

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.5.687>

JCCT 2024-9-81

## 기어박스가 장착된 전동 스케이트보드 설계

### Design of electric skateboard with gearbox

김상현\*

Sang-Hyun Kim\*

**요약** 최근 전동 스케이트보드는 사용의 편의성과 조작의 간편성으로 인해 개인 이동수단으로 활용되고 있지만, 기존 타이밍벨트나 허브 모터에 의해 구동되는 방식은 낮은 구동 토크와 고전류 허용 및 진동과 같은 단점을 가지고 있다. 따라서, 본 논문에서는 지속 가능한 보조교통수단으로 사용할 수 있도록 장시간 고속으로 주행이 가능한 새로운 구동 방식의 스케이트보드 형상을 제시하고자 한다. 하나의 구동 바퀴 내부에 유성기어와 모터부가 결합하여 설치되며, 일체화된 구동부를 통해 바퀴에 동력을 공급함으로써 고전류 허용을 방지하고 고속주행이 가능하도록 하였다. 먼저 전동 스케이트보드가 이동 보조수단으로 효과적으로 사용되기 위한 허용전류 및 주행속도 목표를 설정하였으며 이를 만족하는 적절한 감속비를 결정한 후 유성기어의 모듈 및 세부 치수를 구하였다. 또한, 이동수단으로서의 사용자 편의성을 높이기 위해 적절한 현가장치를 추가하여 진동을 감소시켰으며, 실제 제작 및 실험을 통해 제시된 인휠 기어박스의 구동 타당성을 검증하였다.

**주요어** : 전동 스케이트보드, 유성기어, 개인용 교통수단, 진동 감쇄

**Abstract** Recently, electric skateboards have been used as a means of personal transportation due to their convenience and simplicity of operation, but the conventional skateboards driven by timing belts or hub motors have disadvantages such as low driving torque, high current and vibration. Therefore, in this paper, we propose a new type of electric skateboard that can run at high speeds for long periods of time so that it can be used as a auxiliary means of transportation. The planetary gear and motor unit are combined and installed inside one drive wheel, and power is supplied to the wheel through the integrated driving unit to prevent high currents and enable high-speed driving. First, the allowable current and running speed of the electric skateboard were set for efficient personal transportation and the appropriate reduction ratio, modules, and planetary gear dimensions were determined by comparing the torque required for the wheel axis and the maximum output torque of the motor. Additionally, an appropriate suspension device was added to reduce driving vibration for user convenience, and the feasibility of the proposed in-wheel gearbox was experimentally verified through fabrication.

**Key words** : Electric skateboard, Planetary gear, Personal mobility, Vibration reduction

#### 1. 서론

최근 스케이트보드는 전동화 기술의 발달로 모터와 같은 전기에너지를 이용하여 구동되는 개인용 이동수

단으로 활용되고 있다. 특히, 자동차 중심의 도시교통 문제를 해결하면서 기존 교통체계와 가장 효율적으로 연계할 수 있는 지속 가능한 보조교통수단이라는 장점으로 인해 이용자가 점차 증가하고 있다[1].

\*정회원, 한성대학교 기계시스템공학과 (교신저자)  
접수일: 2024년 7월 15일, 수정완료일: 2024년 8월 10일  
게재확정일: 2024년 9월 10일

Received: July 15, 2024 / Revised: August 10, 2024  
Accepted: September 10, 2024

\*Corresponding Author: shkim@hansung.ac.kr  
Dept. of Mechanical Systems Eng., Hansung Univ, Korea

현재 사용되고 있는 전동 스케이트보드는 타이밍벨트(timing belt) 방식 또는 허브 모터(hub motor) 방식으로 구동된다. 타이밍벨트를 이용한 동력전달 방법은 높은 속도와 힘을 제공하며 어떤 지형에서도 원활한 주행이 가능하다는 장점이 있지만, 스케이트보드 특성상 그 높이가 낮아 주행 중 다른 물체와 충돌하여 파손이 일어날 수 있다. 또한, 허브 모터 방식은 모터가 바퀴 내부에 위치하므로 무게가 가볍고 조작이 간편해 초보자가 쉽게 사용할 수 있지만, 토크가 낮아 경사로 이동에 제한이 있으며 고전류 발생으로 인해 변속기 수명이 단축되는 단점이 있다. 특히, 기존 스케이트보드는 저속으로 짧은 거리를 이동하거나 순간 가속이 필요한 레저 용에 적합하도록 설계되어 있어 긴 주행 거리와 빠른 속도가 요구되는 이동수단으로 사용 시 노면에서 발생하는 진동에 취약한 구조이다.

따라서 본 논문에서는 개인용 이동수단에 더욱 적합한 새로운 구동 방식의 스케이트보드 형상을 제시하고자 한다. 동력전달은 허브 모터 방식과 동일하지만 기존 전동 스케이트보드의 문제점 및 단점을 해결하기 위해 바퀴 내부에 기어박스를 추가하였으며, 고전류 허용을 방지하고 고속주행에 적합한 감속비를 가지는 기어박스 형상을 설계하였다. 또한, 이동 시 사용자 편의성을 높이기 위해 적절한 현가장치를 추가하여 진동을 감소시켰으며 실제 제작 및 실험을 통해 타당성을 검증하였다.

## II. 설계 배경

전동 스케이트보드는 그림 1과 같이 사용자의 발이 위치하는 장방형 판 형상의 데크, 휠과 베어링을 포함하는 바퀴, 두 바퀴 축을 지지하는 트럭(truck)과 데크를 연결하는 프레임 및 모터와 배터리 및 회로를 포함하며 바퀴에 동력을 전달하는 전동 구동부로 구성되어 있다. 기존 스케이트보드는 공원이나 트랙과 같이 노면(아크릴) 상태가 양호한 제한된 장소에서 레저용으로 사용되었으며 휠과 모터 사이에 벨트를 연결하거나 휠에 직접 모터를 위치시켜 바퀴에 동력을 전달한다. 하지만, 타이밍벨트 방식은 모터를 거치하기 위한 마운트와 연결 벨트가 외부에 노출되어 있어 아스팔트나 보도블록과 같은 주행 환경에서는 돌출된 노면과의 충돌로 고장이나 파손의 위험이 있다. 또한, 허브 모터 방식은

기어박스 없이 바퀴 내부에 장착된 모터가 휠을 직접 구동하므로 허용전류는 높고 토크가 낮아 경사로나 장거리 주행에 적합하지 않다. 따라서, 긴 주행 거리와 빠른 속도가 요구되는 개인용 이동수단으로 사용 시에는 사용자 안전과 편의를 위해 전동 스케이트보드의 구성 요소와 구동 방법에 대한 요구조건이 달라진다.

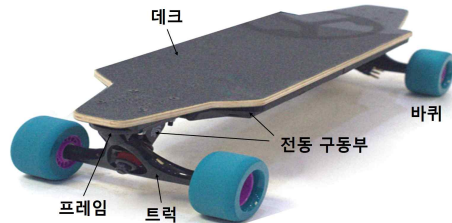


그림 1. 전동 스케이트보드 구성 요소

Figure 1. Basic components of the electric skateboard

교통보조수단으로서 노면 상태가 고르지 않는 지형에서도 고속으로 장시간 주행이 가능할 수 있도록 기어박스가 내장된 새로운 전동 스케이트보드 구동 메커니즘을 그림 2에 나타내었다. 하나의 구동 바퀴 내부에 기어부와 모터부를 결합하여 설치하고, 일체화된 구동부를 통해 바퀴에 동력을 제공함으로써, 고전류 허용을 방지하고 고속주행이 가능하도록 하였다. 기어를 통해 모터의 구동력을 휠에 전달하여 바퀴를 회전시키기 위해서는 모터와 기어 및 구동 바퀴가 동심축을 형성해야 하므로 다양한 기어 형상 중 유성기어(planetary gear)를 사용하였다. 유성기어는 중심에 태양과 같이 자전을 하는 선기어와 선기어 주위를 행성처럼 회전하는 위성기어, 최외곽에 위치하여 연결된 바퀴를 구동하는 링기어 및 위성기어를 일체형으로 움직이게 하는 캐리어(carrier)로 구성되어 있다[2].

유성기어는 선기어와 동력원을 연결하고 캐리어를 통해 동력을 전달하는 장치로 동력의 입력축과 출력축이 같다는 특징으로 인해 크기나 무게가 같은 다른 형태의 기어보다 더 큰 감속비를 얻을 수 있는 장점이 있다. 또한, 선기어를 중심으로 여러 개의 위성기어가 대칭 구조로 배열되어 있으므로 반경 방향 하중이 상쇄되어 베어링의 크기를 줄일 수 있으며, 축에 가해지는 하중도 분산되어 고하중을 전달하기에 유리하다. 따라서, 경량화, 소형화 그리고 고강도화라는 관점에서 보조교통수단에 매우 적합하다.

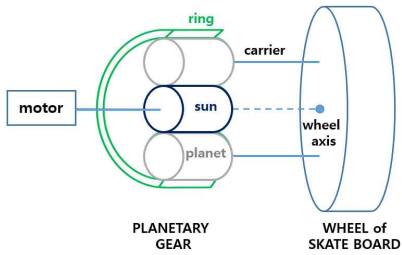


그림 2. 유성 기어박스가 내장된 허브 모터 개념도  
 Figure 2. Conceptual design of in-wheel motor with the planetary gear

일반적으로 모터의 구동력을 바퀴에 전달하기 위한 기어 A, B의 감속비는 식 (1)과 같이 표현된다. 여기서,  $T$ 는 토크,  $v$ 는 속도(rpm),  $PD$ 는 피치원 지름,  $Z$ 는 기어 잇수를 나타낸다. 따라서, 설계요구조건을 만족하는 적절한 감속비를 정한 후 고전류 허용을 방지하고 고속 주행이 가능한 기어 모듈과 잇수를 포함한 기어 형상 및 세부 치수를 결정한다[3].

$$\frac{T_B}{T_A} = \frac{v_A}{v_B} = \frac{PD_B}{PD_A} = \frac{Z_B}{Z_A} \quad (1)$$

전동 스케이트보드와 같은 개인형 이동장치는 순간 가속에 적합하고 레저나 스포츠 목적으로 사용되는 기존 스케이트보드와 달리 주행 중 모터의 진동뿐만 아니라 노면으로부터 지속적인 진동이나 충격을 받게 된다. 특히, 비교적 먼 거리를 고속으로 장시간 사용 시 불규칙한 노면에 의한 진동으로 인해 피로감이나 다리 저림 등의 신체적 불편함이 발생하여 교통보조수단으로 활용에 제약이 제기되고 있다. 따라서 승차감과 주행 안정성을 높이기 위해서는 노면과 바퀴 사이의 진동이나 충격을 감소시키는 현가장치 설치가 필수적이다.

전동 스케이트보드 주행 시 보드는 1자유도 비감쇠 시스템 자유 진동운동을 하게 되며 노면의 종류나 주행속도가 달라지지 않는 경우 보드의 진동 크기를 나타내는 변위전달률(TR)은 식 (2)와 같다. 여기서  $\omega$ 은 가진 주파수,  $\zeta$ 는 감쇠비를 나타내며 고유진동수  $\omega_n$ 는 현가장치의 스프링 강성  $k$  및 현가장치와 연결된 질량  $m$ 과의 관계 식인  $\omega_n = (k/m)^{1/2}$ 로 표현된다[4]. 또한, 현가장치에 의한 보드의 진동 감소량은 식 (3)의 진동 가속도 레벨 변위량( $\Delta VAL$ : Vibration Acceleration Level)과 같이 데시벨(dB) 단위로 정량화하여 나타낼 수 있다. 따라서 설계

목표를 바탕으로 진동 가속도 레벨 변위량( $\Delta VAL$ )을 설정한 후 식 (2)와 (3)을 이용하여 적절한 변위전달률과 고유진동수를 구하면 이를 구현할 수 있는 현가장치의 스프링 강성을 선정할 수 있다.

$$TR = \frac{\sqrt{(2\zeta\omega_n\omega)^2 + \omega_n^4}}{\sqrt{(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + (2\zeta\omega_n\omega)^2}} \quad (2)$$

$$\Delta VAL = 20 \log \frac{1}{TR} \quad (3)$$

### III. 설계 및 제작

#### 1. 유성기어 설계

전동 스케이트보드가 교통보조수단으로 효과적으로 사용되기 위해 기존 전동모터(6804rpm, 1450W) 기준 최대하중 100kg을 지탱하면서 최대 30A 허용전류 이내에서 법정 허용 최고속도 25km/h 주행이 가능하도록 설계 목표를 설정하였다. 전동 스케이트보드의 바퀴에 들어가는 유성기어 설계 시 기어 형상을 결정하는 요소 들로는 감속비, 모듈, 기어별 잇수, 기어 두께 및 기어 전위가 있으며 각 변수를 결정하기 위한 알고리즘은 그림 3과 같다. 모듈과 잇수를 구하기 위해서는 감속비를 결정하는 것이 우선이며, 감속비는 설계 목표를 만족시키기 위해 바퀴의 축에 필요한 토크와 모터의 최대 출력 토크를 비교함으로써 알 수 있다[5].

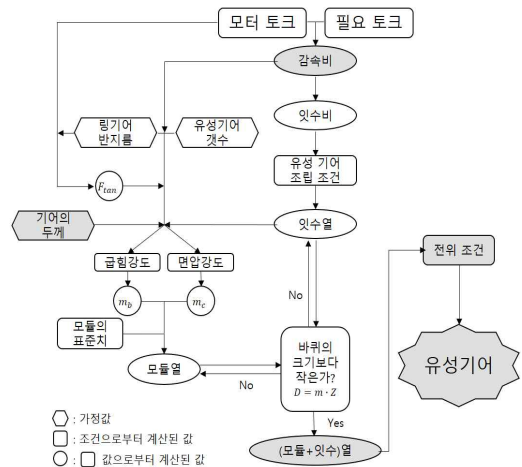


그림 3. 유성기어 설계 알고리즘  
 Figure 3. Design process algorithm of the planetary gear

전동 스케이트보드가 정지 상태에서 움직이기 위해 바퀴 중심축에 필요한 토크( $T$ )는 식 (4)와 같이 가속 토크( $T_a$ )와 마찰 토크( $L$ )의 합으로 표현된다. 여기서  $f$ 는 바퀴의 등속 회전수,  $g$ 는 중력가속도,  $t$ 는 가속 시간,  $W$ 는 물체의 전체중량,  $D$ 는 바퀴 지름,  $J$ 는 부하 관성모멘트( $WD^2/8$ ),  $\mu$ 는 바퀴와 노면 사이의 마찰계수를 나타낸다[6].

$$T = T_a + L = \frac{J \times 2\pi f}{g \times t} + \frac{WD\mu}{4} \quad (4)$$

식 (4)를 통해 계산된 가속 토크와 마찰 토크는 각각 1.51Nm, 1.81Nm이 되므로 설계조건인 최대하중 100kg, 최대속도 25km/h 주행을 위한 필요 토크는 3.32Nm이 된다. 허용전류를 최대 30A 이하로 유지하기 위한 기존 모터의 출력 토크(안전율 1.5 고려)는 1.36Nm이므로 기어박스의 감속비는 2.45 이상이 되어야 필요 토크를 출력할 수 있다. 또한, 바퀴 지름 83mm인 기존 전동 스케이트보드에 사용되는 모터의 최대 rpm은 6804이고 설계 요구조건인 25km/h를 만족시키기 위해 필요한 rpm은 1597.94이므로 기어박스의 감속비는 4.26 이하가 되어야 한다. 따라서 설계 요구조건을 충족하려면 감속비가 2.45에서 4.26 사이인 기어 형상을 결정해야 한다.

유성기어 형상을 정하기 위해 먼저 위에서 계산한 감속비로부터 유성기어로 조립될 수 있는 적절한 잇수를 도출한다. 이 잇수열을 굽힘강도와 면압강도 및 모듈의 표준치부터 구한 모듈열과 적절하게 맞추어 바퀴 크기에 무리가 가지 않는 (모듈+잇수)열을 추출한다. 이 모듈열을 유성기어 조립조건으로부터 도출된 잇수열과 바퀴의 크기를 고려해 적절한 짝을 찾은 후, 감속비를 최종적으로 결정할 수 있다. 이 모든 과정은 반복적인 계산을 통해서 가장 적절한 값을 찾아야 하며 최종적으로 전위조건으로부터 기어에 전위를 부여하여 주어진 목표에 적합한 유성기어를 설계한다.

기어 형상 결정 시 가장 중요한 변수는 모듈이다. 스케이트보드의 바퀴 크기는 83mm이지만 바퀴 재질(폴리우레탄)의 탄성과 내부 플라스틱 뼈대 및 감속비 범위를 고려하면 최종 링기어 외경(피치원 지름)은 30mm 이하, 선기어 및 위성기어는 12mm 및 8.5mm 내외로 결정된다. 가 결정된 선기어와 링기어의 외경을 고려할 경우 모듈은 최대 0.9~1.0도 가능하나 유성기어의 경우

0.8 이상이 되면 기어 잇수가 적어 언더컷이 발생한다. 따라서 모듈은 0.7로 정하였으며 20도 표준값을 압력각으로 사용한 최종 유성기어 및 기어 구동부 형상은 그림 4와 같다. 모듈 0.7과 기어의 가 결정 외경 및 유성기어 조립조건(링기어와 선기어 잇수 합/위성기어 갯수=정수)을 고려할 경우 기어 잇수는 링기어 42개, 선기어 18개, 위성기어 11개로 정해지며 이때의 기어비(링기어와 선기어 잇수 합/선기어 잇수)는 3.333이 되므로 감속비 범위 조건을 만족하는 것을 확인하였다.

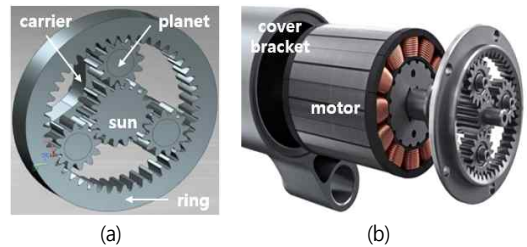


그림 4. CAD 형상 (a) 유성기어 (b) 기어 구동부  
Figure 4. CAD modeling of (a) planetary gear (b) assembled in-wheel motor & gear

무게 및 부식을 고려하여 유성기어 재료는 트럭과 같은 알루미늄(AL5052-0)을 사용하였으며 그림 5와 같이 보드에 가해지는 하중에 대한 유성기어의 내구성을 검증하였다. 실제 하중은 유성기어 전체에 작용하지만 위성기어의 크기가 가장 작고 부하를 많이 받으므로 위성기어 변형 해석을 통해 안정성을 확인하였다. 모터의 순간 최대 토크(40kgfcm)가 선기어를 통해 총 3개의 위성기어에 전달되므로 동적저동과 반복하중에 의한 피로를 고려하여 위성기어 잇면에 안전계수 2를 적용한 26.6kgfcm의 안전 허용 토크를 부여하였다. 해석 수행 결과 발생한 변형이 아주 미미하므로 제시된 기어 형상이 정적 하중에 대해 안전하다고 판단된다.

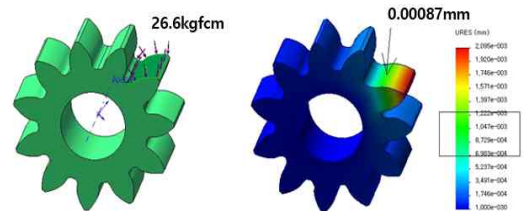


그림 5. 위성기어 내구성 해석 결과  
Figure 5. FEA analysis result of planetary gear

## 2. 진동 감소를 위한 현가장치 설계

전동 스케이트보드의 진동 감소 목표치를 선정하기 위해 기존 제품의 실제 진동을 측정하였다. 보드의 진동 가속도 레벨은  $VAL=20\log(a/a_0)$ 로 표현되며, 여기서  $a$ 는 실험으로 측정된 특정 노면의 평균 가속도,  $a_0$ 는 진동 가속도 레벨 기준치(일반적으로  $10^{-5}m/s^2$ )를 나타낸다. 다양한 노면 종류 중 진동이 가장 심한 보도블록에서 주행하였으며 보드에 이용자가 탑승한 상태로 25km/h의 최대속도로 총 5회 실험을 진행하였다. 프레임 바로 위쪽 테크에 부착한 핸드폰의 가속도 센서를 이용하여 측정된 평균 가속도 크기는  $7.78m/s^2$ 이며 이를 통해 약 118dB의 진동이 발생하는 것을 확인하였다.

일반적으로 사람이 느끼는 최소 진동 가속도 레벨은  $55\pm 5dB$  정도이며 100dB를 초과하면 불편함을 느끼기 시작한다[7]. 따라서, 전동 스케이트보드가 보도블록 주행 시 발생하는 진동 수준을 100dB 이하로 감소시키는 것을 목표로 잡았다. 이를 위해 진동 가속도 레벨 변위량( $\Delta VAL$ )을 20으로 설정하였으며  $\zeta=0$ 인 감쇠 장치가 부가되고 보도블록의 가진 주파수  $\omega=9.15Hz$ 를 고려하면 식 (2)와 (3)을 통해 변위전달률 TR은 0.10, 보드의 고유진동수  $\omega_n$ 은 3.05Hz(19.16rad/s)이 된다. 따라서, 보드의 진동 감소를 위해 필요한 현가장치의 스프링 강성  $k$ 는 최대 9.18kN/m로 계산된다.

보드 진동을 줄이기 위해 다양한 종류의 현가장치가 사용될 수 있으며, 본 논문에서는 트럭과 바퀴 축을 긴 막대 모양의 알루미늄 봉으로 연결하여 비틀림 반발력을 이용하여 노면의 진동을 흡수하는 토션바(torsion bar) 스프링을 선택하였다[8]. 토션바의 등가 스프링 상수는  $k_{eq}=\pi d^4/32L$ 로 표현되며, 여기서  $d$ 와  $L$ 은 토션바 지름과 길이,  $G$ 는 전단 탄성계수(25.9GPa)를 나타낸다. 토션바 형상은 기존 스케이트보드 치수를 벗어나지 않아야 하므로  $d$ 는 25mm 이하,  $L$ 은 토션바 고정단과 바퀴 축 사이 거리인 95~105mm를 만족해야 한다. 또한, 주행 중 토션바 파손 방지를 위해 지름  $d$ 는 허용 전단 응력( $\tau_a$ : 138MPa), 비틀림 모멘트( $M=F \times R$ ), 주행 중 노면에서 발생하는 힘( $F$ ), 토션바 중심축과 고정단과의 거리( $R$ )의 관계식  $d \geq (16M/\pi\tau_a)^{1/3}$ 를 만족해야 한다. 따라서 보드 진동을 최소 100dB 이하로 줄일 수 있도록 스프링 강성  $k$ 가 9.18kN/m보다 작으면서 치수 제한 조건과 연결 부품과의 결합 등을 고려하여  $L=103mm$ ,  $d=22mm$ ,  $R=20mm$ 인 토션바 형상을 선정하였다.

## 3. 기어박스 제작 및 검증

그림 6(a)은 기어 조립조건으로 설계된 유성기어의 최종 제작 형상 및 이를 바퀴에 연결한 결과를 나타낸다. 구동 바퀴와 동심축으로 연결되도록 휠 내부를 가공한 후 와셔를 부착하여 조립하였다. 스케이트보드에 인 휠 기어박스를 장착한 최종 제품 형상은 그림 6(b)와 같다. 기존 모터 축을 뒤쪽으로 연장하여 유성기어와 연결하였으며 모터 일부와 기어부 전체가 바퀴 내부에 장착되어 있다. 보드 테크와 연결되는 트럭 고정부 위치를 달리하여 구동 바퀴와 동심축을 형성하는 트럭 샤프트가 주행 중 발생하는 진동을 감소하는 스프링 역할을 담당하게 하였다. 또한, 트럭 한쪽 샤프트를 커버 브라켓으로 대체하여 모터를 포함한 기어 구동부가 외부와 접촉되거나 노출되는 것을 방지하였다.

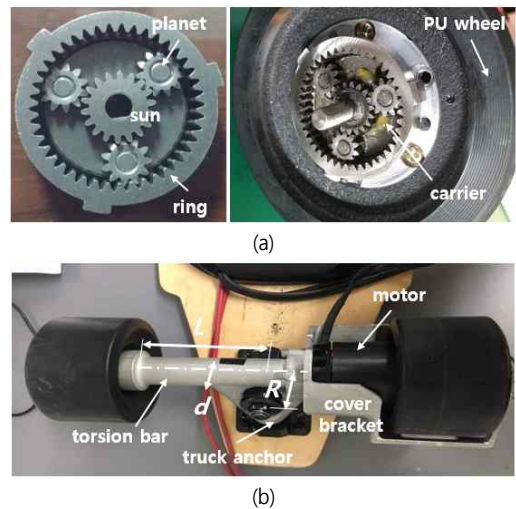


그림 6. (a) 유성기어 (b) 최종 결합 형상  
 Figure 6. (a) planetary gear part (b) final assembled product

최종 결합된 전동 스케이트보드가 설계조건을 만족하는지 확인하기 위하여 그림 7과 같이 20% 경사도(11.31°)에서 출발 시 발생하는 허용전류를 전류측정기(Digital Power Meter: WT210)를 이용하여 측정하였다. 먼저 모터의 최대 순간 출력 시 기존 보드의 최대 순간 전류는 42A가 발생하였으며 동일 조건으로 기어박스가 장착된 보드를 10회 주행시킨 결과, 표 1과 같이 평균 9.902A(최소 9.251, 최대 11.512)의 전류가 측정되었다. 따라서, 본 논문에서 제시한 유성기어가 허용전류 기준치인 30A를 만족하는 것을 확인하였다.



그림 7. 허용전류 측정 실험  
Figure 7. Experimental set-up for measuring the current

표 1. 전류 측정 실험 결과  
Table 1. Experimental results of the peak current

회수(#)	1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10
측정전류	9.893	11.512	9.251	9.594	9.399
(A)	9.556	9.361	9.382	9.829	11.234

또한, 이용자가 보드에 탑승한 상태로 충분한 가속 후 최대속도 25km/h로 약 1초 동안 보도블록 위를 주행한 시험결과를 그림 8에 나타내었다. 데크 위에 부착된 가속도 센서를 이용하여 측정한 가속도 크기는 최대 4.2m/s<sup>2</sup>, 평균 0.81m/s<sup>2</sup>로 기존 모델(최대 24.7m/s<sup>2</sup>, 평균 7.78m/s<sup>2</sup>) 대비 현저히 낮아졌으며 이를 통해 계산된 보드의 진동은 98.17dB이므로 설계 목표인 100db 이하로 감소되는 것을 확인하였다.

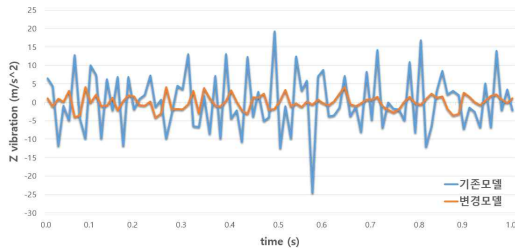


그림 8. 보드 진동 시험 결과  
Figure 8. Vibration measurement results

#### IV. 결론

본 논문에서는 긴 주행 거리와 빠른 속도가 요구되는 개인용 이동수단에 더욱 적합한 새로운 전동 스케이트보드 구동 메커니즘을 제안하였으며 실험을 통해 그 타당성을 검증하였다. 기존 전동 스케이트보드 구동 방식의 문제점을 해결하기 위해 모터와 일체화된 유성기어를 바퀴 내부에 설치하였으며 저전류 허용 및 고속주행이 가능한 적절한 감속비를 정한 후 유성기어 조립조건과 보드 바퀴의 크기 및 구성 요소를 고려하여 모듈

과 기어 직경 및 잇수를 결정하였다. 또한, 사용자 안전과 편의성 향상을 위해 노면 상태가 고르지 않는 지형에서 주행 시 발생하는 진동을 100dB 이하로 제한하였으며 비감쇠 진동해석과 현가장치 부착 위치에 따른 제한 조건을 고려하여 5.78kN/m의 강성을 가지는 토션바 스프링 형상을 설계하였다. 경사로와 보도블록 주행 실험을 통해 평균 9.902A의 허용전류 및 98.17dB의 진동이 발생하였으므로 본 논문에서 제시한 유성기어가 내장된 전동 스케이트보드 구동 방식이 도심형 교통보조수단으로 효과적으로 사용될 수 있는 것을 확인하였다.

본 연구에서 제시한 유성기어를 이용한 일체형 기어박스는 고토크, 저전류 허용 기술로 기존 모터 마운트 방식과 기어박스가 없는 허브 모터 방식을 대체할 수 있으며 모터 마운트, 타이밍벨트 등 사용되는 부품 감소로 인해 비용을 절감할 수 있다. 또한, 전동 스케이트보드 외에도 전동 휠체어나 전동 키펠드 등 다양한 전동제품에 적용 가능하므로 기술선도 효과와 함께 전동레포츠 시장 확대에 도움이 될 것으로 기대된다.

#### References

- [1] S.H. Lee and P. Hwang, "Industrial and Technological Trends of Personal Mobility in Korea and Abroad," Auto Journal, Vol. 37, No. 1, pp. 36-45, 2015.
- [2] J.H. Myong, Y.I. Cho, T.H. Chong, G.J. Cheon and D.C. Han, "Development of Planetary Gear Train Design System," KSAE Conference, No. 2, pp.701-706, 1997.
- [3] A.G. Erdman, Mechanism Design, Analysis and Synthesis, Prentice-Hall, 2017.
- [4] S.S. Rao, Mechanical Vibrations, Pearson, 2012.
- [5] KHK Gear Technical Reference, Kohara Gear Industry Co., LTD.
- [6] W.L. Cleghorn and N. Dechev, Mechanics of Machines, Oxford, 2017.
- [7] W. Karwowski, International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors - 3 Volume Set, CRC Press, 2006.
- [8] R.C. Juvinall and K.M. Marshek, Fundamentals of Machine Component Design, Wiley, 2015.

※ 이 논문은 한성대학교 교내학술연구비 지원 과제임.  
(This research was financially supported by Hansung University.)