

유선형 차체가 적용된 1인용 저속 전기 자동차의 설계 및 제작

나영민*, 박종규*,#

*창원대학교 기계공학부

Design and Fabrication of Single-person Neighborhood Electric Vehicle with Streamlined Car Body

Yeong-min Na*, Jong-kyu Park*,#

*School of Mechatronics, Changwon National Univ.

(Received 8 May 2018; received in revised form 11 May 2018; accepted 27 May 2018)

ABSTRACT

In recent years, with the growing interest in electric vehicles, the development of a Neighborhood Electric Vehicle (NEV) made for urban driving is accelerating. Existing NEVs are set to ~0.3 - 0.35 with more emphasis on performance rather than minimizing air resistance. In this paper, a NEV with a streamlined car body is proposed. The shape of dolphins and sharks was applied to the car body to minimize the air resistance generated when driving. Also, the performance of the vehicle was estimated by calculating the traction force and the roll couple, etc. To check the drag coefficient of the car body, finite element analysis software (COMSOL Multiphysics) was used. The frame of the vehicle is divided into the forward and the rear parts. Carbon pipe is used for the frame by MIG welding. The car body of the vehicle was fabricated by forming carbon fiber. This study confirmed the general possibility of using NEVs through driving experiments.

Key Words : Neighborhood Electric Vehicle(저속 전기 자동차), Aerodynamics(공기역학), Stream Line(유선), Vehicle Design(차량 설계), Finite Elements Analysis(유한 요소 해석)

1. 서 론

최근, 화석 연료를 사용하는 내연 기관 차량에 관한 규제가 심화됨에 따라, 전기 자동차에 관한 관심이 증가하고 있다. 전기 자동차는 크게 하이브리드, 플러그인 하이브리드 그리고 순수 전기차 등

으로 나눌 수 있으며, 이 중에서도 순수 전기차는 일반 내연 기관에 비해 뛰어난 초반 가속 및 무공해를 장점으로 도심 주행용에 적용되고 있다. 현재 도심 주행용 전기 자동차는 Neighborhood Electric Vehicle(NEV)로 통칭되며, 무게 및 최고 속도가 미국은 1400 kgf, 40 km/h, 한국은 1100 kgf, 60 km/h 이하이면 도심 주행용 전기 자동차로 인정된다. 또한 NEV는 일반 상용 차량에 비해 안전 규제에서 자유롭기때문에, 소재 변경을 통한 차량 무게 경

Corresponding Author : chong@changwon.ac.kr

Tel: +82-55-213-3605, Fax: +82-55-275-0101

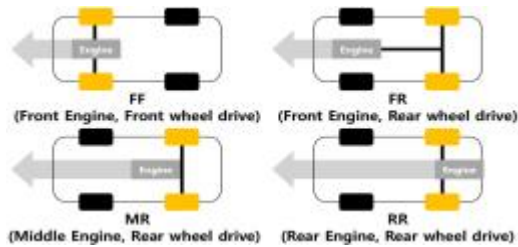


Fig. 1 Position of engine and drive shaft

량화 또는 에너지 제어 최적화에 관한 연구가 활발하다. 이를 통해 순수 전기 자동차의 단점으로 지적되는, 1회 충전 시 주행 거리가 내연 기관에 비해 짧은 단점을 해결하고자 하고 있다^[1-5].

예를 들어 이기범 외는 저속 전기 자동차를 접이식으로 설계하여 그 주행 안정성을 구조해석으로 증명하였다^[6]. 현재 개발 중 또는 출시된 NEV는 사용자의 승차감 또는 에너지 제어에 중점을 두고 있으며, 외형에 의한 공기 저항 계수는 0.3~0.35가 적용되었다. 공기 저항은 차량이 주행할 때 반드시 발생하며, 연비에 영향을 주는 요소이다. 일반 내연 기관 자동차는 공기 저항으로 약 3~10%의 에너지 손실이 발생한다고 알려져 있으며, 전기 자동차는 고속도로에서의 공기 저항이 총 주행 저항 중 48%에 달한다. 또한 공기 역학 성능이 10% 증가할 때, 5%의 최대 주행 거리 증가가 가능하므로^[7], 공기 저항을 최소화하면 연비 향상이 가능하다.

이에 본 논문에서는 유선형 차체가 적용된 전기 자동차를 제안하고자 한다. 최대 속도는 일반적인 저속 전기 자동차의 최대 속도인 25 km/h를 목표로 하였다. 차체는 저항 및 와류를 최소화하는 유선형상이면서, 기존 소재에 비해 경량성이 강한 탄소 섬유로 제작하여 공기 저항 및 무게를 최소화하고자 하였다. 공기 저항의 경우, 유한 요소 해석 프로그램을 통해 유선형 차체의 항력 계수를 계산하였다. 그리고 승차감 및 차체 수명을 위해서는 차량의 균등한 무게 분포가 요구되므로, 탑승 위치, 모터, 배터리 등의 위치가 상호 고려되었다.

또한 설계 값을 토대로 계산된 공기 저항 계수, Roll Couple, 무게에 따른 지지응력 등으로 견인력을 계산하였고 제작에 적용하였다. 그리고 차체는 아이소 핑크를 통해 기본 틀을 제작하고, 탄소 섬유와 코어매트를 적층하여 제작하였다. 최종적으로, 제작된 전기자동차를 토대로 동작 시험이 수행되었으며, NEV로서의 가능성을 확인하였다.

2. 관련 이론

2.1 무게 분포

자동차의 구동력 생성 및 전달을 담당하는 엔진과 구동축은 그림 1과 같이 각자의 분배에 따라서 FF(Front Engine, Front Wheel Drive), FR(Front Engine, Rear Wheel Drive), MR(Middle Engine, Rear Wheel Drive), RR(Rear Engine, Rear Wheel Drive) 등으로 나눌 수 있다. 각 방식에 따라 차량의 특성이 달라지며, 전기 모터를 사용하는 전기 자동차의 특성에 적합한 위치 결정이 요구된다.

2.2 최대 속도

전기 자동차는 모터로 구동되므로 모터의 회전수, 기어비, 바퀴 반경 등을 이용하면, 최대속도 v_{max} 는 다음과 같이 도출 가능하다.

$$v_{max} = (\omega/G) \cdot \pi \cdot 2r_T \quad (1)$$

여기서 ω 는 모터의 회전수, G 는 기어비, 그리고 r_T 는 타이어의 반경이다.

이와 같은 인자를 토대로, 본 논문에서 사용되는 모터, 차동 기어, 타이어 지름 등을 이용해 본 차량의 최대 속도가 25 km/h에 도달하는지에 대해 판단하고자 한다.

2.3 견인력

견인력은 자동차가 전진하기 위한 최소 힘을 나타낸다. 그림 2와 같이 구름저항(F_{rr}), 공기저항(F_{ad}), 등판력(F_{hc}), 구동 직선 가속력(F_{la}), 구동 각 가속력(F_{wa}) 등이며 정리하면 다음과 같다^[8].

$$F_{te} = F_{rr} + F_{ad} + F_{hc} + F_{la} + F_{wa} \quad (2)$$

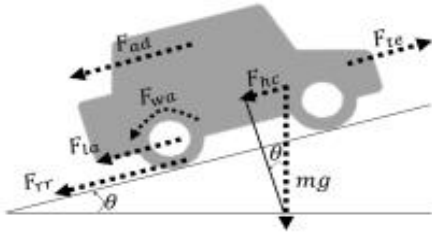


Fig. 2 Forces applied to vehicle

$$F_{hc} = mgsin(\theta) \quad (5)$$

구동 직선 가속력은 차량 자체가 직선으로 움직이고자 할 때 작용하는 힘으로 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$F_{la} = ma \quad (6)$$

여기서 a 는 차량의 가속도이다.

구동 회전 가속력은 타이어를 회전시키기 위해 요구되는 힘으로, 관성 모멘트와 기어비 등의 영향을 받고 다음과 같다.

$$F_{wa} = I(G^2/\eta_g r^2)a \quad (7)$$

여기서 I 는 전동기 회전자의 관성모멘트, η_g 는 기어 시스템의 효율이다. 일반적으로 I 의 값은 알려져 있지 않기 때문에, 식 (6)에서 질량을 5% 증가시키고 계산한 뒤, 이를 F_{wa} 로 지정한다.

본 논문에서는 이러한 인자를 토대로 모터에 요구되는 최소 견인력을 계산하고, 모터의 최대 부하 이하인지 확인하고자한다.

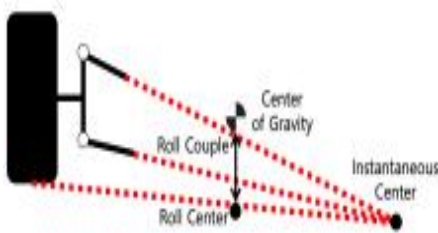


Fig. 3 Suspension roll center

먼저 F_{rr} 은 구름저항으로써 도로에 대한 타이어의 마찰에 의해 주로 발생한다. 주로 자동차 무게에 비례하며 식은 다음과 같다.

$$F_{rr} = \mu_{rr}mg \quad (3)$$

여기서 μ_{rr} 은 구름저항계수, m 은 질량, g 는 중력 가속도이다.

공기저항은 주행 시 공기와 충돌하며 발생하는 저항으로 자동차의 전면, 사이드 미러 등의 면적이 주요 요소이다. 이를 식으로 정리하면 다음과 같다.

$$F_{ad} = (1/2) \cdot \rho AC_d v^2 \quad (4)$$

여기서 ρ 는 공기의 밀도, A 는 전면 면적, v 는 속도, C_d 는 항력계수이다. 일반적인 세단은 0.3의 항력 계수를 가지지만, 본 논문에서 제안하는 차량에서는 유선형 차체를 이용해 항력 계수를 0.3 미만으로 하고자 한다.

등판력은 차량이 경사면을 올라갈 때 발생하는 힘으로, 차량의 무게와 경사면의 각도(θ)를 통해 계산할 수 있으며 다음과 같다.

2.4 서스펜션 회전 중심

차량은 회전할 시 무게 중심이 회전 기준이며, 차량의 길이 방향을 축으로 롤(Roll)방향 회전은 운전자의 승차감에 영향을 주게 된다. 그러므로 무게 중심과 롤 방향의 회전 중심(Roll Center)이 인접함은 승차감과 반비례하는 관계를 가지며, 그림 3과 같이 기하학적으로 계산할 수 있다.

먼저 더블 위시본(Double-Wishbone) 서스펜션을 기준으로 상부 암(Upper Arm)과 하부 암(Lower Arm)의 연장선의 교점을 순간 중심이라 정의한다. 그리고 타이어의 중심선과 지면 사이의 교점을 순간 중심(L_T)까지 작도 했을 때, 무게 중심과 L_T 사이의 수직 거리가 Roll Couple이 된다. 이 수치는 롤 방향 모멘트 및 회전 반경과 비례 관계를 가진다. 본 논문에서는 설계된 서스펜션의 Roll Couple을 계산, 설계 수정 시 기준 자료로 활용한다.



Fig. 4 Shape of dolphin and shark



Fig. 5 Forward and rear part of car body

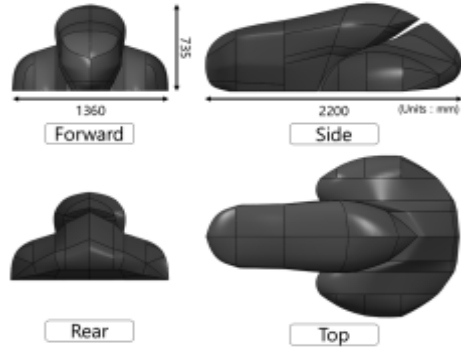


Fig. 6 Assembly of car body

3. 설계

3.1 무게 분배

본 전기 자동차는 탑승자, 배터리 그리고 모터가 최대 중량이므로, 각 인자의 위치에 따라 차량의 특성이 결정된다. 먼저 FF의 경우, 동력 전달 장치를 배제, 안정적인 주행 특성을 확보할 수 있으나, 코너링 시에 차량이 차선 외곽으로 이탈되는 언더스티어(Understeer) 현상이 발생할 수 있다.

FR은 엔진이 전방, 구동축은 후방에 배치되며, 차량의 무게 배분이 균등하고 운동 성능 및 승차감이 기타 배치보다 뛰어난 특징을 가진다. 하지만 엔진의 동력을 구동축으로 전달하기 위한 장치가 요구되며, 이로 인해 실내 공간이 축소되는 단점이 존재한다.

엔진이 중심에 위치하고, 구동축이 후방에 위치하는 MR은 최적화된 무게 분배로 운동성이 중요한 스포츠 카에 사용된다. 하지만 유지/보수성이 떨어지고 탑승자 공간이 협소해지는 한계가 있다.

마지막으로 RR은 엔진과 구동축 모두가 후방에 위치하여 다른 방식에 비해 가속도 및 코너링이 우수한 장점을 가진다. 하지만 무게가 후방에 집중되어 전방의 타이어 접지력이 떨어지고, 코너링에서의 어려움이 존재한다.

본 전기 자동차는 뛰어난 운동성 확보를 위해 MR로 모터 및 구동축을 배치하였고, 이에 맞춰 프레임 설계를 하였다.

3.2 차체

본 저속 전기 자동차는 기존 공개된 전기 자동차와는 달리 0.3 미만의 공기 저항 계수를 목표로 하므로, 유선형의 차체가 요구된다.

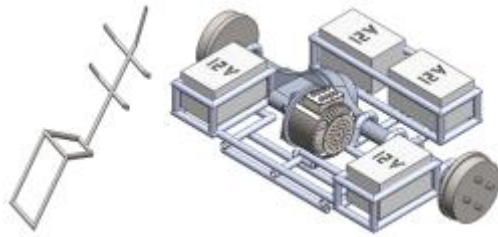
이에 차체의 기본 형상은 그림 4와 같이 돌고래, 상어 등, 물의 저항을 최소화하며 효율적인 유영이 가능한 생물에서 착안하였다. 이와 같은 생물체의 형상을 분석해보면 다음과 같은 특징이 있음을 알 수 있다. 먼저 공기와의 최초 접촉부가 기타 부위에 비해 매우 협소하여, 공기 저항이 최소화되고 있다. 그리고 후방으로 진행될수록 허리와 꼬리가 좁아져 와류를 방지하고 있으며, 전방부터 후방까지 각진 부위 없이 곡선으로 이어져 부드러운 공기 흐름을 형성한다. 이와 같은 특징을 차체에 반영하면 공기 저항 감소가 가능하다.

3.1 절에 언급한 바와 같이 본 전기 자동차는 MR로 배치하므로, 주요 구동부가 운전자의 후방에 위치하게 된다. 이에 그림 5와 같은 차체가 설계되었으며 운전자가 탑승하는 전방부, 모터/배터리/차동기어가 위치할 후방부로 나뉜다. 전방부는 앞서 분석된 유영 생명체의 특징을 모두 반영하였으며, 후방부는 앞서 언급한 특징과 더불어, 전방 형상을 통해 발생된 유동의 와류가 최소화되도록 하였다.

전·후방부를 조립하면 그림 6과 같으며, 공기 저항 계수를 도출하기 위한 유체 해석을 실시하여, 기존 전기 자동차와의 공기 저항 계수와 비교하고자 한다.

Table 1 Properties of carbon pipe

	Outer Diameter	Thick-ness	Yield Strength	Tensile Strength
Unit	mm	mm	MPa	MPa
Value	27.3	2.65	248.17	482.06



(a) Forward part (b) Rear Part

Fig. 7 Frame of forward and rear part

3.3 프레임

본 전기 자동차는 경량화를 지향하나, 가공성 및 안전성이 요구된다. 이에 Metal Inert Gas(MIG) 용접이 용이하고 가격이 기타 소재에 비해 저렴한 탄소강으로 프레임을 제작하였으며, 관련 물성치는 표 1과 같다. 표 1에 표시된 바와 같이, 탄소강의 항복 응력(σ_Y)은 248.17 MPa이며, 안전 계수를 5로 설정하였을 때 허용 응력(σ_A)은 다음과 같다.

$$\sigma_A = \frac{\sigma_Y}{n} = \frac{248.17}{5} = 49.63 \text{MPa} \quad (8)$$

프레임 구성은 3.2절에서 언급된 차체 설계에 맞춰 전방과 후방을 각자 설계한 뒤, 이를 합치는 방식으로 진행하였다.

먼저 전방부는 그림 7-(a)와 같이, 앞서 설계한 전방부 차체에 맞춰 프레임 전체 높이를 낮고 길게 설계하였으며, 이를 통해 운전자가 스포츠카에 탑승했을 때와 유사한 시점이 확보되도록 하였다. 그리고 후방부는 그림 7-(b)와 같이 모터, 배터리, 차동기어가 모두 위치하는 곳이므로, 전방부에 비해 좌우로 넓게 설계되었으며, 최대 네 개의 배터리를 설치할 수 있도록 하였다.

제안된 차량은 NEV로 활용하는 것에 목표점이



Fig. 8. Suspension of vehicle

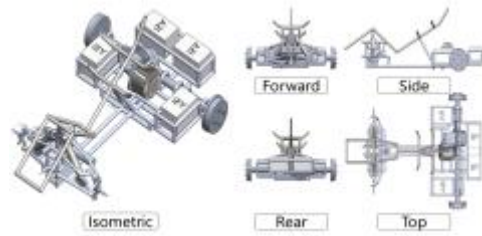


Fig. 9 Full assembly of vehicle

있으므로, 프레임은 최소화면서 안정적인 무게 지지가 가능해야한다. 이에, 설계에 관한 구조 해석을 실시하여 그 지지력을 확인하고자 한다.

또한 전방부와 연결될 서스펜션 부는 그림 8과 같으며, 운전자의 발 아래에 설치할 수 있도록 설계하였다. 기본적인 형상은 버기 카(Buggy Car)의 더블 위시본 형태와 같으며, 본 차체에 맞춰 길이, 높이 등을 수정하였다. 앞서 언급한 전방 및 후방부 그리고 서스펜션이 모두 반영된 설계는 그림 9와 같으며, 본 설계를 기준으로 차량의 성능 예측 및 제작에 적용하고자 한다.

4. 해석

4.1 응력 분포

운전자가 탑승하는 좌석의 경우, 탑승자도 질량 이므로 일정한 힘이 지면 방향으로 작용한다고 할 수 있다. 이에 좌석과 차량 프레임 간의 연결 방법에 따른 구조 해석을 실시하여 응력 및 변위를 확인한 뒤, 적합한 연결 방식을 선택하고자 하였다.

먼저 그림 10과 같이 유형을 세 가지로 분류하였고, 유형 1은 이중 지지, 유형 2, 3은 균형 지지를 주안점으로 두었다. 좌석과 연결되는 바닥 지지부의 경우, 서스펜션과 후방부 프레임에 연결되므로

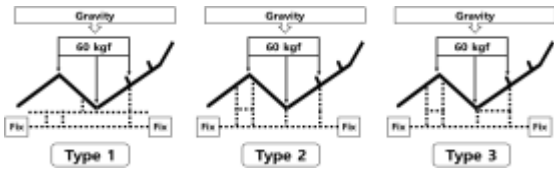


Fig. 10 Structural analysis condition

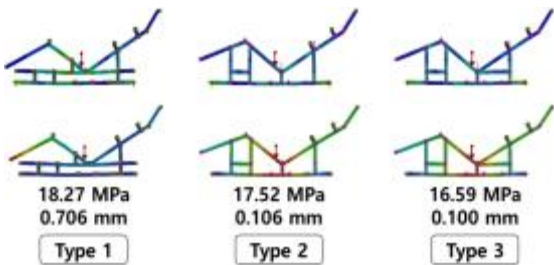


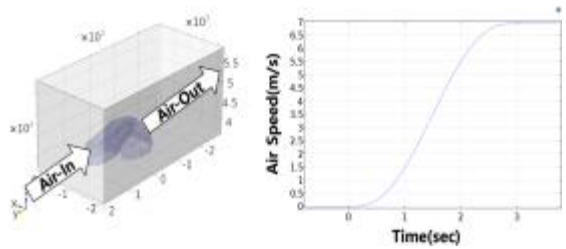
Fig. 11 Structural analysis results

양 끝을 고정하였고, 프레임 무게를 고려하여 중력을 설정하였다. 탑승자 무게의 경우, 본 차량의 탑승 특성을 고려하여, 허리/엉덩이/무릎에 60 kgf를 분포 하중으로 인가하였다.

해석 결과, 그림 11과 같이 유형 1~3의 최대 응력은 각각 18.27, 17.52, 16.59 MPa, 변위의 경우, 0.706, 0.106, 0.100 mm이었다. 해석 결과에 따르면, 유형 3이 최적 조건인 것으로 확인되므로, 제작에 적용하였다.

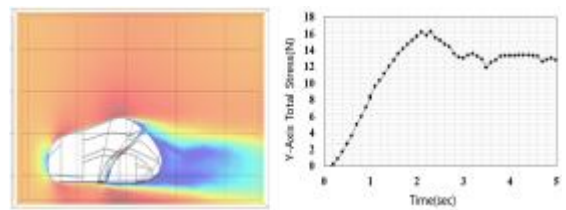
4.2 항력 계수

앞서 설계한 차체의 항력 계수를 도출하고자 유체 해석을 실시하였다. 유한 요소 해석 소프트웨어로는 COMSOL Multiphysics를 사용하였으며, 해석 조건으로는 그림 12-(a)와 같이 차체의 전방 및 후방부를 배치하였다. 그리고 전면에서 후면 방향으로 공기가 이동되도록 하였으며, 사용된 공기의 물성치는 20 °C, 압축성으로 설정하고 밀도 1.205 kg/m³, 동점성계수는 1.8205·10⁻⁵ kg/m·s가 적용되었다. 공기 유속은 그림 12-(b)와 같이 3초 동안 가속, 25 km/h가 유지되도록 하였다. 또한 본 차체의 항력 계수를 계산하려면, 공기가 차체와 충돌할 때 발생하는 응력의 Y축 성분을 계산해야 한다. 이에



(a) Boundary condition (b) Air Speed

Fig. 12 Fluid analysis conditions



(a) Velocity magnitude (b) Total stress of y-axis

Fig. 13 Fluid analysis results

Table 2 Parameters of drag coefficient

	Y-Axis Total Stress	Average Speed	Air Density	Front Area
Unit	N	m/s	kg/m ³	m ²
Value	13.04	6.944	1.205	1.9

소프트웨어에서 제공하는 Surface Integration 기능을 이용해 표면에 발생하는 Y축 응력을 계산하였다. Mesh는 Free Tetrahedral Mesh, 해석 솔버 및 시간은 Time-dependent Solver로 0~5 초 동안 0.1 초 간격으로 진행하였다.

해석 결과, 그림 13-(a)와 같은 속도 분포가 확인되었고, Y축 응력은 그림 13-(b)와 같다. 3 초부터 응력이 일정해지는 것을 알 수 있고, 3~5 초까지의 평균 응력은 13.04 N으로 확인되었다. 본 논문에서는 NEV의 속력이 25 km/h 일 때의 항력 계수를 계산하여야하므로, 계산식은 다음과 같다.

$$C_d = \frac{2 \cdot F_{ad}}{\rho v^2 A} \quad (9)$$

Table 3 Parameters of rev count

	Maximum Speed	Gear Ratio	Radius of Tire
Unit	m/s	-	m
Value	6.944	7.6	0.275



(a) Sketch (b) Calculating of Roll center

Fig. 14 Roll couple measurement

Table 4 Parameters of vehicle traction force

Parameter	μ_{rr}	m_{total}	g	F_{ad}
Unit	-	kgf	m/s^2	N
Value	0.015	352	9.81	13
Parameter	$\sin\theta$	a	F_{wa}	
Unit	deg	m/s^2	N	
Value	0	0.6944	924	

그리고 계산식에 사용된 인자는 표 2와 같으며 항력 계수는 약 0.236으로 계산되었다. 이는 일반 승용차의 항력 계수는 0.3에 비해 약 79%에 해당하는 수치로, 항력 계수가 감소한 것을 알 수 있고 이 차체를 제작에 적용하고자 한다.

4.3 Roll Couple 및 견인력

먼저 설계된 서스펜션을 기하학적으로 분석하여 Roll couple을 계산하였다. Roll couple은 그림 14와 같이 먼저 설계된 서스펜션의 링크를 스케치하고 순간 중심을 구한 뒤, Roll center를 기준으로 무게 중심까지의 거리 계산으로 측정되었다. 측정된 Roll Couple은 약 158.37 mm이었으며, 향후 서스펜션 디자인의 성능 향상의 척도로 사용하고자 한다.

그리고 견인력 계산을 통해 특정 환경에서의 모터 요구 출력을 확인하였다. 본 차량은 평지에서의 실험이 우선적으로 진행될 것이므로, 그에 따른 필



(a) Rear Part (b) Pedal



(c) Brake (d) Wiring

Fig. 15 Frame and parts

요 견인력을 계산하였다. 견인력 계산에 앞서 모터가 25 km/h의 속도를 가지기 위한 최소 회전수를 확인하였다. 제작에 사용될 모터는 최대 6000 RPM의 회전수를 가지나, 최대 속도를 25 km/h로 제한하기 위해 회전수를 조절하고자 한다. 최대 속도에 따른 모터의 회전수 계산식은 다음과 같다.

$$\omega = \frac{G \cdot v_{max}}{\pi \cdot 2r_T} \quad (10)$$

계산에 사용된 인자는 표 3과 같고, 기어비는 차동기어의 기어비를 적용하였다. 계산 결과, 최소 회전수는 925 RPM으로 계산되었으므로, 최대 회전수를 930 RPM으로 설정하고 실험에 적용하였다.

견인력의 경우, 이론에서 언급한 바와 같이 구름 저항(F_{rr}), 공기저항(F_{ad}), 등판력(F_{hc}), 구동 직선 가속력(F_{la}), 구동 각 가속력(F_{wa})등을 모두 합산해야 계산이 가능하다. 이에 본 논문에서는 평지에서 10초 동안 가속하여, 6.944 m/s에 도달하는 조건을 기준으로 견인력이 계산되었다. 질량은 프레임, 모터, 배터리 무게를 총합한 수치이며, 구름 저항 계수는 일반 플라이 타이어 수치(0.015)를 입력하였다.

이러한 값들을 토대로 식 (2)를 계산하며 표 4와 같이 정리하였다. 이를 모두 계산하면 견인력은

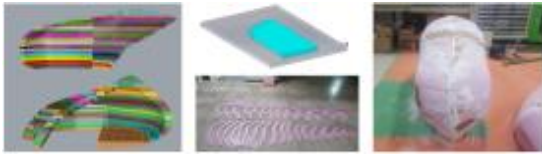


Fig. 16 Manufacturing of car body

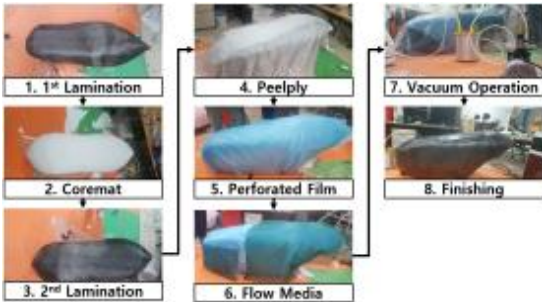


Fig. 17 Forming

564.8 N 이며, 차량의 타이어 반지름이 약 0.275 m 이므로 이를 곱하면 필요 견인 토크는 약 155.32 Nm로 계산된다. 또한 본 차량에 사용되는 모터의 최대 토크는 30 Nm이고 차동 기어의 기어비가 7.6 이므로, 타이어에서 발생할 수 있는 최대 토크는 228 Nm이 된다. 이는 견인력보다 큰 수치이므로 본 모터로 차량 구동이 가능하다는 사실을 알 수 있다.

5. 제작

5.1 프레임

전기 자동차는 앞서 언급한 바와 같이 경량화가 중요한 요소이므로, 이를 위한 프레임 및 형상 제작을 위해 탄소강 및 탄소 섬유가 적용되었다. 프레임은 그림 15와 같이 탄소강을 MIG 용접하여 제작되었고, 가속 페달, 브레이크 등을 장착 하였다. 배터리는 12 V 납축전지로 네 개를 위치시킬 수 있도록 하였고, 전지-전원차단기-모터 드라이브-모터 순으로 연결하여 안전성을 확보하였다.

5.2 차체

차체는 그림 16과 같이 설계된 차체를 일정 크기



Fig. 18 Forward and rear part of car body



Fig. 19 Experimental model

로 분할시킨 뒤, 아이소 핑크가 Computer Numerical Control(CNC)로 절삭되어 형상이 가공된다. 이를 기준으로 탄소섬유와 두께 형성 및 경량화에 적합한 코어매트를 적층하여 제작되었다. 탄소 성형 과정은 그림 17과 같이 탄소 섬유 1차 적층-코어매트-탄소 섬유 2차 적층-필름 작업-진공 압축-마무리 과정으로 진행되었다. 전·후방부 모두 같은 과정으로 제작되었으며 완성된 차체는 그림 18과 같다.

프레임과 차체가 모두 조립된 실험 모델은 그림 19와 같으며, 전장 1850 mm, 전고 900 mm, 전방 1000 mm, 후방 1440 mm로 측정되었다. 이 실험 모델로 구동 실험을 실시하여 NEV로서의 가능성을 평가하고자한다.

6. 실험

6.1 실험 조건 및 결과

제작된 실험 모델을 기준으로 구동 실험을 실시 하였다. 구동 실험으로 가속, 감속, 선회 기능을 확인 하고자하며, 실험 장소는 안전을 고려하여 보도블록이 설치된 광장에서 실시되었다.

먼저 가속 실험의 경우, 그림 20과 같이 운전자가 탑승하고, 캠으로 Global Positioning System(GPS)과 연결된 계기판의 속도를 촬영하였다. 촬영된 수치로 최고 속도를 확인하였으며, 실험 결과 23 km/h 까지 가속되는 것을 확인하였다.

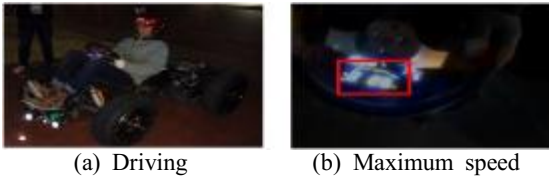


Fig. 20 Acceleration experiment



Fig. 21 Deceleration and turning experiment

그리고 감속 및 회전 실험의 경우, 가속 실험이 이뤄지고 있는 도중에 광장을 선회하고 정지하는 것을 확인하여 그 성능을 평가하였다. 확인 결과, 그림 21-(a)와 같이 브레이크 패드가 디스크와 접촉하여 안정적인 감속이 이뤄지는 것을 확인하였고, 차량의 회전에 대해서도 그림 21-(b)와 같이 간섭과 같은 문제가 발생하지 않는 것을 확인하였다.

7. 결론

본 논문에서는 유선형 차체가 적용된 NEV를 제안하였다. 기존 차량의 항력 계수는 0.3~0.35가 적용되고 있으나, 본 논문에서 제안하는 차량은 돌고래, 상어의 형상에서 특징을 도출하여, 유선형 차체가 적용되었다. 뿐만 아니라 무게 분배, 견인력, Roll couple 계산을 통해 차량의 성능을 예측하였다.

또한 설계된 차체를 기준으로 유한 요소 해석으로 항력 계수를 도출하였다. 차량의 전면 면적, 유동 방향 응력 등의 인자를 통해, 기존 차량의 79%인 0.236의 항력 계수가 확인되었으며 이를 기준으로 차체를 제작하였다.

차량의 프레임은 탄소강을 MIG 용접하여 제작하였고 차체는 탄소 섬유와 코어매트를 이용해 성형하여 제작되었다. 이렇게 제작된 실험 모델로 가속, 감속, 선회 실험 등이 수행되었고 NEV로서의 가능성을 확인하였다.

향후 계획으로는 안정성 강화를 통해 최대 속

도를 60 km/h 까지 상승시키고, 자율 주행 시스템을 적용하고자 한다.

후 기

“이 논문은 2017~2018년도 창원대학교 자율연구 과제 연구비 지원으로 수행된 연구결과임”

REFERENCES

1. Kim, J. M., “Comparative Study of Different Drive-train Driving Performances for the Input Split Type Hybrid Electric Vehicle”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 16, No. 4, pp. 69-75, 2017.
2. Sim, H. S., “A Study of on a Power Control System for a Solar-Electric Vehicle”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 13, No. 3, pp. 70-76, 2014.
3. Sim, H. S., “A Study on an Electric Power System Design of a Small Electric Vehicle”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 17, No. 1, pp. 89-94, 2018.
4. Kim, H. S., Jeon K. K. and Choi, S. J., “A Study on City Driving Cycle for Performance Evaluation of Electric Corner Module of Compact EV”, KSAE 2012 Annual Conference, pp. 2305~2309, 2012.
5. Lee, H. W., Lee, D. K., Yoon, H. S., Song, I. H., Yoon, K. S. and Kee, S. C., “Development of Compact Electric Vehicle Platform for Autonomous Driving”, KSAE 2017 Annual Conference, pp. 763~768, 2017.
6. Lee, K. B., Suh, I. S., Lee, M. Y. and Kim, J. D., “Stiffness Analysis of Foldable Electric Vehicle for Verification of Safety”, KSAE 2013 Annual Spring Conference, pp. 1274-1279, 2013.
7. Aktas, U. and Abdallah, K., “Aerodynamics Concept Study of Electric Vehicles : Drag Reduction and Range Increase”, A Master Thesis, Chalmers University of Technology, Sweden, 2017.
8. Larminie, J. and Lowry, J., Electronic Vehicle Technology Explained, John Wiley & Sons Ltd, pp. 226-231, 2008.