

유모차 안전을 위한 탈부착식 브레이크의 유한요소해석

권승호, 김동현, 김성관
공주대학교 기계공학전공
e-mail:rnjstmdgh158@smail.kongju.ac.kr

Finite Element Analysis of Removable Brakes for Safety of Stroller

Seung-Ho Kwon ,Dong-Hyeon Kim ,Sung-Gaun Kim
Dept. of Mechanical engineering, Kongju National University

유모차 관련 안전사고가 많이 발생하고 있고 이를 예방하기 위해 자동 브레이크 장치가 탑재된 유모차가 개발되었지만 고가를 형성하고 있다. 따라서 기존 유모차에 쉽게 장착할 수 있도록 탈부착식으로 설계를 제안하였고 브레이크가 기능적으로 잘 작동하는지 검증하였다. 프레임의 파이프, 나사 및 볼트 구조가 브레이크 힘을 안정적으로 견디는지 확인하기 위해 강도 해석을 진행하였고 실제로 해석 결과 요구 스펙에 적합한 강도를 확보하였다.

1. 서론

한국은 초저출산 현상을 경험하며 2015년 이후부터 2022년 까지 매년 최저치를 바꾸며 감소하고 있다[1]. 출산율은 줄어드는 현상을 보이지만 이와 반대로 육아와 관련된 스타트업 사업의 규모는 매년 증가 하고 있다. 국내 유아용품 시장의 규모는 2019년에는 1조 2000억원, 2020년에는 4조원의 규모로 대략 3.3배 증가하였으며 육아용품 시장의 규모가 증가하는 이유는 한 자녀 가구가 늘어나면서 골드 키즈(외동으로 태어나 공주, 왕자 대접을 받는 아이)의 등장으로 부모와 부모, 친조부모, 외조부모 등 6명의 어른들이 한 명의 아이를 위해 소비를 한다는 ‘식스 포켓 (six pocket)’ 현상 때문이라 추측되어진다.[2] 육아용품 사업 중 유모차 관련 시장의 규모도 매년 증가하고 있는 추세이다. 최근에는 간편하게 사용할 수 있는 기능성 유모차 중심으로 유모차 시장이 확대되어지는 추세이며 유모차의 다양한 브랜드와 기능들이 출시되고 있다.[3] 하지만 유모차와 관련된 안전사고는 매해 증가하고 있다. 한국소비자원은 소비자위해감시시스템에 접수된 유모차 관련 위해사례가 2013년 66건, 2014년 90건, 2015년 114건으로 전년대비 각각 36.4%, 26.7% 증가했다고 밝혔다. 위해의 원인에 대해 살펴보면 ‘추락/넘어짐/미끄러짐’이 189건 (80.1%)으로 대부분을 차지하였고, ‘압궤(눌림/끼임)’ 27건 (11.4%), ‘충돌/충격’ 10건(4.2%) 순으로 나타났다.[4] 사고의

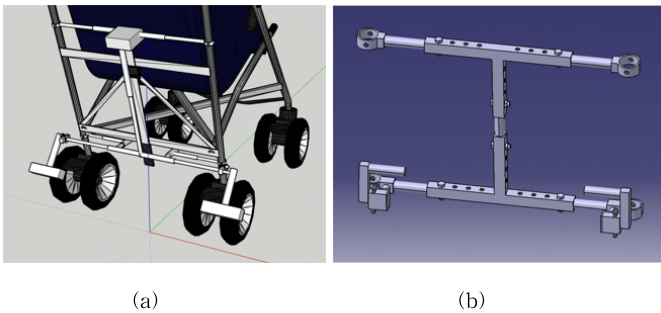
대부분이 추락/넘어짐/미끄러짐에 밀집되어 있는 것으로 보아 내리막길에서 유모차를 놓치는 사고가 많다는 것을 추정 가능하고, 유모차를 내리막길에서 놓쳐 발생한 미끄럼 사고가 국내 뿐 아니라 전 세계에서 발생하고 있고 뉴스와 미디어 매체를 통해 보도되고 있다. 내리막길에서 유모차에 풋 브레이크가 장착이 되어 있음에도 기능이 원활하게 작동을 하지 않아 내리막길 미끄럼 사고, 추돌 및 전복사고가 발생하는 문제를 보완하기 위해 유모차 전기 모터를 이용한 브레이크 시스템이 개발되고 있다. 전기 모터를 이용한 유모차의 경우 경사로부터 안정된 속도를 유지하여 아이의 안전에 있어 매우 중요한 역할을 한다. 하지만 이런 전통 브레이크 시스템이 부착된 유모차의 경우 높은 가격대에 형성되어 있고 아이의 성장에 따라 유모차를 변경하여야 하는데 매년 비싼 유모차를 구매하기에는 경제적 어려움이 있다. 기존시스템의 문제를 해결하기 위해 유모차의 속도, 전방의 다양한 변수를 인식하여 브레이크를 잡아주는 자동 브레이크 시스템을 개발하였으며 또한 기존의 자동 브레이크 유모차의 단점인 가격적 측면을 고려하여 탈부착이 가능하게 개발을 진행하였다. 아이가 성장해감에 따라 유모차를 변경해도 장치만 분해하여 다른 유모차에 장착하면 되는 탈부착이 가능한 자동 브레이크의 설계를 제안하였다. 설계를 바탕으로 제작한 프로토타입으로 브레이크의 기능적으로 잘 작동하는지 확인하였다. 그리고 브레이크가 작동하였을 때 프레임이 구조적으로 안정하지 않기 위해 유한요소해석을 진행하였다.

2. 본론

2.1 설계 및 해석

2.1.1 탈부착식 브레이크 프레임 설계

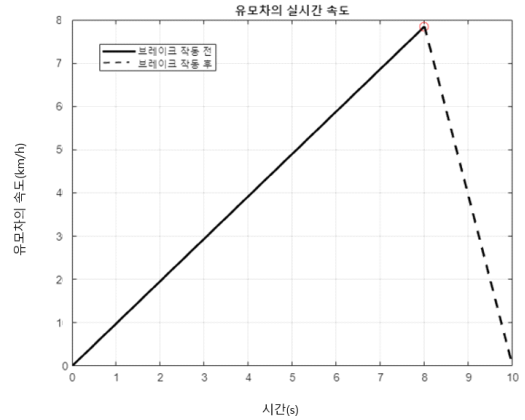
[그림 1]은 탈부착식 자동 브레이크 장치의 개념설계도(Conceptual Design)와 상세설계(Detailed Design)이다. (a)는 장치가 유모차에 장착된 모습을 개념 설계한 것이고, 개괄도를 나타낸다. (b)는 길이조절을 위한 프레임의 상세설계도면이다. 직경이 다른 일자 파이프와 T자 파이프를 이용하여 유모차의 폭에 맞게 길이를 조정하고 나사로 고정한다. 그리고 4개의 클램프와 나사를 이용하여 유모차 양옆 기둥에 고정하는 방식이다. 위 방식으로 유모차 크기와 상관없이 장치의 길이를 조절하여 유모차 크기에 맞추어 장착할 수 있다. 브레이크가 작동하는 조건은 유모차의 속도, 전방 장애물 유무이다. 유모차의 속도가 8 km/h가 넘거나 전방 30 cm 이내에 장애물이 인식된다면 브레이크가 작동하고 손잡이를 잡으면 브레이크가 해제된다.



[그림 1] (a) Conceptual Design, (b) Detailed Design



[그림 2] 실제 유모차의 장착된 실제 프로토타입



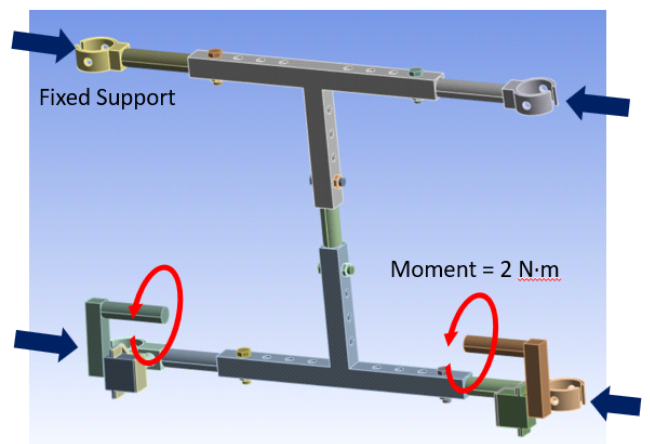
[그림 3] 브레이크 시스템 실차 장착 속도 그래프

탈부착식 브레이크가 기능적으로 잘 작동하는지 확인하기 위해 경사가 35°인 내리막길에서 [그림 2]의 프로토타입이 장착된 유모차로 실험을 진행하였다. 실험 결과 [그림 3]과 같은 속도 데이터를 얻었고 8 km/h에서 브레이크가 정상적으로 작동한다고 확인하였다.

2.1.2 탈부착식 브레이크 프레임 해석

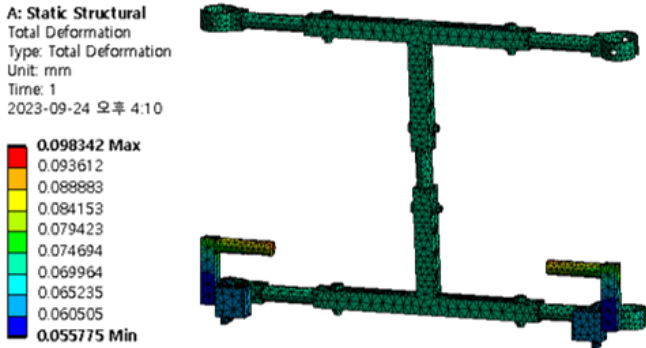
브레이크가 정상적으로 작동하는 것을 확인 하였고 구조적으로 안정한지 확인하기 위해 유한요소 해석을 진행 하였다. [그림 4]는 탈부착식 브레이크 프레임 해석을 위해 경계조건을 부여하였다. 유모차에 고정부위인 클램프 4부분에 Fixed Support를 부여하였고, 브레이크 부분은 모터의 토크인 2 N·m를 주었다. 재료의 물성은 결합용 기계요소인 나사와 볼트는 Structural Steel을 사용하였고 프레임의 파이프 부분은 PVC(Polyvinyl Chloride)를 적용하였다.

Ansys를 이용하여 유한요소해석을 진행하였고 모터가 가동되었을 때 Equivalent Stress와 전체 변형률을 계산하여 프레임의 안정도를 확인하였다.



[그림 4] 경계조건

3. 유한요소해석 결과



[그림 5] Total Deformation

[표 1] 유한요소해석 결과

	Equivalent Stress	Total Deformation
Maximum	5.59e+005 Pa	9.84e-005 m
Average	5194 Pa	7.24e-005m

본론 2.1.2의 경계조건을 바탕으로 유한요소 해석을 진행한 결과 [그림 5]와 [표 1]의 결과를 얻었다. 제작과 해석에 사용한 PVC 파이프의 인장 항복강도는 50 MPa이다.

유한요소해석 결과 Maximum Equivalent Stress의 값은 0.559 MPa, 평균값은 5194×10^{-6} Pa의 결과값을 얻었다. 변형률의 경우 Maximum의 경우 9.84×10^{-2} mm, 평균값은 7.24×10^{-2} mm로 계산되었다. 위 계산을 통해 얻은 Equivalent Stress가 재료의 인장강도보다 낮게 측정되었고 사용한 프레임이 구조적으로 안정하다는 것으로 판단되었다.

4. 결론

본 논문에서는 길이조절이 가능한 탈부착식 브레이크 시스템의 개발과 연구를 수행하였다. 시제품 제작과 실험을 통해 브레이크 시스템의 구동 과정과 안정성을 테스트 하였고 브레이크가 작동하였을 때 구조적인 안정성을 보기 위해 유한요소 해석을 진행하였다. 해석 결과 브레이크 힘이 작동할때 프레임에 걸리는 응력이 PVC의 인장강도보다 낮은 것으로 확인하였고 구조적으로도 안정하다는 것을 확인하였다. 서론에 따르면 어린이 안전사고 중 유모차 전복, 추돌사고가 높은 비율을 차지하고 있고 이를 예방하기 위해 현재 여러 유모차 기업에서 자동 브레이크 시스템을 개발하고 있는 상황이다. 이 논문에서는 자동 브레이크 유모차의 단점인 고가의 가격을 보완하기 위해 일체형과 단순한 제어 시스템을 개선하여

저렴한 가격과 안전성을 높이는 연구를 진행하였다. 탈부착식 브레이크를 사용함으로써 아이가 성장해감에 따라 매번 고가의 유모차를 교체할 필요 없이 브레이크 장치를 옮겨 장착하면 시스템을 계속해서 사용할 수 있다. 또한 안전성 측면에서도 고장난 부품의 수리가 쉽고 부품을 교체하는 기간동안 다른 브레이크 시스템을 이용해 계속 유모차를 사용할 수 있다는 장점이 있다.

현재는 프로토타입 단계지만 위 장치가 상용화된다면 유모차 안전사고 발생을 막아줄 것이라 기대된다.

더 나아가 유아 유모차 뿐만 아니라 애완견 유모차에도 사용이 가능하고 프레임만 조금 변형한다면 위 시스템 그대로 휠체어 안전장치로도 사용이 가능할 것이다.

[1] Hyun-sook Kim, Jung-Jin Hwa, 2019. Determinants of Total Fertility Rate of OECD Countries: An Analysis of Family-Friendly Policies and Gender Gap in the Labor Market Vol. 16 No.1 24page. 한국여성경제학회

[2] 박기혁. "유아용품 시장 조사 보고서." 개인저작물 . (2016): 8 page.

[3] Hae-muk Lee, Hong-gi Kim, 1997,"A Study on the Design of the Design of New Small and Light-Weight Baby Carrier", M.S. Thesis Kyonggi University Vol. 13 No.3

[4] Young-Jae Choi, Jin-Su Kim,, Kyung-Hwan Han, ung-Bum Heo, Tae-il Kwon.