 등이 흩날리게 되어 불편감을 유발하게 된다.
- (2) 열차운행중 발생하는 부유분진 등이 열차풍에 포함되어 정거장에 미칠 시승객 및 근무자에게 보건위생상 나쁜영향을 준다.
- (3) 열차풍이 커지면 정거장 냉방공기의 온도를 상승시키고, 냉방공기를 휩쓸어 감으로서 에너지 손실 및 냉방부하 증가요인이 된다.

표 18 변전실, 전기실, 신호·통신기계실 냉방 및 환기방식 검토

구 분	1종 환기 + 개별 패키지 에어컨	개별 패키지 에어컨 + 1종 환기
개 요	평시에는 1종 환기로서 열부하제거 운전 을 하며, 필요시 패키지 에어컨을 가동하여 냉방운전하는 방식	패키지 에어컨을 설치하여 냉방 운전을 하며, 비냉방기 또는 환기가 필요한 경우 환기팬을 운전하는 방식
개 념 도		
특 징	<ul style="list-style-type: none"> • 단독운전이 가능하고 년중 적정한 환기 운전이 가능하다. • 인원 비상주 지역에 보조 냉방시설로 적합하다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 단독운전이 가능하며 필요시 실의 특성에 맞는 냉방운전에 유리하다.
적용대상	변전실, 전기실	신호·통신 기계실

이상과 같은 이유로 열차풍을 감소시키는 것은 정거장 환경개선에 대단히 중요하며, 이것은 열차풍이 정거장에 미치기 전에 가급적 많은 양을 외부로 배출하므로써 가능하다.

기존 지하철에서는 열차풍의 압력이 최대가 되는 지점에서 열차풍을 배출하는 것이 터널환기

에 가장 효과적이라고 판단하여 역사로부터 70m 이격된 지점에 환기구 위치를 선정하였으나, 이는 나머지 70m 구간에서 발생하는 열차풍이 그대로 역사로 진입하여 역구내 공기질 유지가 어려운 문제점이 있었다. 이를 개선하기 위하여 한국과학기술연구원(KIST)의 컴퓨터 시뮬레이션 연

표 19 환기구 이격거리에 따른 열차풍속측정 결과

구 분	복 선 구 간 (상대식)		단 선 구 간 (섬식)		
	정거장 이격 (70m이상)	정거장 인접 (30m이내)	정거장 이격 (70m이상)	정거장 인접 (30m이내)	
측 정 역 사 (5호선14개역)	애오개역 등 7개 역	신길역 등 3개 역	광화문역 등 7개 역	종로3가역 등 3개 역	
열차풍속	평균	1.84m/s	1.09m/s(△40%)	6.63m/s	5.92m/s(△10%)
	최고	4.4m/s	1.3m/s	11m/s	8.7m/s
	최저	0.8m/s	0.8m/s	3.5m/s	3.9m/s

표 20 터널 환기방식 비교

방식 항목	기계환기방식 + 자연환기	자연환기방식
개 념 도		
개 요	급·배기 송풍기에 의해 강제 환기하는 방식 (송풍기 비가동시-자연환기)	열차 주행시에 발생하는 기류의 push-pull 현상을 이용해 자연 환기하는 방식
장 점	<ul style="list-style-type: none"> · 계획된 환기량을 공급할 수 있음. · 송풍기 비가동시에도 자연환기로 본 선내 온도유지 가능 · 가역회전 송풍기 설치시 비상시에 배연기능확보 가능. 	<ul style="list-style-type: none"> · 기계 환기시설이 없어 유지관리에 유리 · 동력비등 유지관리비 절감
단 점	<ul style="list-style-type: none"> · 초기 시설비 증가 · 유지관리에 따른 전력비 및 유지관리비 소요 	<ul style="list-style-type: none"> · 환기효과 미흡 · 비상시 배연효과 미흡

구결과 본선터널의 환기구는 역사로부터 10~30m에 인접하여 설치하는 것이 정거장에 미치는 열차풍의 영향을 최소화 하는데 가장 효과적이라는 결론을 얻었으며 이는 환기실 이격 거리에 따른 열차풍속측정결과 표 18 환기구가 역사에서 30m 이내 위치하는 경우의 승강장 열차풍속이 70m 이상인 경우에 비해 10~40% 감소하는 것으로 증명되어 9호선 설계에서는 본선의 환기구를 역사에 인접하도록 계획하고 있다.

그러나 역사에 인접 설치시 송풍기 운전소음이 승객에게 영향을 미친다는 문제점도 있어 터널측 내부에도 소음기를 설치토록 하고 환기실에서 밖으로 소음이 새어 나가지 않도록 철저한 방음이 되도록 고려하였다.

아울러, 열차풍속이 복선터널 구간에서는 5% 이내로서 승강장에 미치는 영향이 미미 하지만 단선터널 구간의 열차풍속은 10%에 근접하여 승객 불편감이 매우 크므로 이를 구조적으로 완화하고자 열차풍 완화구(relief passage)를 두도록 계획하였다.

6.3 환기설비 계획

열차의 운행에 따라 터널내에는 다량의 열이 발생하므로 적정환경을 유지하기 위하여 다음 기능을 수행할 수 있는 환기설비를 계획 하여야 한다.

- 터널 내에 발생하는 열 부하 제거
- 터널 내 적정온도 유지 및 열 축적 방지
- 정거장으로 유입되는 열차풍의 최소화
- 화재시 배연기능 유지 및 원활한 대피조건 확보

(1) 환기방식의 비교

터널의 환기방식은 크게 기계환기방식과 자연 환기방식으로 대별되며, 표 20은 두가지 방식을 비교하여 나타낸 것이다.

(2) 환기방식 선정시 고려 사항

터널의 환기방식 선정시에는 다음의 여러 가지 요소들이 고려되어야 한다.

- 터널의 선형 및 배선계획 : 단선, 복선, 유치선 구배등의 선형 조건

표 21 복선 터널구간의 환기방식 개념

항 목	내 용
개 념 도	
열차주행방향	· 양 방향
특성 및 적용 환 기 방 식	<ul style="list-style-type: none"> · 열차가 양방향으로 주행하므로 기류 방향이 수시로 교차된다. · 열차의 주행시 피스톤 효과에 의해서 발생하는 열차풍이 단선구간에 비해서 적다. · 열차의 승강장 진입시 열차풍을 최소화하기 위해서 본선 양단에 배기 송풍기를 설치하고, 본선의 중앙에 급기 송풍기를 설치한다.

표 22 단선 환기방식 개념

항 목	내 용
개 념 도	
열차주행방향	· 한 방향
특성 및 적용 환 기 방 식	<ul style="list-style-type: none"> · 열차의 주행방향이 한 방향으로 진행되며 피스톤 현상에 의해 주행방향의 전면에 정압기류가 발생하고, 후면에 부압기류가 발생 된다. · 열차의 주행방향과 송풍기의 기류 방향을 일치시킨 종류환기방식 적용

표 23 단·복선 혼합터널구간의 환기방식 개념(Ⅰ)

항 목	내 용
개 념 도	
열차주행방향	<ul style="list-style-type: none"> · 단 선 - 한 방 향 · 복 선 - 양 방 향
특성 및 적용 환기 방식	<ul style="list-style-type: none"> · 구간내에 일부 단선, 일부복선이 혼합 설치되는 경우로서 단선구간이 짧을 경우 적용

표 24 단·복선 혼합터널구간의 환기방식 개념(Ⅱ)

항 목	내 용
개 념 도	
열차주행방향	<ul style="list-style-type: none"> · 단 선 - 한 방 향 · 복 선 - 양 방 향
특성 및 적용 환기 방식	<ul style="list-style-type: none"> · 구간내에 일부 단선, 일부 복선이 혼합설치되는 경우로서 단선구간이 긴 경우 적용(환기효과 증대를 위해 일부 복선구간도 격벽을 설치하여 단선화 하는 것이 바람직함)

- 터널의 건설 공법 : 개착식, 굴착식 등
- 환기기능 : 체내 환경 유지의 효과성
- 경제성 : 시설비, 유지관리비 등
- 화재시 비상대책 : 효과적 배연방식

(3) 환기방식 선정

환기방식은 전항의 환기방식 비교 결과 및 환기방식 선정시 고려사항 등에 따라 송풍기에 의

표 25 지상 차량기지 연결 구간

항 목	내 용
개 념 도	
열차주행방향	<ul style="list-style-type: none"> · 양 방 향
특성 및 적용 환기 방식	<ul style="list-style-type: none"> · 일부는 터널, 일부는 U-Type 구간이 혼합설치 되는 경우로서 탑승객이 적고, 열차 주행속도가 느리므로 발열부하가 적다. · 배연기능이 확보되도록 강제 급배기 방식을 적용한다.

한 기계환기방식을 적용하도록 한다. 또한 송풍기 운휴시에도 환기기능을 유지할 수 있도록 자연환기용 풍도 등 자연환기기능을 구비하도록 한다.

6.4 구간별 환기방식

터널 환기방식은 전술한 환기방식중 터널의 조건을 고려하여 표 21~표 25와 같이 각 구간 별로 효율적인 환기방식을 선정한다.

7. 맺음말

이상에서 서울 제3기 지하철 9호선의 공조환기설비에 대하여 개괄적으로 기술하였다. 9호선의 공조환기설비가 기존 지하철과 크게 다른점은 정거장에서 승강장 선단에 시설하였던 유막급기를 배제하고 승강장 상·하부 배기방식을 채택한 점, 본선에서는 정거장에 미치는 열차풍을 감소시키고자 환기구 위치를 정거장과 인접 배치한 점이라고 할 수 있다. 본 고가 타시도의 지하철 공조환기설비 계획시 참고가 되어 활용되기를 기대해 본다.