

# 재료 및 형상 변경을 통한 전동키패드 발판의 경량화

이대수\*, 김우현\*, 김정진\*\*  
\*대구 미래형자동차산업 혁신아카데미  
\*\*계명대학교 기계자동차공학부  
e-mail:kjj4537@gmail.com

## Body part lightening of electric kickboard according to materials and shapes

Dae-Soo Lee\*, Woo-Hyeon Kim\*, Jung Jin Kim\*\*  
\*Daegu Future Automobile Industry Innovation Academy  
\*\*Dept. of Mechanical Engineering, Keimyung University.

### 요약

최근 전동키패드가 그 장점을 내세우며 개인형 이동 수단 시장에서 급성장하고 있다. 하지만 무거운 무게 때문에 휴대성 부분에서 소비자들의 불편함을 야기하고 있다. 이를 해소하고자 무게가 가볍게 제작된 제품도 있지만 내구성과 관련하여 안전성 부분에서 지적받고 있다. 본 논문에서는 CATIA V5를 이용하여 전동키패드의 발판 바디에 국한하여 재질 및 형태 변경을 통해 경량화를 진행해보았다.

### 1. 서론

### 2. 본론

최근 1인 가구의 증가로 개인형 이동 수단의 수요와 관심이 증가하고 있다. 특히 전동키패드는 저렴한 가격과 공유 서비스로 인한 대중화로 가장 높은 점유율을 보여준다[1]. 하지만, 무거운 무게 때문에 휴대성 부분에서 소비자들의 불편함을 야기하고 있고, 반대로 이를 보완한 가벼운 제품은 안전성 부분에서 지적받고 있다.

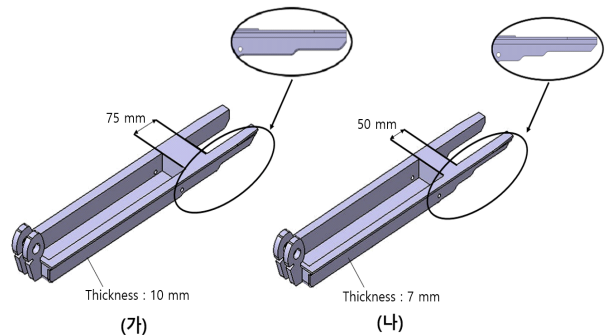
이러한 문제점들에 관련하여 전동키패드의 프레임에 관한 구조해석 연구[2]와 경량화 연구[3]가 선행된 바 있고, 전동키패드의 형상에 따른 정면충돌과 관련한 구조해석 연구[4]도 진행된 바 있다. 하지만, 운전자의 하중을 집중적으로 받는 부분인 바디에만 국한된 경량화 연구 및 안전성 평가 관련 연구는 아직 미비한 수준이다.

전동키패드 바디는 배터리 및 부속품 등이 내장하고 탑승자의 체중을 지탱하는 부분이다. 따라서 내구성과 관련하여 안전하게 설계되는 경향이 있고, 이는 무게의 증가로 이어져 휴대성을 저해하는 문제점의 원인으로 꼽힌다.

이에 본 연구는 전동키패드의 안전성을 유지하면서 바디의 무게를 경량화하는 것을 목표로 하고, 바디 무게 10% 감소와 전동키패드 전체 안전율 5% 감소를 세부 목표로 선정한다.

#### 2.1 연구 모델

본 연구에서는 프리고 다이렉트사의 F7 에코 8 Ah의 전동키패드 모델의 바디를 기준으로 연구를 진행하였다. 해당 전동키패드의 전체 무게는 15 kg이며 바퀴 크기는 8 Inch이다. 350 W의 싱글 모터를 탑재하고 있고, 최고속도는 25 km/h이고 최대 주행거리는 35 km이다. 연구 대상인 바디는 700 × 100 × 55 mm의 제원을 가진다. 각종 부속품을 제외한 바디의 무게는 5.8 kg으로 가정한다.



[그림 1] 전동키패드의 기존 발판 구조와 개선구조

[표 1] Model에 따른 재료 및 무게

	구조	재료	무게[kg]
Model A	(가)	Al 1070	5.346
Model B		Al 5083	5.228
Model C	(나)	Al 1070	4.239
Model D		Al 5083	4.139

본 연구에서는 기존 모델을 기반으로 재료와 구조를 변경한 후, 개선 설계안에 대한 경량화와 안전성을 정량적으로 분석한다.

기존 모델 바디를 Model A라 칭하고 재료와 구조에 따라 Model B, C, D를 생성하였다. (그림 1) Model B는 Model A 대비 구조 변경은 없고 재료만 Aluminum 5083으로 변경하였다. Aluminum 5083을 선정할 이유는 Aluminum 1070보다 밀도가 낮아 경량화에 기여할 수 있기 때문이다.

Model C, D는 Model A, B 대비 형태를 변경하였다. 변경된 구조(나)는 바디 내부 몸체의 양옆 두께를 기존의 10 mm에서 7 mm로 변경하고, 키보드 뒷바퀴 커버 장착부의 두께를 75 mm에서 50 mm로 축소하였다. 또한 키보드 뒷바퀴 장착부의 형상 가공 커브 횟수를 2회에서 3회로 증가시켰다. Model C, D는 각각 Aluminum 1070, Aluminum 5083의 재질을 가진다.

## 2.2 유한요소해석

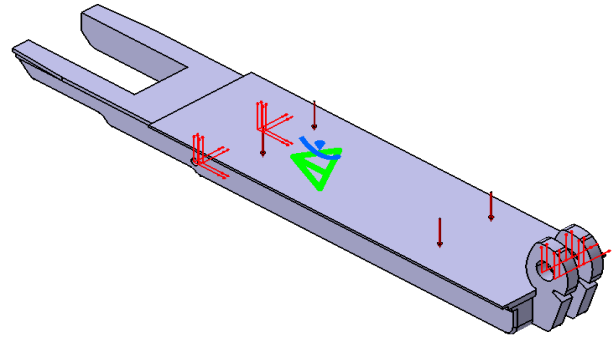
본 연구에서는 CATIA V5를 이용하여 유한요소해석을 수행하였고, 등가응력을 기반으로 파손과 안전율을 정량적으로 분석하였다. 그리고 변위를 통해 내부 부속품에 영향이 있는지 확인하였다. 안전성은 전동키보드에 단순히 탑승하였을 경우와 전동키보드가 최대 속도에서 과속방지턱을 넘는 경우로 나뉘어서 분석하였다.

유한요소모델은 표 2의 물성치처럼 부여하였고, 요소의 종류, 형태, 크기, 절점 수는 표 3에 나타내었다. 경계조건은 앞바퀴를 결합하는 부분에 y, z축 방향으로, 뒷바퀴를 결합하는 부분에 x, y, z축 방향으로 고정 조건을 부여하였다(그림2).

하중조건은 성인(평균 몸무게 80 kg)이 바디에 올라섰을 때와 과속방지턱을 주행할 시 최대 2.2g의 수직가속도를 받는 경우를 각각 나누어 계산하여 적용했다. 이전 연구에 따르면 30 km/h의 속도에서 최대 2.2g의 수직 가속도가 발생한다고 한다[7]. 참고로 과속방지턱을 넘어갈 때 발생한 수직가속도는 전동키보드 바디에 순간적인 수직 충격을 주어, 자칫 제품의 파손이 일어나 사고를 야기할 수도 있다[8]. 단, 중력가속도(g)는 9.8 m/s<sup>2</sup>로 가정하였다.

유한요소해석은 개인용 컴퓨터(CPU: Intel i7-9700, Ram:

16GB)를 이용하여 수행하였으며, 해석 시간은 평균적으로 1분을 소요하였다.



[그림 2] 유한요소해석의 경계조건과 하중조건

[표 2] Aluminum 물성치

	Al 1070[5]	Al 5083[6]
Young Modulus [GPa]	70	72
Poisson Ratio	0.346	0.346
Density [kg/m <sup>3</sup> ]	2,710	2,650
Thermal Expansion [1/K]	2.36×10 <sup>-5</sup>	25.00×10 <sup>-6</sup>
Yield Strength [MPa]	95	228

[표 3] 각 유한요소모델의 구성

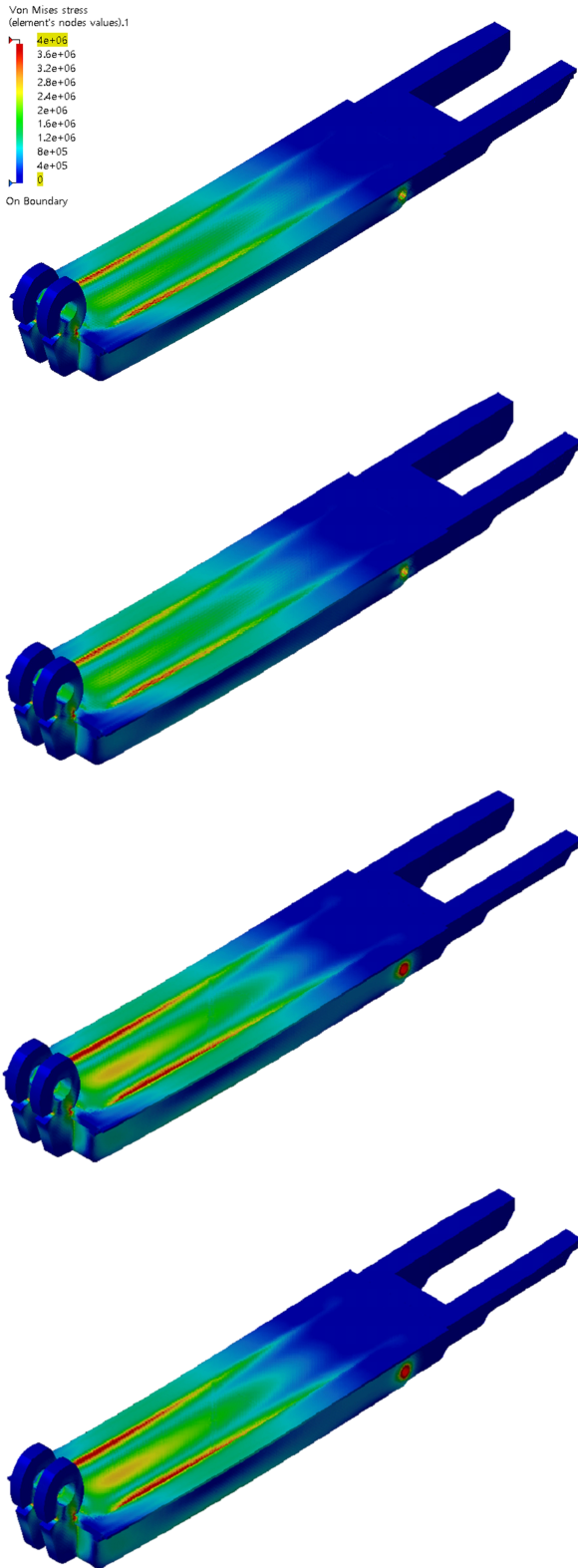
	Model A	Model B	Model C	Model D
Mesh 형태	정사면체	정사면체	정사면체	정사면체
Mesh size [mm]	2	2	2	2
Sag [mm]	1	1	1	1
요소수	1,126,942	1,126,942	908,676	908,676
절점수	257,522	257,522	217,431	217,431

## 2.5 해석 결과

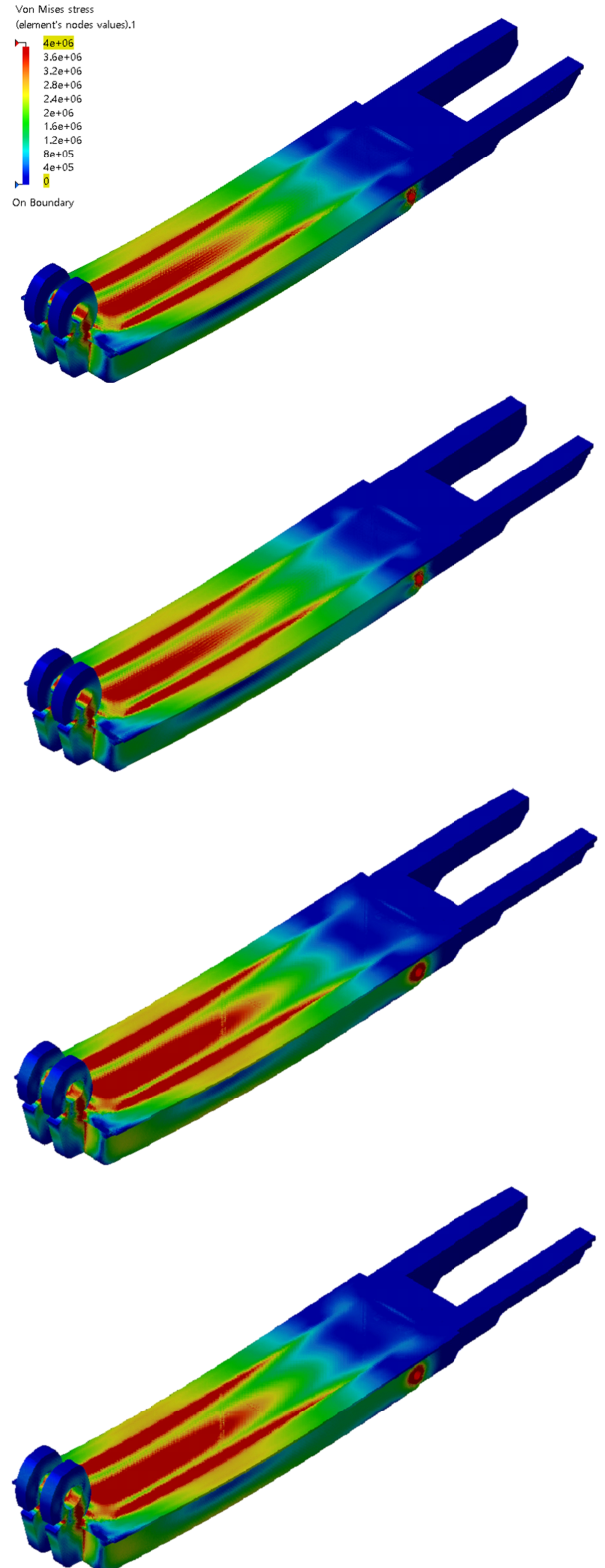
표 4 및 그림 3, 4는 4가지 모델의 등가응력(Von-Mises stress)와 변위(Displacement) 측정 결과를 나타낸 것이다.

[표 4] 모델별 측정값

Model	A	B	C	D	
Weight [kg]	5.346	5.228	4.239	4.139	
Loading Condition #1	Stress[MPa]	13.980	13.980	14.264	14.264
	Displacement [mm]	0.020	0.019	0.025	0.025
	Safety rate	5.365	16.309	5.258	15.984
Loading Condition #2	Stress[MPa]	30.755	30.755	31.381	31.381
	Displacement [mm]	0.044	0.041	0.056	0.054
	Safety rate	2.439	7.413	2.390	7.266



[그림 3] Loading Condition #1 상황에서의 등가응력 비교



[그림 4] Loading Condition #2 상황에서의 등가응력 비교

### 3. 결론

본 연구를 통해 전동킥보드 바디의 재료 및 형상 변경에 따라 운전자가 탑승한 경우와 최대수직 하중이 발생한 경우에서 각각 작용하는 하중을 분석하였다. 또한, 제품 파손과 내부 부속품의 영향이 없는 변위 범위 내에서 전동킥보드 바디의 경량화를 진행하였다.

Model B, C, D에서 변위에 의한 내부 부속품의 영향은 없었고, 모든 모델에서 각각 앞, 뒷바퀴를 결합하는 축 부분이 가장 높은 등가응력을 보이며 취약점으로 나타났다.

Model B는 Model A에 비해 안전율이 240%의 증가하였다. 하지만, 2.3%의 미비한 무게 감소세를 보여 더딘 경량화 진행을 보였다.

Model C는 Model A와 비교하면 바디의 무게는 20% 하락하여 Model A보다 휴대성이 용이하게 되었다. 다만, 안전율이 9%가량 감소하였다. 특히 과속방지턱을 넘는 경우 안전성의 순간적인 감소세를 보여주었다.

Model D는 Model A에 비해 220% 증가한 안전율과 22.6%의 감소한 무게를 보여 Model B보다 안전성이 높아지고 Model C보다 경량화가 진행되었다. 따라서 Model D가 가장 연구 목표에 부합한 결과로 도출되었다.

#### 참고문헌

- [1] KISO 기획팀, “공유 전동킥보드‘ 국내 동향과 그 기대효과’, 한국인터넷자율정책기구, 9월, 2019년
- [2] 김지산 외 3명, ‘전동 킥보드 프레임 경량화를 위한 설계 하중 분석 및 진동, 강도, 강성을 고려한 위상최적설계’, 한국생산제조학회, 10월, 2018년
- [3] 천세영 외 4명, ‘전동 스쿠터 프레임의 구조 진동해석 연구’, 한국기계가공학회지 15(1), pp. 116~121, 2월, 2016년
- [4] 최계광 외 1명, ‘전동킥보드의 형상에 따른 정면충돌시 구조해석에 관한 연구’, 한국기계기술학회지 제22권 제3호, pp. 457~462, 2020년
- [5] AZO MATERIALS, Aluminum 1070 Alloy (UNS A91070), May, 2013
- [6] AZO MATERIALS, Aluminium Alloys - Aluminium 5083 Properties, Fabrication and Applications, Apr, 2005
- [7] 안전감시국 생활안전팀, ‘개인형 이동수단 안전실태조사’, 한국소비자원, 12월, 2018년
- [8] 우리나라 이면(지구)도로 특성을 고려한 과속방지턱의 기초연구, 명지대학교 공학기술연구소 시민교통환경연구소 pp. 89, 12월, 1994년