

지하철 터널환기방식

권태성

대양공조주식회사 (ktsung21@dact.co.kr)

개요

열차가 운행하는 본선 지하 터널은 열차에 공급되는 전기에너지와 부속 기기 발열, 터널에서 차량 제동시에 발생하는 마찰열등으로 인해 많은 열이 발생하게 된다. 이는 터널 환경을 온열화하며 이에 대비한 최적의 환기설비를 설치하여 터널 내에서 발생하는 열을 제거하고 열 축적을 방지하여 계내 환경을 적정하게 유지하는 것이 대단히 중요하다.

따라서 현재 국내·외 지하철에서 가장 많이 사용하고 있는 환기방식을 열거하고 이와 유사한 일본 지하철의 최근 환기 방식을 분석하여 차량의 소량 편성과 운전시각이 완만한 지하철이나 지하터널구간이 있는 경전철에서의 환기 방식을 검토해 본다.

터널 환기의 목적

지하터널의 환기목적은 아래 내용을 만족하여야 하며 특히 강조할 부분은 화재시에 배연기능을 원활하게 하여야 한다.

- 지하터널 내부의 열 부하를 제거 하여 적정 환경 유지
- 비상시 승객 안전과 시설물 성능보호
- 정거장으로 유입되는 열차풍 최소화
- 화재시 배연기능 유지 및 원활한 대피조건 확보

국내·외 지하철의 터널환기방식

국내 지하철 터널환기방식

국내 지하철 터널환기방식은 서울지하철 1호선의 경우 푸쉬풀(push-pull)에 의한 자연환기방식으로 건설되어 운영하고 있으며 10년뒤인 1984년에 개통한 서울지하철 2호선부터는 점차 이용승객의 증가,

차량 냉방 도입, 정거장의 냉방과 터널의 온열화 등으로 터널내의 기계환기방식이 적용되었다. 가까운 일본의 경우도 초창기 건설된 지하철의 경우는 자연환기로 적용되었으나 상기와 같은 이유로 기존터널에서는 터널냉방을 고려했으며 이후 건설된 지하철의 노선 대다수는 기계환기방식으로 유지 운용되고 있다.

표 1은 국내 기존 지하철에서의 일반화된 터널환기방식으로 기계환기를 주로 사용하며 터널 송풍기의 유희시를 고려하여 자연환기도 병행하고 있다.

<표 1> 국내지하철 지하터널환기방식

항목	방식	기계환기방식	자연환기방식
개념도			
개요		급·배기 송풍기에 의해 강제 환기하는 방식 (송풍기 비가동시-자연환기)	열차 주행시에 발생하는 기류의 Push - Pull 현상을 0 용해 자연 환기하는 방식
장점		<ul style="list-style-type: none"> • 계획된 환기량을 공급할 수 있음. • 송풍기 비가동시에도 자연환기로 본선 터널내 온도 유지 가능 • 환기구 수량 및 면적축소로 초기 건설비 절감. • 가역회전 송풍기 설치시 비상시 배연기능 확보 가능. 	<ul style="list-style-type: none"> • 기계 환기시설이 없어 유지관리에 유리 • 동력비등 유지관리비 절감
단점		<ul style="list-style-type: none"> • 초기 시설비 증가 • 유지관리에 따른 전력비 및 유지관리비 소요. 	<ul style="list-style-type: none"> • 환기 효과 미흡 • 환기구 구조물 수량과 면적 증가로 건설비 증가 • 비상시 배연 효과 미흡
적용사례		<ul style="list-style-type: none"> • 서울지하철 9호선 기본설계 (민자추진중) • 서울지하철 2-8호선 • 부산, 대구, 인천지하철 대다수 	<ul style="list-style-type: none"> • 서울지하철 1호선 (청량리-서울역간)

외국 지하철 터널환기방식

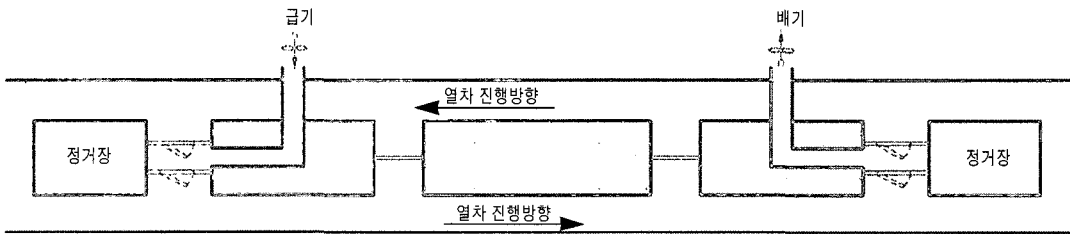
외국 지하철의 터널환기방식은 국내 지하철 터널환기방식과 비슷하며 단지 터널형식이 복선터널보다 단선병렬터널로 많이 구성되어 있다.

이는 터널 시공과 안전에 관련 되어있는 것으로 예상되며 환기방식도 강제 종류환기방식으로 열차의 진행방향과 급배기 풍향을 일치시킨 1종환기방식으로 대부분 시설되어 있다. 국내에서도 하저구간에 단선병렬터널로 형성되어 같은 방식을 적용하고 있으며, 외국지하철 중에 터널환기방식은 주로 영국 런던 쥬빌리 연장선, 싱가포르1, 2호선, 일본 동경남북선의 환기방식을 살펴보면 승강장에 스크린도어설비(platform screen door system)가 설치되어 승강장과 선로부가 완전 밀폐되거나 반밀폐 되어도 터널환

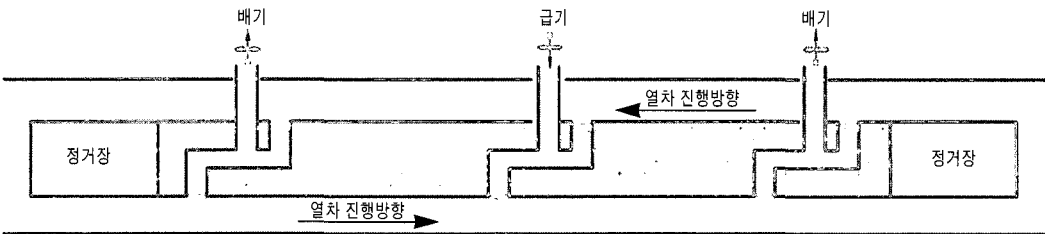
기는 통상적으로 역과 역간의 터널구간으로 형성되어 있다. 이에 대한 방식 비교는 표 2와 같다. 지하터널 환기방식의 개요도는 그림 1~3에 나타 내었다.

일본지하철의 최근 터널환기방식

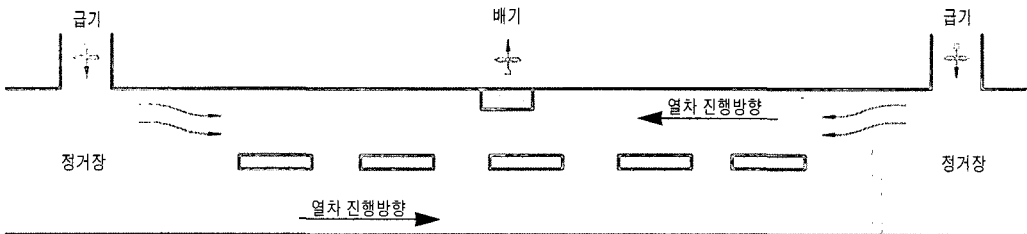
우리보다 약 50년 전에 개통한 일본지하철은 동경만 하더라도 12호선과 각 지선으로 형성되어 있으며 초창기의 교통수송수요가 많아 대량편성차량에 운전시격이 조밀한 노선으로 건설 되어 있다. 현재는 소량편성차량에 완만 운전으로 건설 중에 있는 노선도 있으며, 국내에서도 서울과 같은 대도시는 점차 도심구간의 인구 밀집보다는 부도심으로 집중됨에 따라 그 축으로 연결되는 지하철 노선을 계획하고 있다.



[그림 1] 영국런던 쥬빌리 연장선



[그림 2] 싱가포르 1, 2호선



[그림 3] 일본 동경남북선

<표 2> 외국지하터널환기방식(단선터널경우)

구 분	노 선 별		
	싱가포르 1,2호선	영국 런던 쥬빌리 연장선	일본 동경 남북선
스크린도어 형식	완전밀폐형	반밀폐형	반밀폐형
터널형식	단 선	단 선	단 선
환기방식	• 1종 환기 방식 (터널일단급기, 타단배기)	• 1종 환기 방식 (터널일단급기, 타단배기) ※비상시 터널중앙 급배기	• 1종 환기 방식 (터널중앙배기, 정거장 공조급기)
정거장간 터널환기실 위치 및 수량	정거장인접 양단2개소	터널중앙 1개소 양단 2개소	터널중앙 1개소
냉방현황	차량 및 정거장 냉방	차량냉방 정거장 비냉방	차량냉방 정거장 일부냉방
기후조건	22℃~33℃(아열대)	-4℃~28℃(온대)	-3℃~33℃(온대)
차량조건	대형4량(2분시격)	대형6량(1분40시격)	중형4량(5분시격)
화재시 배연운전	용이 (송풍기 정.역운전)	용이 (송풍기 정.역운전)	배연블리 (송풍기 정방향 운전만 가능)
스크린도어 설치목적	1.역냉방에너지 손실방지 2. 승객안전확보 3. 열차풍 유입차단으로 환경개선	1. 승객안전확보 2. 열차풍 유입차단으로 환경개선	1. 승객안전확보 2. 열차풍 유입차단으로 환경개선
특 징	<ul style="list-style-type: none"> 강제 종류 환기방식임. 터널당 해당 팬설치로 개별 급배기 가능한 시스템으로 터널환기가 가장 용이함. 승강장 상하부 배기팬과 본선팬과 연동하여 역부근의 심한 축열을 방지. 본선팬 휴지시 승강장 상·하부팬과 정거장 인접 배기 덕퍼 열림작동으로 승강장 침입열방지 효과 기대 완전밀폐형으로 터널환기 정거장으로 미치는 영향이 적은 시스템. 환기팬이 양터널 공용으로 화재시는 한 터널 집중 배연 혼잡시 한 터널 집중 급·배기 피스톤 효과에 의한 평상시 자연환기 겸용 정거장과 터널간의 격리 환기방식. 본선팬 휴지시 승강장 상·하부팬과 정거장 인접 배기 덕퍼 열림작동으로 승강장 침입열방지 효과 기대 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 쥬빌리선의 터널 화재로 인한 배연을 강조한 시스템으로 터널중앙 환기실을 설치하여 화재시 배연기능을 무가. 혼잡시, 비상시 한 터널에 집중적인 급배기 가능한 시스템. 환기팬이 양터널 공용으로 화재시 한터널 집중 배연 피스톤 효과에 의한 평상시 자연환기 겸용 후쉬-롤의 조합으로 양터널에 자연 급·배기 및 강제 급·배기 가능하며 터널 상태에 따라 환기속도제어 	<ul style="list-style-type: none"> 정거장 급기와 터널배기의 조합으로 운전하여 터널 단독시스템 구성이 곤란. 단순한 환기 시스템으로 터널내 환기량이 적은 노선에 적용
터널 환기량	3,200m ³ /min × 3대 4,500m ³ /min × 2대	4,800m ³ /min × 2대	3,000m ³ /min × 1대 ※환기회수 8회/h
검토의견	<ul style="list-style-type: none"> 싱가포르 1,2호선과 쥬빌리 연장선의 환기방식은 국내 지하철 단선터널에서의 환기방식인 일단급기 타단배기와 대등함. 터널 환기실 위치는 모두 정거장 끝단에 위치하여 열차의 운행에 따른 자연환기에 의한 피스톤 효과를 최대한 활용 ※일본 동경 남북선의 경우는 차량조건과 운전시격이 다른 노선보다 터널내의 환기량이 적어 터널 중앙 환기만으로 적용. 		

따라서 일본의 동경 도영 12호선, 히로시마 경전철, 동경 남북선 지하터널 환기방식을 비교하여 검토한다(표 3).

결 론

국내지하철과 외국지하철의 환기 방식을 비교해 보듯이 대부분 지하철은 제1종 기계환기방식으로 지하터널환기를 주도해 왔다. 국내 지하철도 대다수 마찬가지로

<표 3> 일본지하철의 최근터널 환기 방식 비교

구 분	노 선 별		
	도영12호선	히로시마 경전철	동경 남북선
개 요	정거장 21개소 노선길이 43km	정거장 21개소 노선길이 18.4km	정거장 19개소 노선길이 21.4km
터널형식	복 선 / 단 선	복 선(지하구간)	복 선 / 단 선
환기방식	• 1종 환기 방식 (터널일단급기, 타단 배기)	• 1종 환기 방식 (터널일단급기, 타단 배기)	• 3종 환기 방식 (터널중앙배기, 정거장 급기)
정거장간 터널환기실 위치 및 수량	정거장내 양단2개소	정거장 인접 양단 2개소	터널중앙 1개소
냉방현황	차량 및 정거장 냉방	차량 및 정거장 냉방	차량냉방 정거장 일부냉방
기후조건	-3℃~33℃(온대)	-3℃~33℃(온대)	-3℃~33℃(온대)
차량조건	중형8량(5분시격)	경량6량(2분30초시격)	중형4량(5분시격)
화재시 배연운전	용이 (송풍기 정.역운전)	용이 (송풍기 정방향운전만 가능)	배연블리 (송풍기 정방향운전만 가능)
스크린도어 설치목적	없음	1.역냉방에너지 손실방지 2. 승객안전확보 3. 열차풍 유입 차단으로 환경개선	1. 승객안전확보 2. 열차풍 유입 저감으로 환경개선
특 징	<ul style="list-style-type: none"> 터널형식에 관계없이 역내 2개소의 환기팬 설치로 급·배기 함. 터널이 소단면(14.5m²)으로 환기량이 다른 노선보다 작은 환기방식임. 배연시 승강장용 배기팬+배연팬과 터널 환기팬에 동시 운전으로 배연 운전 	<ul style="list-style-type: none"> 터널에 설치된 환기팬에 의해 단독 환기 운전 터널길이 가 적고 소단면(33.5m²)으로 환기량이 가장 작은 노선임. 	<ul style="list-style-type: none"> 정거장급기와 터널중앙 배기의 조합으로 운전하여 터널 단독 시스템 구성이 곤란. 단순한 환기시스템으로 터널내 환기량이 적은 노선. 터널내의 열차풍 영향이 정거장에 미쳐 지하 환기 개선이 다소 미흡한 방식.
터널 환기량	550~1,633m ³ /min × 4대 (가변의축류팬)	3,200m ³ /min × 1대	3,600m ³ /min × 1대
검토의견	<ul style="list-style-type: none"> 히로시마 전철, 동경 남북선의 차량냉방성수 및 차량조건 등이 완만한 조건으로 1종 환기방식이지만 환기구 수 및 환기 풍량이 작은 노선임. 특히 정거장 급기와 터널중앙 배기로 환기하는 동경 남북선은 배연 대책이 미흡한 반면에 시스템이 간단하고 공사비가 가장 작은 시스템으로 검토할 대상인 시스템임. 상기 비교 노선은 단?복선터널로 구성되어 있으며 복선터널시에 터널 내에서 열차의 교행에 따른 난류 현상이 애견되지만 2개소 위치의 환기구로 강제 급배기시에는 터널내의 환기효과가 충분히 확보 되리라 예상됨. 		

지하철 터널환기방식

가지로 되어 있으며 이들의 공통점은 이용승객의 수송량으로 인해 대형차량조건과 조밀한 운전시격으로 터널환기풍량이 다량 필요하게 되어 있다.

마찬가지로 수송수요가 적고 소형차량인 경전철 노선에서의 지하터널은 열차에 공급되는 전기에너지와 부속 기기의 발열 등이 중전철(重電鐵) 노선보다 감소하여 터널내 환기량이 상대적으로 작아 이에 따른 환기시설규모가 적어진다.

이런 경우에 일본 남북선과 같이 역에서 급기하고 터널중간 환기실을 설치하여 강제배기하는 제3종 환기방식으로 대두 될 수 있다.

그러나 터널내의 제3종환기는 최소한의 배연기능을 갖는 터널환기방식으로 볼수 있으며 비상시의 배연기능을 적정 수준으로 상승 시켜 적용한다면 당연히 제1종 기계환기시설로 고려되어야 한다

비록 초기 시설비가 더 소요되고 유지관리가 복잡하더라도 다수가 이용하는 시설은 안전 의식에 초점을 맞추어 시설함으로 비상시에 최대한 활용되어야 한다.

결론적으로 경전철의 터널환기방식은 제1종 기계환기시설로 비상시나 혼잡시에는 터널팬을 가동하고 평상시에는 푸쉬풀(push-pull)에 의한 자연환기방식과 터널내의 온도 상승으로 팬 가동 자동조작으로 운전함이 바람직하다. (韓)