

화물형 삼륜전자전거 내 통신 플랫폼 파손 대비를 위한 진동 특성 연구

장재민, 여창섭, 김상민

(재)경북자동차임베디드연구원

mjjang@givet.re.kr, yecs6841@givet.re.kr, smkim@givet.re.kr

A Study on the vibration characteristics to prepare for damage to communication platform in cargo three-wheeled electric bicycles.

Jang Jae Min, Yeo Chan Sub, Kim Sang Min

Gyeongbuk Research Institute of Vehicle Embedded Technology.

요약

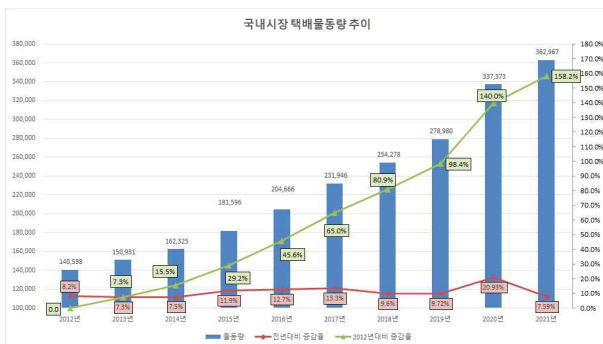
최근 전자상거래의 성장으로 국내의 택배시장 활성화에 큰 기여를 하였다. 그러나 수송 수단의 대부분은 많은 이산화탄소를 발생시키고 있으며 교통 혼잡, 지역주민의 민원 등의 사회적 문제도 야기시키고 있다. 이러한 환경적, 사회적 문제를 해결하기 위해 삼륜형 전자전거라는 새로운 배송 수단을 채택하였다. 하지만 국내 자전거도로 주행 시 내부 프레임에 장착될 모듈의 진동 내구도에 대한 연구가 선행되어야 한다.

본 연구에서는 자전거도로를 주행하여 얻은 삼륜형 전자전거의 화물칸 내 진동 데이터와 현재 화물 포장 규격과 비교하였다. 시험 결과 자전거 전용도로의 도로 불규칙성으로 인한 진동이 차체에 어떤 영향을 미치는지 살펴보았으며, 특정 주파수 범위에서의 진동이 화물 포장 규격과 큰 차이를 보이며, 이로 인해 제품 및 장착될 모듈의 파손 가능성을 증가시킬 수 있음을 확인하였다.

본 논문의 분석 데이터를 활용하여 자전거를 이용한 배송 진행 시 택배의 포장을 보강하거나 카고 내 완충 장치 설계 기준으로 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

I. 서론

최근 코로나 이후 생활방식의 변화 및 전자상거래 시장의 성장으로 택배 수요는 꾸준히 증가하고 있다. 특히 정보통신기술의 발달에 따른 전자상거래와 홈쇼핑 시장의 급격한 성장과 유통기업의 온라인판매 비중 증가를 바탕으로 이마트, 롯데마트, 롯데백화점, 홈플러스 등에서 매년 새로운 기록을 경신해나가고 있다. 그림1과 같이 한국통합물류협회의 자료에 따르면, 2021년 총 택배 물동량은 36억 2천만개로 이는 전년도 대비 7.56% 성장한 값이다.[1] 택배물류시장의 성장세는 향후에도 지속될 것으로 보고 있다



<Figure 1> Domestic market parcel delivery volume trend (2021)

택배 물량이 증가하는 만큼 향상된 택배 서비스 품질에 대한 요구도 증가하고 있다.[2]택배 서비스 품질의 결정 요인에 대한 연구에서 신속성이 서비스 만족도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석하였다. 특히, 온라인 쇼핑의 폭발적인 성장과 함께 '당일 배송'과 같은 서비스가 일반화됨에 따라, 빠르고 효율적인 제품 배송 방법의 필요성이 높아지고 있다. 하지만

현재까지 이루어진 도시화와 산업화의 급속한 발전에 따라 도로 상의 교통 환경은 점점 복잡해지고 있다. 이로 인해 화물 운송에 있어서의 효율성과 지속 가능성 문제가 더욱 급증을 받고 있다.

대형 택배물류회사들은 앞다투어 온라인 유통시장에 진출하고 있고 각 업체들마다 보다 빠른 배송 서비스를 제공하는데 사활을 걸고 있다. 최근 온라인 유통업체들이 더 빠르고 안전한 배송을 위해 투자와 노력을 쏟음에 따라 물류배송에 대한 관심도 역시 증가하고 있다. 이중 가장 중요하게 떠오르고 있는 부분이 라스트 마일 배송이다. 주문한 물품이 배송지를 떠나 고객에게 직접 배송되기 바로 직전의 마지막 배송구간을 뜻하는 라스트 마일 배송 분야는 새로운 기술과 서비스를 선보이는 등 많은 노력을 하고 있다.

현재 대부분 라스트 마일 배송 체계는 1톤 트럭, 배송용 오토바이 등으로 배송되는 경우가 많다. 빠른 속도로 배송을 할 수 있다는 장점이 있지만, 1톤 트럭은 주거 밀집 지역 내 이동이 어려우며 잦은 민원 문제를 야기시켜 왔다. 또한 내연기관 운송수단은 탄소저감에 부합하지 않는 운송 수단으로 경북스마트그린물류 규제자유특구에서는 화물운송용 삼륜형 전자전거를 통해 라스트마일 배송을 실증하고 있다. 이러한 삼륜형 전자전거를 통해 배송할 경우 도심 내 일반 차량으로 소음 유발, 교통 체증을 문제를 해결하며 다수의 차량이 아닌 카고바이크 단위로 지역 소규모 단위로 나누어서 배송의 속도와 품질을 향상 시키는 것을 기대하고 있다. [3][4]하지만 새로운 배송체계는 안전성이 검증되지 않았으며, 현재 전자전거도로를 이용하여 배송할 경우 제품의 안전성을 입증할 수 있는 자료가 없는 실정이다.[5][6]

II. 본론

본 논문에서는 자전거도로 진동데이터 수집을 위해 주행 경로를 지정하고 진동센서를 부착하여 카고 내 진동데이터를 수집하였다.

그림2는 물류환경 측정 대상인 자전거도로로 주행 경로를 표시한 것이다. 삼륜형 전기자전거는 전륜에 카고가 장착된 형태와 후륜에 카고가 장착된 형태로 제작될 수 있다. 이번 실험에서는 후륜에 카고가 위치한 삼륜자전거를 대상으로 하였다.

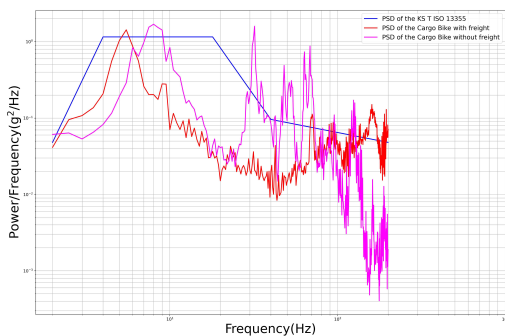


<Figure 2> Bicycle road section within regulation-free special zone

실험 중 진동 데이터 기록기는 ENDAQ 사의 모델명 S4-E25D40을 사용하였다

삼륜형 전기자전거 주행 시 측정되는 차체의 진동 및 카고 내 진동을 측정하기 위해 데이터기록기는 짐이 들어갈 카고 내 바닥에 장착되었으며, 3축 진동을 기록하였다. 적재함은 짐이 있을 경우와 없을 경우 포장 화물에 미치는 영향을 측정하기 위해 내부가 빈 상태로 주행 한 후 무게가 있는 박스로 내부를 채운 뒤 주행하였다. 설정된 경로에 따라 시속 30km/h 이하의 속도로 운행하였다. 지정된 경로로 3회 반복 시험하였다.

분석된 데이터로 포장 규격과 비교할 수 있는 PSD를 구하기 위해 수직 방향의 Grmas(Root mean square acceleration)를 구하였다. 이것은 모든 주파수의 전체적 진동 강도를 나타내는 것이며, PSD 플롯 아래 면적의 제곱근이다. 그림 3은 카고에 짐이 있을 때와 없을 때 내부 충격에 대한 규격과의 비교 데이터이다.



<Figure 3> PSD of the Cargo Bike with freight & without freight

지정된 구역 테스트 측정결과 내부에 카고 내 짐이 있는 경우 150Hz 이상 주파수 구간에서 규격보다 높게 나타났으며, 카고 내 짐이 없는 경우 50Hz 이상부터 규격보다 높게 나타나고 있다. 결과적으로 주파수가 낮은 구역에서는 규격과 큰 차이가 없으나, 높은 주파수에서는 규격 외 충격이 가해질 수 있어 화물의 손상이 심할 것으로 보인다. PSD 형태는 카고의 위치(전륜,후륜), 적재량, 수송되는 자전거도로환경 등에 따라 크게 달라

질 수 있으며 가속도의 방향도 자전거도로로 경로에 따라 달라질 수 있다.

III. 결론

본 연구에서는 마지막 배송수단으로 친환경 삼륜형전기자전거를 이용하여 화물을 운반할 시 택배화물의 파손 가능성을 과학적으로 조사하기 위해 포장 및 제품설계의 중요한 변수가 되는 자전거도로로 택배수송환경 PSD의 진동특성을 밝혀내기 위해 진행되었다. 지정된 자전거도로로 경로에 대해 실험하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 지정된 자전거도로에서의 정점가속도가 매우 높게 나타났다. 이것은 우리나라 자전거도로 노면이 보도블럭으로 포장되어있어 노면상태가 매우 불균일하여 택배운송 중 파손위험이 기존물류 포장 이론보다 높을 수 있음을 나타내었다.
- (2) 삼륜형 전기자전거 카고박스 내 짐을 실었을 때와 짐이 없을때를 비교한 결과 높은 주파수에 진동패턴이 주로 높게 나타났다
규제자유특구 이후 삼륜형 전기자전거 운용이 승인되면 향후 국내 타 지역 자전거 전용도로 주요루트별 자전거도로환경에 대해 보다 상세한 연구를 통해 국내 자전거도로전용 물류환경에 적합한 표준을 개발하고 이를 통해 포장 및 카고 마이크 화물칸 완충 장치를 설계하는데 활용할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 중소벤처기업부의 규제자유특구혁신사업육성 지원에 의한 연구임

참 고 문 헌

- [1] 한국통합물류협회 <http://logis112.nlic.go.kr>
- [2] 김재욱, 이성근, 최지호 (2002), “택배서비스 품질의 측정에 관한연구”, 한국경영학회, 경영학연구 제31권 제2호, 283-294
- [3] 김진욱, 김진우, 장윤석, 채준재 (2016), “탄소배출량 절감을 위한 친환경 운송수단 도입방안 연구 - 배송용 전기자전거의 택배 활용 중심으로-”, 한국로지스틱스학회, 제24권 제4호
- [4] 이상훈(2011), “전기자전거 국내동향 및 세계화 전략”, 한국자동차공학회, 11(9), 125-133.
- [5] Kim, G. S., Kim, M. S., Jung, H. M., & Kim, K. B (2008) “Vibration characteristics of packaged freight and packaged apples by random vibration input” Journal of Biosystems Engineering 33(1), pp.45-50
- [6] 김종경, 신혜웅(2015), “안전한 전자상거래 제품배송을 위한 수송환경에서의 진동 특성 연구”, e-비즈니스학회, 제16권 제6호, 611-626