

## 대전 도시 철도 1호선의 환경제어

### Environmental control for the Taejeon metro line 1st

서 재 수

J. S. Seo

대전광역시 지하철건설본부 차량설비과



- 1951년생
- 건축기계설비의 실내환경부문에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 머리말

도심의 심각한 교통난을 덜기 위한 교통정책으로 국내의 6대 대도시에 지하철 건설이 지속적으로 진행되면서 대중 교통수송분담율이 점차 증가하고 있다.

대전광역시의 지하철 건설은 6대 도시중에서 가장 늦게 계획이 입안되었지만 타도시 지하철 문제점을 조사하고 개선하여 기본 및 실시설계에 반영함으로써 쾌적한 지하철 환경과 시설물 관리의 용이함, 승객의 안전성이 확보될 것으로 생각된다.

최근 지하철 공기환경기준은 환경부의 엄격한 규제와 승객의 요구에 의하여 높은 수준의 환경이 필요하게 되므로 초기 설계단계에서 제반여건을 고려한 실내환경의 설계기술이 필요하다.

이에 대전도시철도 1호선의 환기설계의 각종 기준과 정거장의 공조설비 시스템에 대하여 기술하였다.

#### 2. 설계기준

##### 2.1 외기온습도 조건

지하 정거장의 열부하는 승객에 의한 인체발

열이 출근과 퇴근시간에 높게 나타나며 외기부하는 여름철의 오후에 높아지므로 최대열부하 계산시 외기조건을 시간대별로 구분하여 계산할 필요가 있다.

표 1과 표 2는 대전광역시의 최근 10년치 기상자료를 작성한 후 TAC에 의거하여 산출한 값이다.

##### 2.2 실내 온·습도 기준

지하 정거장의 열환경 기준을 정하기 위하여 ASHRAE에서 추천하고 있는 상대온감지수(relative warmth index)를 사용하여 각실의 온도와 습도의 기준을 정하였다.

표 1 하기 외기조건(TAC 2.5%)

시 각	AM 9:00	PM 3:00	PM 7:00
온도(℃)	26.2	31.1	29
습도(%RH)	79	57	62

표 2 동기 외기조건(TAC 2.5%)

시 각	AM 9:00	PM 3:00	PM 7:00
온도(℃)	-5	2.2	-0.3
습도(%RH)	79	41	52

표 3은 기능실을 제외한 공간의 온도와 습도에 대한 기준을 나타내는데 대합실과 승강장에서는 겨울철 승객의 의복착용 상태, 지중온도의 영향을 고려하여 난방시설은 배제하였으며, 직원 근무공간은 업무를 수행하는 사무실의 용도이므로 난방시설을 고려하였다.

### 2.3 실내 공기질 기준

지하정거장에서 공기질은 승객의 대중위생과 직접적인 관계가 있으므로 공기환경의 효율적인 관리를 위하여 기준을 설정하였다.

표 4는 공기환경을 저해하는 오염물질에 대하여 기준치를 나타내었다.

### 2.4 실내환경소음기준

지하정거장의 시설물에서 발생하는 소음은 지

표 3 지하정거장의 온·습도 기준

실 명	여 름		겨 울	
	온도(℃)	습도(% R)	온도(℃)	습도(% RH)
대 합 실	28	60 이하	-	-
승 강 장	28	65 이하	-	-
직원근무실	26	50 이하	20	40

표 4 오염물질에 대한 기준치

오염물질	기 준 치	비 고
미세먼지 (PM-10)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 / 24Hr	평균치
일산화탄소 (CO)	25ppm 이하 / 1Hr	평균치
이산화탄소 (CO <sub>2</sub> )	1,000ppm 이하 / 1Hr	평균치
아황산가스 (SO <sub>2</sub> )	0.25ppm 이하 / 1Hr	평균치
이산화질소 (NO <sub>2</sub> )	0.15ppm 이하 / 1Hr	평균치
포름알데히드 (HCHO)	0.1ppm 이하 / 24Hr	평균치
납 (Pb)	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 / 24Hr	평균치

하철의 주행시 차량소음과 환기시설에서 발생되는 소음으로 구분되는데 본 원고에서는 환기시설에서 발생하는 소음에 대하여 적용하며 표 5는 대전 도시철도 1호선의 실내환경 소음기준을 나타내었다.

### 2.5 인체 발열량

지하철을 이용하는 승객은 대합실에서 승차표를 구입하여 승강장에서 차량에 승차하므로 보행하거나 전자세로 대기를 한다.

표 6은 승객이 보행할 때 발생되는 인체열을 나타내고 있으며 직원근무실은 사무실에서 인체발생열을 참고로 하여 기준치를 정하였다.

### 2.6 신선외기량

승객의 위생환기와 실내공기질을 높이기 위하여 다량의 신선한 공기가 필요하다. 특히 밀폐된 지하공간에서는 지속적인 외기를 공급하여 쾌적

표 5 실내 환경 소음 기준

실 명	dB(A) 기준	비 고
대 합 실	67	0 dB(decibel)
승 강 장	67	: 0.002 $\mu$ bar
직원근무실	65	음압의 측정단위

표 6 지하정거장의 승객과 직원의 인체 발생열

조건 \ 실용도	현 열 (Kcal/hr·인)	잠 열 (Kcal/hr·인)
대 합 실	45	70
승 강 장	45	70
직원근무실	54	59

표 7 신선외기량 공급기준

실 명	재실인원당	단 위 면 적 당	
		냉 방 시	환 기 시
대 합 실	25m <sup>3</sup> /hr 이상	10m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 이상	30m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 이상
승 강 장	25m <sup>3</sup> /hr 이상	10m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 이상	30m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 이상
직원근무지역	36m <sup>3</sup> /hr 이상	10m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 이상	30m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 이상

한 환경을 조성할 수 있다고 판단된다.

표 7은 지하정거장의 승객과 직원에 필요한 외기공급량을 나타내었다.

### 2.7 환기탑 설계기준

지하정거장과 터널에는 지상부로 환기구를 돌출시켜 실내의 오염공기를 배출하고 신선외기를 공급하는 환기탑을 설치하는데, 이러한 시설물은 도시미관을 해치고, 지하철의 소음이 외부로 전달되는 통로구실을 하여 민원을 야기시켜 왔다.

대전도시철도 1호선에서는 타도시 지하철건설 사례를 조사하여 환경피해를 줄이고 환기탑을 통한 소음을 절감할 수 있도록 설계기준을 설정하였다.

표 8은 환기탑의 설계기준을 나타낸다.

표 8 환기탑의 높이와 기류속도 기준

구 분	설 계 기 준		비 고
	탑 형	바 닥 형	
지상부 설치높이	2.0m 이상	0.3m 이상	탑형설치 기준
풍도내 기류속도	5m/sec	5m/sec	
토 출 속 도	7m/sec 이하	3.5m/sec 이하	

### 3. 정거장의 공기조화설비

국내에 건설된 초기의 지하철은 개통시 정거장에 공기조화설비가 되어 있지 않은 상태로 운영을 하다가 실내환경이 악화된 후에 개선책으로 냉방시설을 보완하였다.

대전도시철도 1호선의 건설은 개통초기부터 환경제어 관련 장비를 설치하여 쾌적한 실내환경을 조성하여 수송분담율을 높이는데 주력하였고 시스템선정시 지역여건에 적합하고 경제적인 방식을 선정하였다.

#### 3.1 대합실 공기조화설비

지하철 이용 승객이 체류하거나 승강장으로 가기 위하여 통과하는 지역으로 넓은 공간이 동일용도로 사용되고 있는 대합실의 주된 열부하는 인체발생열과 전기조명에 의한 발열들이다.

또한 계절별, 시간별로 실내환경의 조건이 다르므로 적합한 공기조화 방식의 선정이 요구된다.

#### • 대합실 공기조화 방식 선정

공기조화방식은 여러 가지로 분류할 수 있는데 본 원고에서는 정풍량 단일덕트방식과 가변풍량 단일덕트방식을 검토한다. 그림 1과 그림 2에는 각 방식별 계통도를 보여주며 표 9는 대합실에 적용시 장·단점을 나타내었다.

대전도시철도 1호선의 대합실은 하나의 공간으로 넓은 구역을 조성하므로 정풍량 단일덕트방식이 적합하여 봄, 가을에는 외기냉방이 가능하고 여름에는 냉동기와 조합운전하여 개통초기부터 냉방운전을 하도록 설계되었다.

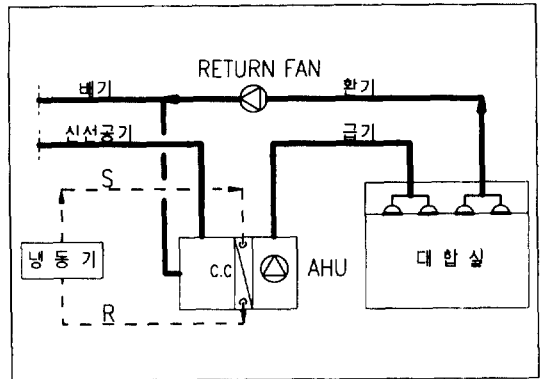


그림 1 정풍량덕트방식 계통도

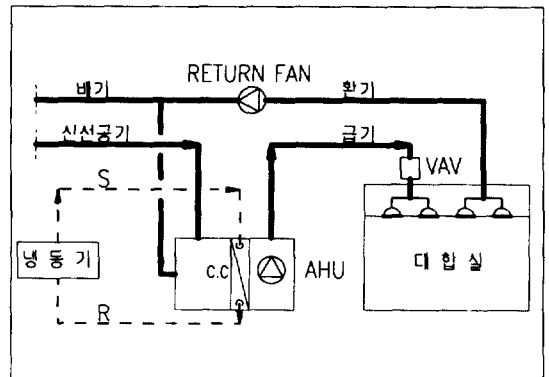


그림 2 가변풍량덕트방식 계통도

### 3.2 승강장의 공기조화설비

승강장은 열차운행에 따른 발생열과 열차풍의 영향을 많이 받는 지역이므로 대합실에 비해서 설정된 실내환경을 유지하는 것은 매우 난처하다.

그림 3은 승강장 선단에 유막급기, 선로부 상부에 상부급기, 승강장 중앙부에 공조급기를 하며 배기는 하부에서 수행하도록 구성된 방식인데 서울지하철 5호선에 적용하여 운영되고 있다. 유막급기는 열차정지시 발생열 차단과 열차진입시 열차풍을 완화하기 위한 목적으로 설치되었으나 투자비에 비해서 효율은 의문이 많아서 대

전지하철 1호선 1단계 건설구간중 9개 정거장에는 그림 4에 나타난 중앙공조급기와 상·하부배기방식을 채택하였으며 3개 지하정거장에는 밀폐스크린도어 설비를 하였다.(1단계구간 12개 정거장은 2001년 개통예정이며 2단계구간인 10개 정거장은 2003년 개통예정이다)

그림 5와 그림 6은 밀폐형과 개방형의 승강장 스크린도어 설비에 따른 승강장의 공기조화방식이며 표 10은 각 방식별 비교표이다.

### 3.3 직원 근무지역의 공기조화설비

직원 근무지역은 대합실과 승강장지역에 비하

표 9 정풍량과 가변풍량방식 비교표

구분	정풍량 단일 덕트 방식	가변풍량 덕트 방식
개요	공조기에 의한 중앙집중방식으로 냉동기와 조합운전으로 여름철에는 냉방을 하고 비냉방계절에는 외기에 의한 냉방이 가능하다.	공조기에 의한 중앙집중방식으로 냉동기와 조합운전으로 냉방이 가능하며 VAV unit를 설치하여 실내의 온도조건에 따라 풍량공급을 조절한다.
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템이 간편하다.</li> <li>• 외기공급량이 일정하므로 실내의 공기환경이 쾌적하다.</li> <li>• 초기투자비가 적다.</li> <li>• 유지관리가 용이하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지가 절감된다.</li> <li>• 각실의 특성에 따라 개별제어가 가능하다.</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지 절감대책이 미흡하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자동제어 계통의 시스템이 복잡하다.</li> <li>• 온도에 의해서 송풍량이 조절되므로 외기공급량이 기준치이하로 된다.</li> </ul>

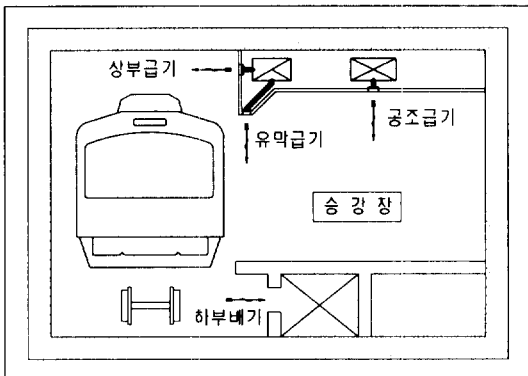


그림 3 유막급기와 하부배기방식

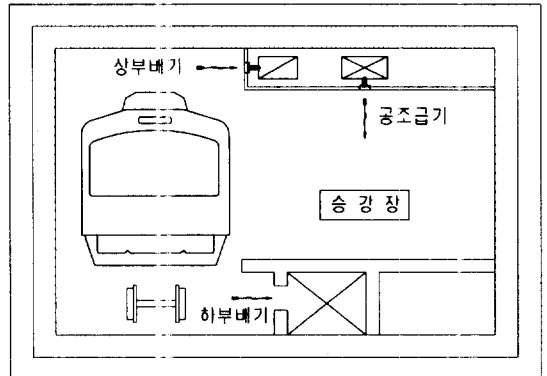


그림 4 중앙공조급기와 상·하부배기방식

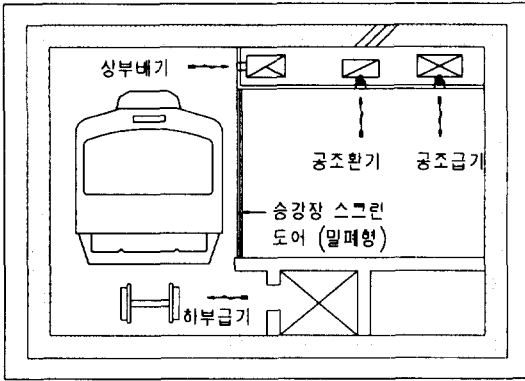


그림 5 밀폐형승강장 스크린도어 설비

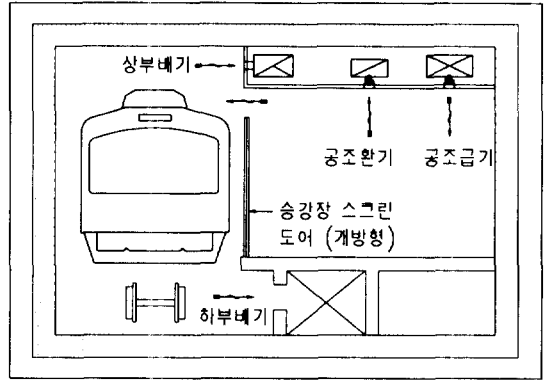


그림 6 개방형승강장 스크린도어 설비

표 10 승강장스크린도어 방식 비교표

구 분	밀폐형 스크린 도어 방식	개방형 스크린도어 방식
개 요	선로부와 승강부 사이에 밀폐형 스크린 도어를 설치하여 열차풍 및 열차의 발생열이 승강부로 침입하지 못하도록하여 승강부의 안정된 공조를 하는 방식	선로부와 승강부사이에 개방형 스크린도어를 설치하여 열차풍 및 열차의 발생열을 감소시키고 승강부의 안정된 공조를 하는 방식
장 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 승강부와 선로부를 완전분리하여 열차의 진입소음 및 본선 환기팬소음을 차단하여 감음효과를 가져옴</li> <li>· 열차진출입시 선로부의 먼지등이 승강부에 들어오지 않도록 함</li> <li>· 승객의 선로부 낙상 안전고려</li> <li>· 열차풍차단으로 에너지가 절감된다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 열차 진출입시 선로부의 먼지등이 승강부에 들어오지 않도록 함</li> <li>· 열차풍의 감소, 열차소음의 감음효과가 상당히 있음</li> <li>· 승객의 선로부 낙상안전고려</li> </ul>
단 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 정거장 선로부와 본선의 배연계통을 하나로 묶어야하는 관계로 정거장 선로부 급배기 팬이 정/역회전 기능을 가져야 함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 열차 진출입시 소음이 승강장내로 일부 전달됨</li> <li>· 승강부의 공기가 일부 선로부쪽으로 유출되는 관계로 밀폐식에 비해 냉방부하가 늘어남</li> <li>· 배연시 밀폐형과 마찬가지로 선로부 급배기 팬이 정/역회전 기능이 있어야 함</li> </ul>

여 면적이 매우 좁으며 실내 온습도 조건, 냉방 운전 개시 및 지속시간이 상이하므로 별도의 기기에 의한 냉난방설비가 필요하고 대합실과 승강장과는 달리 상시 운전개념으로 설계하였다.

그림 7은 직원근무지역의 공기조화방식에 대한 계통을 나타내었다.

여름철은 직팽식 공조기에 의해서 냉방과 신

선외기를 공급하고 겨울철 난방은 전기 라디에이터에 의해서 실내를 일정온도로 유지시키며, 신선외기는 직팽식 공조기의 송풍계통에 의해 신선외기를 공급하고 환기송풍기(return fan)을 이용하여 실내 오염공기를 배출하도록 한다.

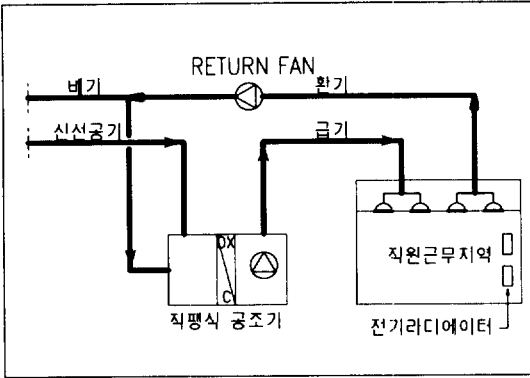


그림 7 직원근무지역의 공조 계통도

## 참 고 문 헌

1. 대전광역시, 1995, 대전도시철도 1호선 기본 설계 보고서(기계설비).
2. 서울특별시, 1990, 서울지하철 5호선 기본 설계 보고서(기계설비).
3. 대전광역시, 1997, 대전도시철도 1호선 T-1 공구의 정거장내 기류, 온도분포 예측 및 승강장 제연설비의 최적화를 위한 시뮬레이션 연구.
4. 대전광역시, 1997, 대전도시철도 1호선 T-1 공구의 터널환기설비 최적화에 관한연구.
5. 서울특별시, 1996, 제3기 서울지하철 기계설비 기본설계 공기오염방지 개선방안 연구.
6. 차철현, 1995, 지하철의 열차풍이 정거장내 공기환경에 미치는 영향에 관한 연구, 한양대학교 석사학위 논문.
7. 차철현, 1997, 스크린도어적용에 따른 지하승강장의 환기설비, 공기조화 냉동공학회, 97하계발표논문집.
8. Department Of Transportation, 1976, Subway Environmental Design Hand Book.
9. Marshall E. Greenspon, 1978. 2, Environmental Control Of Washington Metro, ASHRAE Journal.
10. Kafsuteru Goman., 1981. 3, 地下鐵の換氣·冷房の現狀と問題點, 空氣調和·衛生工學 55-3.
11. Hajime Nakagawa., 1981. 3, 地下鐵 冷房의 設計法, 空氣調和·衛生工學 55-3.

## 4. 맺음말

초기에 건설된 일부 지하철의 환경은 승객의 건강과 안전을 위협하는 수준에 도달하여 부가적인 설비투자를 늘려서 열악한 실내환경을 개선하기 위한 노력이 진행중이나 근본적인 해결책으로는 미흡한 실정이다.

대전도시철도의 건설계획에는 기존지하철의 실내환경오염상황을 측정과 조사를 통하여 원인을 분석하고, 엄격한 환경기준을 설정하여 설계에 반영하므로써 쾌적하고 안정된 지하공간이 조성되도록 하였으나, 환경문제는 시공자, 연구자, 관리자등이 함께 노력하여 실무에 적용되었을 때 그 효과가 증대될 수 있을 것이다.