

3A3) 전동차 내부의 쾌적성 평가에 관한 연구 Study on Comfortableness of Electric Rolling Stock

박덕신 · 조영민 · 배상호
 한국철도기술연구원 철도환경연구그룹

1. 서 론

전동차는 밀폐된 공간에 많은 승객이 승차하므로 공기의 질을 쾌적하게 유지하기가 어렵다. 전동차의 경우 객실은 전체가 밀폐되어 있으므로 기계 환기로 공기질을 조절해야 하며, 조명에서 발생하는 대량의 열을 HVAC 시스템을 통해서 처리해야 한다. 출퇴근 시간에는 신선한 공기를 고속으로 전동차 내부로 공급해야 하는데, 이 과정에서 승객이 외부의 차거나 더운 공기에 직접 노출되게 되면 불쾌감을 유발할 수 있다. 여름철에는 냉방기 압축기를 가동하지 않을 때 냉방기의 증발기 내에 있던 물방울이 송풍에 의해 내부로 유입되기도 한다. 전동차 내부에서 인간이 느끼는 불쾌감은 온도, 습도, 풍속 등 외부의 환경에 의해 다양하게 변화된다. 사람이 쾌적하다고 느끼는 공간을 나타내는 인자는 다양하며, 이런 인자에는 측정이 불가능하거나 정량평가가 어려운 항목들도 다수 포함된다.

본 연구에서는 수송용 차량 중 철도차량 전동차라는 실내공간을 대상으로 연구를 수행하였으며, CFD (computational fluid dynamics) 전용 프로그램인 Fluent 5.0/Gambit 2.0을 이용하여 전동차 내부의 유동을 파악하고, HVAC 시스템의 문제점을 가시화하고자 하였다. 그리고, 전동차 내부에서 비교적 정량화가 쉬운 온도와 습도를 대상으로 승객의 위치를 기준으로 0.7, 0.9, 1.2, 1.7 m의 높이에서 온도와 습도의 분포를 측정하여 쾌적성 관련 국제기준과의 비교분석을 통해 실내쾌적성을 평가하고자 하였다.

2. 연구 방법

ANSI/ASHRAE 55-1992에서는 온열환경 수직 측정위치를 지표면에서 0.1, 0.6, 1.1, 1.7 m 높이로 할 것을 추천하고 있으며, 여기서 0.1 m는 발목, 0.6 m는 착석시 인체의 중심, 1.1 m는 착석시 인체의 머리, 1.7 m는 서있을 때의 머리 높이에 해당된다. 본 연구에서는 철도청 소속 4호선 전동차에 승객이 탑승했을 때의 높이를 실측하여 ANSI/ASHRAE 55-1992의 추천 높이를 약간 변경하고, 전동차의 구조상 측정이 어려운 0.1 m 높이를 제외한 지점에서 온도와 습도를 측정했다.

수직 온도 및 습도 분포 측정지점은 그림 1과 같이 0.7, 0.9, 1.2, 1.7 m로서 0.7 m는 착석시 인체의 무릎, 0.9 m는 착석시 인체의 중심, 1.2 m는 착석시 인체의 머리, 1.7 m는 서있을 때의 머리에 해당되는 높이이다. 그림 1에 전동차 내부에서의 측정위치를 나타내었다. 전동차의 제원은 내부를 기준으로 길이가 18.9 m이고, 폭이 2.9 m로서 수평 온도 및 습도 측정지점은 세로축의 경우 전동차의 진행방향을 기준으로 6등분으로 나누어 0.48 m의 간격으로 5지점으로 하였다. 가로축은 총 길이인 18.9 m를 1.1 m 간격으로 나누어 6지점으로 하여 총 80지점을 선정하여 측정하였다.

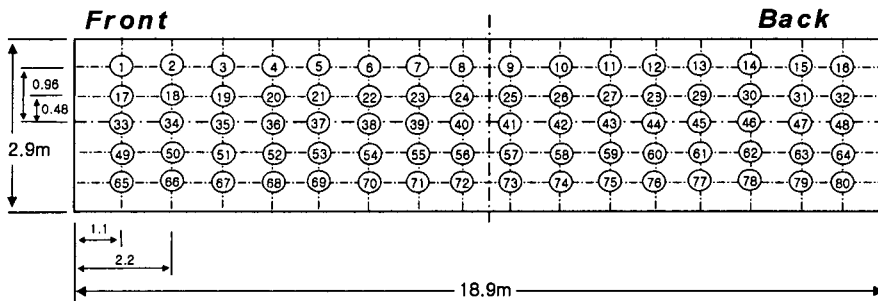


Fig. 1. Measured points of horizontal temperature and humidity distributions in electric rolling stock.

3. 결과 및 고찰

CFD 전용 프로그램인 Fluent 5.0과 Gambit 2.0을 이용하여 전동차를 대상으로 유동해석을 하였다. 모델링은 직교좌표계를 사용했으며, 계산 격자는 tetrahedral을 이용하여, 경계조건을 포함한 전체계산 셀의 수는 약 130,000개로 구성하였다. 유동해석 결과 전동차 중앙 통로 쪽으로 향하는 슬롯에 의해 유입된 공기는 중앙 통로로 하강하여 바닥을 거쳐 창문과 측면을 따라 상승하다가 천장의 리턴그릴로 순환되는 흐름을 보였다. 또 다른 슬롯에 의해 유입된 공기는 선반 쪽으로 향한 후 창문을 타고 내려오다가 중앙으로의 순환을 보였다. 그림 2에 전동차 측면에서의 속도분포를 나타내었다. 그림 3에 전동차 수직 온도분포 측정위치별 (지표면에서 0.7, 0.9, 1.2, 1.7 m) 온도분포를 제시하였다. 그림에서 온도분포가 뚜렷하게 구분되는 것을 볼 수 있다. 이것은 리턴그릴에 의해 형성된 속도분포에 의해 다른 곳보다 다소 높은 공기가 배기되면서 나타난 현상으로 보이며, 온도분포도는 지표면에서 상층으로 올라갈수록 기온 차이가 더 심해지는 것으로 나타났다.

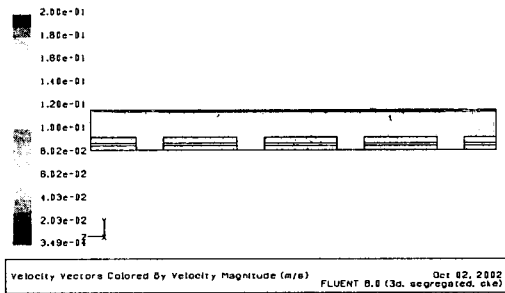


Fig. 2. Distributions of velocity vectors in calculation model.

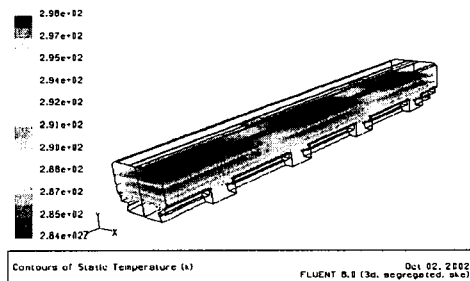


Fig. 3. Distributions of temperature at 0.7, 0.9, 1.2, 1.7 m heights in calculation model.

4. 결 론

전동차 내부에서 쾌적성을 평가하기 위한 기초연구를 수행하였다. 전동차 내부의 유동은 강제환기에 의존하므로 전산유체해석 프로그램으로 전동차 내부의 환기특성과 유동을 파악하였으며, 해석결과 전동차 내부의 유동은 천정의 리턴그릴에 의해 지배되는 양상을 보였다. 전동차 내부의 유동 특성은 리턴그릴에 의해 형성된 주변보다 다소 고온의 공기가 배기되면서 전동차 내부의 온도분포에 불균형이 발생되었다. 온도분포는 지표면에서 상층으로 올라갈수록 차이가 더 심해지는 것으로 조사되었다.

0.7, 0.9, 1.2, 1.7 m의 높이에서 측정된 온도분포를 유동해석 결과와 비교해보면, 온도분포 특성에 약간의 차이가 있는 것을 알 수 있었다. 이것은 측정 대상 전동차로 유입되는 공기의 분포가 불균일하기 때문으로 판단되며, 습도분포 역시 온도분포와 유사하게 전동차 내에 장착된 공조시스템의 설치위치와 닥트 형상 등 여러 요인에 의해 불균형이 나타난 것으로 사료되어 진다. 전동차 내부의 쾌적성을 보다 명확하게 평가하기 위해서는 향후 보다 많은 측정과 쾌적성 평가 인자들에 대한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 한국철도기술연구원 (2002) 「실내쾌적성 향상기술개발」, 1차년도 최종보고서
- 한국철도기술연구원 (2002) 「객실 실내공기질 향상 방안」, 최종보고서
- 박덕신, 배상호, 정병철, 이주열 (2003) 철도 전동차내의 쾌적성 평가에 관한 연구 -온도 및 습도를 중심으로-, 한국철도학회지, 6(1), 41-48.