

전기화물차의 적재 중량, 외기온도 및 냉동기 가동 조건이 주행 성능에 미치는 영향

이 광 열¹⁾ · 박 수 한²⁾

건국대학교 대학원 기계공학과¹⁾ · 건국대학교 기계로봇자동차공학부²⁾

Impact of Payload, Ambient Temperature, and Refrigeration System Operation on the Driving Performance of Electric Freight Vehicles

Gwangryeol Lee¹⁾ · Suhan Park²⁾

*Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Konkuk University¹⁾
School of Mechanical, Robotics, and Automotive Engineering, Konkuk University²⁾*

Key words : Electric Freight Vehicle(전기화물차), Payload(적재량), Ambient Temperature(외기온도), Refrigeration Load(냉동부하), Driving Range(주행거리)

* 교신저자, E-mail: suhanpark@konkuk.ac.kr

온실가스 배출 감축과 도시 대기 질 개선을 위한 지속 가능한 교통 전환이 가속화되면서, 전기자동차는 승용 부문뿐만 아니라 상업용 물류 부문에서도 빠르게 확산되며 핵심 솔루션으로 부상하고 있다.^{1,2)} 특히, 냉장·냉동 화물 운송을 담당하는 전기 냉동탑차는 주행 과정에서 적재 중량, 외기온도, 냉동기 가동과 같은 복합적인 요인이 동시에 작용하여 에너지 소비와 주행 가능 거리에 중대한 영향을 미친다. 이러한 요인은 실제 물류 운영에서 충전 전략과 운행 효율을 좌우하는 핵심 요소임에도 불구하고, 기존 연구는 대부분 승용 전기차나 전기버스를 대상으로 이루어졌으며, 상용 전기화물차를 실험적으로 분석한 사례는 극히 제한적이다.^{3,4)} 따라서 본 연구는 차대동력계와 실도로 주행 시험을 통해 전기화물차의 주요 운행 조건에 따른 개별적·복합적 영향을 정량적으로 분석하고자 하였다.

시험 차량은 기아 Bongo III EV 카고형과 동일 차종의 냉동탑차를 선정하였다. 차대동력계 시험은 외기온도(-7℃, 25℃, 32℃), 적재 조건(무적재, 최대 적재), 냉동기 가동 여부를 조합하여 수행하였다. 실도로 주행 시험은 Bongo III EV 카고형을 대상으로 무적재 및 최대 적재(1,000kg) 조건에서 동일 경로를 주행하여 데이터를 취득하였으며, 모든 실도로 시험은 HVAC 시스템을 가동하지 않은 상태에서 진행되었다. 아울러, 차량 속도, 외기온도, 배터리 전류·전압·SOC, 모터 회전수·토크 등 주요 동력 계통 데이터는 Intrepid CS社의 Value-CAN4 장비를 통해 OBD 기반으로 1 Hz 주기로 수집하였다.

시험 결과, 전기화물차의 주행 가능 거리는 운행 조건에 따라 뚜렷한 차이를 보였다. 무적재 조건은 최대 적재 대비 주행거리가 약 10% 증가하였고, 저온(-7℃)에서는 25℃ 대비 주행거리가 약 34.4% 감소하였다. 또한, 냉동기 가동 시 추가적인 전력 소비로 인해 주행거리가 미가동 대비 약 14.5% 단축되었으며, 외기온도 상승이나 적재 하중 증가 역시 냉동기의 에너지 소비를 가속화하는 것으로 나타났다. 특히, 온도·최대 적재·냉동기 가동 조건이 복합적으로 작용할 경우, 주행거리는 최적 조건 대비 약 39.8% 감소하여 큰 성능 저하를 확인하였다.

본 연구는 전기화물차의 실제 운영 조건에서 발생하는 에너지 소비 및 주행 성능 변화를 분석하고, 조건별 영향을 정량적으로 제시하였다. 이를 통해 도출된 결과는 향후 전기화물차의 주행거리 예측, 충전 및 운행 전략 수립, 배터리 용량 선정, 냉동 시스템 효율화 등 다양한 분야에서 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.



Fig. 1 Diagram of test vehicle and equipment connection

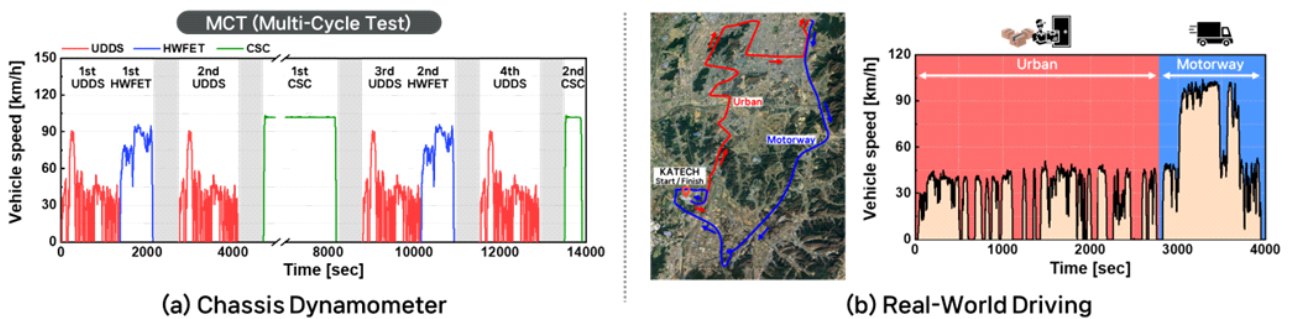


Fig. 2 Experimental driving profiles: (a) chassis dynamometer with MCT speed profile, (b) real-world driving route and speed profile

References

- 1) E. A. Frank, M. C. Alejandro, and S. Enzo, "Electric mobility toward sustainable cities and road-freight logistics: A systematic review and future research directions", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 430, 138959, 2023.
- 2) D. R. Jenny, Z. N. Sebastian, G. T. Roberto, P. S. Daniel and I. H. Jose, "Characterization of urban distribution networks with light electric freight vehicles", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 119, 103719, 2023.
- 3) J. G. Seo and J. P. Cha, "Real-world analysis of energy consumption in a battery electric vehicle: Effects of ambient temperatures and thermal management system operation", *Energy Conversion and Management*, Vol. 345, 120372, 2025.
- 4) J. G. Song, "Evaluation of driving resistance and energy consumption in electric vehicles under various ambient and tire temperatures using real-world driving data", *eTransportation*, Vol. 25, 100454, 2025.

Acknowledgement

이 연구는 한국연구재단 중견연구후속지원사업(RS-2023-00208502)과 한국환경공단의 연구지원으로 수행되었습니다. 또한, 시험 지원에 도움을 주신 한국자동차연구원에 감사드립니다.