

지하역사 승강장 열환경 개선을 위한 연구 (제2보: 도입외기온도에 따른 승강장 열환경)

*김 회 룰, **김 동 규, **금 종 수†, ***정 용 현, ****김종열, *****김민수

부경대학교 대학원*, 부경대학교 기계공학부**, 부경대학교 생태공학과***,
동명대학교 냉동공조과****, (주)GE엔지니어링*****

The study for thermal environment improvement at subway station platform (Part 2: Thermal environment according to supply outdoor temperature)

Hoe-Ryul Kim*, Dong-Gyu Kim**, Jong-Soo Kum†**,
Yong-Hyun Chung***, Jong-Ryel Kim****, Min-Soo Kim*****

**Graduate School of Refrigeration & Air conditioning Engineering, Pukyung National University, Busan 608-738, Korea*

***Department of Mechanical Engineering, Pukyung National University, Busan 608-738, Korea*

****Department of Ecology Engineering, Pukyung National University, Busan 608-738, Korea*

*****Department of Refrigeration & Air conditioning Engineering, TongMyong University, Busan 608-711, Korea*

******GE Engineering, Busan 611-070, Korea*

ABSTRACT: This study is to examine the possibility of pre-cooling at platform. Through measurement of the thermal environment of Bujeon Subway platforms, review the potential use of ground-water and night purge. The results of this research can improve the thermal environment pre-cooling of the design.

Key words: Subway Station Platforms(지하철 승강장), Discomfort Index(불쾌지수), Predict Mean Vote(예상평균 온냉감)

1. 연구배경 및 목적

도시의 과밀화로 인해 지하공간의 이용을 촉진시켰으며, 광역도시에서는 지하상가, 지하주차장, 지하철 등 다양한 지하공간이 늘어나고 있다. 이중 지하철은 지상교통의 혼잡으로 인해, 정시성, 쾌속성, 안전성이 뛰어나다는 장점으로 우리나라에서는 1974년 8월에 서울지하철 1호선이 최초 개통되었고, 이후 부산, 대구, 인천, 대전, 광주 등의 대도시로 지하철 운행이 점점 확대되고 있는 실정이다. 부산의 경우 1985년에 1호선이 개통되었으며, 2호선과 3호선이 운행 중에 있다.

대량수송에 따른 높은 에너지 효율, 지상 교통

수단의 대체기능, 대기환경 개선등의 많은 장점이 있지만, 냉방시설이 없이 초기에 개통된 지하철은 년수 및 이용승객의 증가에 따라 지하철 내 열환경은 점차 악화되고 있고, 특히 여름철 기간에는 냉방 및 환기시스템에 많은 비용이 지불되고 있는 실정이다. 이는 운행초기에는 지하공간의 특성상 일정한 온도를 유지하여 지상보다 여름에는 시원하고 겨울에는 따뜻한 열적 특성을 가지고 있었으나, 지하철의 이용승객의 증가, 열차운행횟수의 증대, 기타 부대설비의 내부발열량이 지반의 흡·방열량을 초과하게 되어 대지의 항온성, 단열성의 특징을 살린 자연적인 쾌적환경을 기대할 수 없는 지경에 이르렀다. 또한 지구온난화의 영향과 도시의 열섬효과로 인해 지상의 온도는 해마다 상승하고 있으며, 이와 같은 상태의 외기를 도입하여 환기를 하는 지하공간의 열환경을 악화시키는 원인이 되고 있다.

† Corresponding author

Tel.: +82-51-629-6178; fax: +82-51-629-6178

E-mail address: jskum@pknu.ac.kr

제1보 및 관련 연구내용^{1,2)}에 의하면, 부산지하철 1호선의 경우 일부 역을 제외하면 여름철 대부분의 승강장 내부의 열환경이 열악한 것으로 나타났다. 이러한 문제점은 시내버스와 지하철의 연계에 의한 증가하는 이용승객에게 불쾌감을 줄 수 있을 뿐만 아니라 지하철 이용을 꺼릴 수 있는 원인이 된다.

이에 본 연구에서는 제1보에 이어 승강장 열환경 개선대상 역사인 부전역에 대하여 승강장 온열환경 실측과 승강장 도입외기의 예냉 효과를 검토하기 위하여 자연에너지 활용방법인 나이트 퍼지의 가능성과 지하수 활용가능성을 검토하였다. 이를 통해 지하철을 이용하는 승객들에게 쾌적한 열환경을 제공함과 동시에 최저의 비용으로 지하철 열환경을 개선할 수 있는 예냉 설비설계안을 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

2. 연구방법 및 범위

2.1 연구방법

부산지하철 1호선 승강장 열환경 개선을 위한 대상역사는 1985년 7월에 개통된 부전역 역사를 선정하였다. 선정된 역사에서 측정항목은 승강장의 온도, 습도, 기류속도^{3,4)}와 승강장으로 외기를 공급하는 공조기의 도입외기 온도를 측정하였다. 또한 역사에서 발생하는 지하용출수를 예냉용으로 활용하기 위해 지하용출수의 온도도 측정하였다. 측정에 사용된 장비는 Table 1과 같다. 승강장에서 측정된 온도, 습도, 기류 데이터를 활용하여 불쾌지수 및 PMV를 계산하여 승강장내 열환경을 평가하였다. Fig.1은 역사에서 데이터 측정을 위한 측정장소와 측정장치 사진이다.

2.2 승강장 온열환경 측정

Fig. 2는 부전역 승강장 온열환경을 파악하기 위하여 데이터를 측정하고 있는 장소를 나타내고 있다. 측정지점은 승강장 2개소, 환기실 공조기 급기 및 도입외기 온도, 지하 용출수 온도 등을 측정하였다. 또한 열차 진출입에 따른 기류속도를 측정하여 PMV 계산에 활용하였다.

2.3 승강장 온열환경 기준 및 평가지표

Table 1 측정에 사용된 장비

	측정항목	측정장소
데이터로그	-공조기 도입외기 온도 -지하수 온도	-승강장 환기실 -지하 펌프실
온도리	승강장 온도/습도	



(a) 환기실

(b) 펌프실



(c) 승강장 천정 및 측정장치

Fig.1. 지하철 역사 및 환기실 측정장치

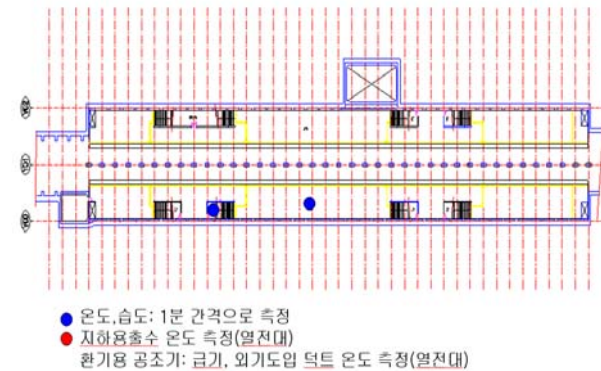


Fig.2 승강장 열환경 측정을 위한 장소

지하철 역사의 공조설비설계 기준 중 “대합실과 승강장 구역의 냉방장치는 설계 외기조건에서 대합실은 온도 28℃, 상대습도 60%, 승강장은 온도 28℃, 상대습도 70%를 넘지 않도록 한다.”라고 되어 있다. 그러나 본 연구의 측정 대상역사인 부전역은 공조설비가 완비되어 있지 않고, 외기를 도입하여 단순 환기만을 하고 있다. 승강장 열환경 평가에 사용된 불쾌지수 (discomfort index, DI)는 여름철 실내의 무더위

Table 2 환기설비 운전시간 스케줄

구분	운전시간	환기팬 운전 주파수	총 운전시간	비고
승강장 공조기	05:00-06:00	45Hz	19시간	가변속 (인버터) 제어방식
	06:00-22:00	50Hz		
	22:00-24:00	45Hz		
승강장 배기	05:00-05:30	50Hz	1시간 30분	
	09:00-09:15			
	13:00-13:15			
	17:00-17:15			
	21:00-21:15			

기준으로서만 사용되고 있을 뿐 복사나 바람 조건은 포함되어 있지 않기 때문에 그 적절한 사용에는 한계가 있다는 점에 유의하여야 한다. PMV는 재실자 다수의 평균적인 온냉감을 표시한 것이고, 온열적으로 만족을 나타내지 않는 사람의 비율을 불만족율(PPD)이라고 한다. ISO-7730에서는 PMV, PPD의 값으로서 PMV ±0.5 이내, PPD 10% 미만을 권장하고 있다. 또한 PMV 평가는 ±2 (PPD=75%)를 초과하는 경우는 바람직하지 않고, PMV ±1 (PPD=25%)의 범위내에서 사용하는 것이 바람직하다.

3. 실측결과 및 분석

3.1 승강장 열환경

Table 2는 승강장에 대한 환기설비의 운전시간 및 가변속 제어방식에서 주파수를 나타내고 있다. 부전역의 승강장 환기관련 공기조화기는 오전 5시부터 오후 24시까지 19시간 외기를 공급하고 있다. 이와같은 운전 스케줄에 따른 열환경 파악을 위해, Fig.3은 8월 10일 0시부터 24시까지, Fig.4는 2008년 8월10, 11일 총 48시간동안 부전역 승강장내 도입외기 덕트에서 측정된 도입외기 온도 및 승강장 내부온도 일변화 그래프이다. 승강장 내부 온도는 30℃에서 33℃사이에서 변동하였고, 도입외기 역시 승강장 공조기 운전시간을 고려할 때 동일한 양상을 나타내었지만, Fig.4와 같이 외기온도가 높은 오후 12시에서 16시 사이에는 오히려 도입외기온도가 승강장 실내 온도보다 높음을 알 수 있다. 그리고 공조기가 운전되는 시점인 오전 4시경의 도입외기온도변화를 고려할 때 승강장 공조기가 정지하는 시간대

Table 3 승강장 온열환경 현황(2008년 8월10-8월 11일 05:00~24:00)

	도입외기 기온도 [℃]	승강장 내부온 도[℃]	승강장 상대습 도[%]	승강장 불쾌 지수	승강장	
					PMV	PPD
도입외기 최대 온도값 (인버터) 출현기준	33.3	32.8	61	84	2.6	95
도입외기 최소 온도값 (인버터) 출현기준	28.1	30.2	64	81	1.9	72



Fig.3 환기 운전스케줄에 따른 일평균 온도변화

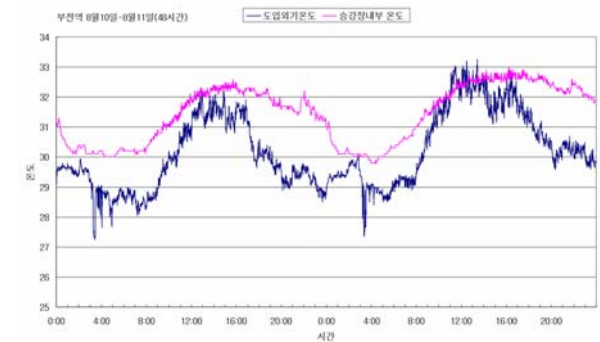


Fig.4 도입외기 및 승강장 온도 경시변화

에는 낮은 온도를 유지하고 있음을 알 수 있다. 이상의 실측결과를 통해 운전시간 동안 승강장 도입외기 최대 및 최소 온도값 출현기준으로 정리한 결과를 Table 3에 나타내었다. 승강장 내부의 온도는 승강장 공조 시 적용하는 설정온도 28℃를 초과하고 있음을 알 수 있고, 불쾌지수 및 PMV 지표를 고려할 때 운전시간대에 있어서는 대부분의 승객들이 불쾌하게 느끼는 것으로 판단되므로, 열환경적인 측면에서 매우 열악함을 알 수 있다.

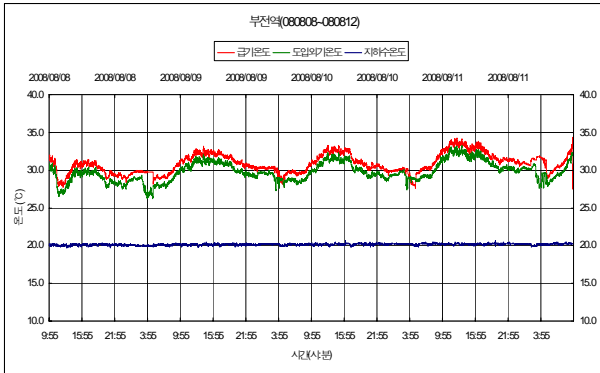


Fig.5 승강장 급기온도 및 지하수 온도

Table 4 예냉코일 검토사항

항목		항목	
풍량	32000CMH	입구공기 건구온도	33.3℃
냉각열량	50,000kcal/h		
유량	167 LPM	출구공기 건구온도	27.9℃
입구수온	20℃		
출구수온	25℃	도입외기 입출구온도차	5.4℃

3.2 지하수를 활용한 예냉 검토

부전역 승강장으로 도입되는 외기의 예냉 가능성을 검토하기 위해 지하수의 온도를 측정하여 Fig.5에 나타내었다. Fig.5에서 알 수 있듯이 부전역에서 용출되고 있는 지하수 온도는 평균 20℃의 일정한 값을 나타냈다. 지하수의 온도 및 발생량을 고려할 경우 부전역에서 발생되고 있는 지하수(1일 500톤) 온도는 일정온도를 유지하고 있음을 알 수 있다. 따라서 승강장 냉방부하를 고려하여 2대의 공조기에서 지하수를 활용하는 것으로 하였다. Table 4는 승강장용 공조기 1대의 풍량을 기준으로 예냉코일(4열 기준)을 검토한 결과이다. 계산조건은 Table 3의 도입외기 최대온도값과 지하수 온도를 고려하였다. 검토결과 입구공기온도를 약 5.4℃정도 낮출 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 부전역에서 발생하는 지하수를 승강장 내 열환경 개선을 위해 도입외기 예냉용으로 사용할 경우 충분히 이점이 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

부전역 승강장 관련 데이터를 측정 및 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 승강장 환기를 위해 외기를 직접 도입하여 승강장으로 취출하고 있으며, 승강장 내부 온도는 승강장 공조 시 적용하는 설정온도 28℃를 초과하고 있음을 알 수 있다. 따라서 열환경적인 측면에서는 열악한 것으로 판단된다.
- 2) 환기설비 운전스케줄을 고려할 때 외기온도가 낮은 시간대에 많은 외기를 도입하여 냉각을 시키고, 외기온도가 높을 시간대에는 최소한의 환기를 유지하여 승강장내 온도를 보다 적극적으로 관리할 필요가 있다.
- 3) 8월달 부전역 승강장의 평균온도는 약 30℃를 초과함을 알 수 있고, 승강장 내부의 불쾌지수 역시 약 80으로서 승객의 50%정도가 불쾌하게 느끼고 있음을 추정할 수 있다.
- 4) 부전역에서 발생되고 있는 지하수(1일 500톤, 평균온도 20℃)는 승강장 내 열환경 개선을 위해 도입외기 예냉용으로 사용할 경우 충분히 이점이 있을 것으로 판단된다.

사사

본 연구를 지원 및 협조해 주신 부산지역환경기술개발센터와 부산교통공사 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 김희률 외 5인, “지하역사 승강장 열환경 개선을 위한 연구(제1보: 승강장 열환경 현황 및 실측 결과)”, 대한설비공학회 하계학술대회, 2008, pp.976-980
- 2) 박성출 외 5인, “지하철 승강장 환기설비 리모델링을 위한 열환경 평가”, 대한설비공학회 부산울산경남지회 학술대회, 2007, pp.51-57
- 3) 강대식, 박종수, 송규동, 손장열, “복사열전달을 고려한 지하철 승강장의 온도 및 기류분포 해석에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표 논문집, 제17권 제2호, 1997, pp.847-852
- 4) 권도환, 김남규, 이언구, “지하철 승강장의 기류분포 특성에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표 논문집, 제17권 제2호, 1997, pp.781-788