

견인 및 등판 성능을 통한 고소작업기계의 모터 주행장치 설계

이상식*, 장세윤**, 김태수***, 남규철****, 박원엽****

Design of Motor-driven Traveling System for High Clearance Working Machinery based on Tractive Performance and Hill Climbing Ability

Sangsik Lee*, Seyoon Jang**, Taesoo Kim***, Kyoucheol Nam****, Wonyeop Park****

요약 이 연구는 과수원에 높은 통관 작업 기계에 적용되는 전동식 트랙 주행 시스템을 적용한 최적 설계가 제안되어 있습니다. 견인 성능과 언덕 등판 능력은 예측 및 기계 작업이 높은 틈새를 이용하여 과수원의 토양 특성을 고려하여 최적의 모터 주행 시스템을 평가 하였다. 견인 성능을 위한 설계 기준은 운동 저항을 뺀 견인력으로부터 산출 된 견인능력에 기초를 두었다. 등판 능력은 20%의 경사면을 3km/h의 속도로 수행되도록 하는 설계기준을 가지고 있다. 견인 및 등판 능력의 평가 결과에 따라 두 개의 DV48V, 4500rpm, 16kW AC 모터는 좌우 양쪽에서 독립적인 궤도를 갖는 것으로 적용된다. 각각의 모터는 50:1 감속기어 비율을 통하여 트랙형 주행 시스템의 구동 스프로킷에 동력을 전달하도록 설계되었다. 본 연구의 전동 트랙형 주행 시스템은 충분한 견인성능 및 등판 능력을 충분히 입증하고 20%의 경사지면을 갖는 과수원의 토양에서의 등반저항보다 12.5%가 더 높은 396kgf의 견인능력을 가지고 있는 것으로 밝혀졌습니다.

Abstract In this study, an optimal design for motor-driven track type traveling system applied into high clearance working machineries in orchard is proposed. Tractive performance and hill climbing ability were predicted and evaluated for the optimal motor traveling system by taking into account of soil characteristics in orchard utilizing the high clearance working machineries. Design criteria for tractive performance were based on the traction force calculated from tractive effort subtracted by motion resistance, while hill climbing ability had its design criteria that fulfill the climbing 20% slope ground at a speed of 3km/h. Based on the evaluation results of traction and climbing ability, two DC48V, 4500rpm, 1.6kW AC motors were independently applied to both left and right side of orbits; each motor is designed to transmit power on driving sprocket of track type traveling system via 50:1 reduction gear ratio. The motor-driven track type traveling system developed in the study found to have 396 kgf of tractive force, which is 12.5% higher than climbing resistance at orchard soil having 20% slope ground (352 kgf), demonstrating sufficient tractive performance and hill climbing ability.

Key Words : High clearance working machinery, Motor-driven traveling system, Tractive performance, Hill climbing ability, Soil characteristics

This work was supported of Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(314036-3)

* Department of Biomedical Engineering, Catholic Kwandong University

** Sungboo Industry, Ltd, Chilgok-gun, Gyeongbuk, Korea

*** Korea Invention Promotion Association

**** Corresponding Author: Department of Mechanical Engineering, Hankyong National University(wypark@hknu.ac.kr)

Received May 09, 2016

Revised June 11, 2016

Accepted June 23, 2016

1. 서 론

차량의 주행(traveling), 등판성능(hill climbing ability) 및 견인성능(tractive performance)은 차량을 전진시키는 요인인 구동력(tractive effort)과 차량의 주행을 방해하는 운동저항(motion resistance)에 의해 결정된다[1]. 즉, 차량의 최대 성능은 최대 구동력과 최소운동저항 조건에서 발휘할 수 있다.

포장도로(on road)의 경우 차량의 구동력은 주행부(타이어 또는 궤도)에 작용하는 수직하중과 주행부-노면간의 마찰계수의 곱으로 결정되는 주행부-노면간의 마찰력에 의해 결정되고, 운동저항은 주로 타이어어의 공기압에 따른 타이어의 변형에 의한 타이어의 회전저항(rolling resistance) 즉, 구름저항에 의해 주로 영향을 받는다[2].

그러나 연약지 등을 포함하는 비포장(off road)의 토양노면의 경우에는 포장도로와 달리 주행시 주행장치에 의한 토양의 파괴현상에 의해 충분한 구동력을 발생시킬 수 없으며 구동력은 주행부-토양간의 마찰력보다는 주행부에 의한 토양의 전단력에 의해 결정된다[3]. 한편, 토양에서의 운동저항은 구름저항 외에 주행부의 침하에 따른 토양저항을 극복하기 위한 토양다짐저항(soil compaction resistance)이 추가로 발생하며, 궤도형차량의 경우 대부분의 운동저항이 토양다짐저항에 의해 발생한다.

고소작업기계는 과수원, 농지 등과 같이 지역별로 토성, 토양의 다짐, 경도 및 전단(마찰) 특성이 다른 다양한 토양조건에서 운용된다. 따라서 고소작업기계의 주행 및 견인성능, 그리고 경사지 등판성능 등은 고소작업기계의 무게, 동력(엔진 또는 모터) 및 동력전달장치, 차량의 치수 및 중량, 주행장치의 형태(타이어 또는 궤도) 및 치수 등과 같은 차량 자체의 주요 제원뿐만 아니라 고소작업기계가 운용되는 토양 특성에 크게 영향을 받는다[4].

따라서 과수원 등과 같은 다양한 토양 조건에서 충분한 작업성능을 갖는 고소작업기계를 개발하기 위해서는 고소작업기계의 주요 제원과 고소작업기계가 운용되는 토양의 특성을 고려한 주행, 견인 및 등판성능을 예측, 평가해야 하고, 이를 토대로

고소작업기계의 동력원(엔진 또는 모터)의 용량, 감속비, 주행부의 형태 및 치수 등을 고려한 주행장치의 설계가 필요하다.

한편, 현재 사용되고 있는 대부분의 고소작업기계는 엔진 구동 방식의 주행시스템을 이용하기 때문에 주행 및 작업시 큰 소음과 진동이 발생할뿐만 아니라 환경오염 문제도 매우 심각하다. 따라서 환경오염 문제를 해결하고, 저소음과 저진동을 통한 쾌적한 작업환경을 조성할 수 있는 친환경 고소작업기계를 개발하기 위해서는 모터 구동방식의 주행시스템의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 모터 구동방식의 주행시스템을 적용한 친환경 고소작업기계를 개발하기 위한 선행 연구로서 고소작업기계의 주요 제원뿐만 아니라 고소작업기계가 운용되는 토양특성을 고려하여 고소작업기계의 견인 및 등판성능을 예측, 평가하고, 이를 토대로 친환경 고소작업기계에 적용할 수 있는 모터 구동방식의 궤도형 주행장치를 설계하고자 한다.

2. 재료 및 방법

고소작업기계의 견인성능 모델을 개발하기 위해 국내의 주요 사과재배 과수원에서 과수원 토양의 물리적 특성을 측정하였다. 토양의 물리적 특성 변수의 측정은 우리나라 사과재배의 주산지인 제천(그림 1) 및 충주 지역 등지에서 수행하였으며, 측정된 토양물리성 측정 결과에 기초하여 고소작업기계의 견인성능 예측에 가장 적합한 토양변수와



그림 1. 과수원 (충북 제천)
Fig. 1. orchard(chungbuk Jecheon)

견인성능 예측 모델을 선정하기 위한 기본 자료로 활용하였다.



그림 2. 토양물리성 측정장치 (SR-2 type)
Fig. 2. Soil Physical measurement device (SR-2 type)

토양물리성 측정은 휴대가 편리하고, 토양의 다양한 변수들을 현장에서 쉽게 측정할 수 있는 장점을 갖고 있는 SR-2 타입의 토양물리성 측정장치(DIK-5521, DAIKI, Japan)를 사용하였고(그림 2)[5], 측정된 토양특성 변수로는 토양의 경도특성을 나타내는 토양의 원추지수(Cone Index)와 토양의 전단강도 특성을 나타내는 토양의 점착력(cohesion), 내부마찰각(internal friction angle), 부착력(adhesion) 및 외부마찰각(external friction angle) 등을 측정하였다. 한편 과수원의 토양 물리성 측정은 고소작업기계의 주행 및 견인성능의 평가에 적용하기 위해 과수원내 사과나무들 사이 고소작업기계가 주행하는 주행통로 지역에서 수행하였다.

3. 연구결과

가. 과수원의 토양 물리성 측정

토양의 원추지수는 모든 측정지역에서 원추가 50mm 정도 관입된 후 측정 장치의 최대 관입 용량(2,500kPa)에 도달하여 더 이상 측정이 불가능하였다. 이러한 경향은 사과과수원의 주행통로는 고소작업기계의 반복적인 통행에 의해 토양의 강도

가 높아졌기 때문으로 판단된다. 따라서 원추지수는 고소작업기계의 견인성능 평가에는 적합하지 않은 토양변수로 판단되었다. 또한 차량의 운동저항 예측에 유용한 토양의 압력-침하 관계 변수는 과수원 주행통로의 강도가 높아 평판의 침하가 거의 발생되지 않아 측정이 거의 불가능하였다.

한편, SR-2형의 측정장치의 하단에 내경과 외경이 각각 30mm 및 50mm인 원형의 전단링(shear ring)과 마찰링(friction ring)을 부착하여 과수원 토양의 전단특성을 측정하였다. 그림 3은 사과과수원에서 전단링과 마찰링을 이용하여 측정한 토양의 전단강도 특성의 경향을 나타낸 그림이고, 표 1은 충주와 제천지역의 과수원에서 측정한 전단강도 특성을 분석한 결과이며, 그림 4와 5는 토양의 원추지수 및 전단특성 측정 모습을 보여주고 있다.

고소작업기계가 주행하는 과수원 주행로의 토양노면은 매우 강도가 높은 것으로 나타났고, 토양의 점착력 및 내부마찰각이 매우 높은 것으로 나타났다.

위의 결과로부터 과수원 지역에서는 토양의 강도가 높아 원추지수의 측정이 매우 어려운 것으로 나타나 궤도형 주행장치인 고소작업기계의 견인성능 예측에는 토양의 전단특성 변수를 이용하는 것이 효과적일 것으로 나타났다.

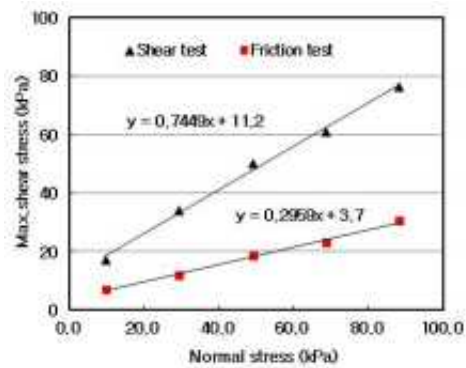


그림 3. 과수원 토양의 전단특성 경향
Fig. 3. The trend shear properties of the orchard soil

표 1. 주요 과수원 토양의 전단특성
Table 1. Characteristics of the main orchards soil shear

Soil properties Region	Cohesion (kPa)	Internal friction angle (degree)	Adhesion (kPa)	External friction angle (degree)
Chungju-1	11.2	36.682	3.70	16.483
Chungju-2	8.35	38.337	5.469	18.511
Chungju-3	9.175	36.017	2.575	16.478
Jecheon	7.4	35.149	2.225	16.888



그림 4. 원추지수 측정
Fig. 4. The index easuring cone



그림 5. 전단특성 측정
Fig. 5. Measuring Shear Properties

나. 고소작업기계의 견인성능 예측

본 연구에서 개발될 고소작업기계는 궤도형 주행부로 구성되었다. 궤도형차량의 견인성능은 궤도-토양 접지면에서의 수직응력과 전단응력에 밀접

한 관련이 있다. 즉, 궤도형차량의 운동저항은 주행부(궤도)의 침하를 유발하는 접지압에 관계되고, 추진력은 궤도-토양의 전단응력 특성에 관계된다 [2, 6].

본 연구에서는 고소작업기계의 견인성능을 예측하기 위하여 궤도형차량의 주행장치인 궤도와 토양과의 접촉면에서의 수직응력과 전단응력 분포로부터 고소작업기계의 구동력(토양추진력), 운동저항, 견인력 등을 계산할 수 있는 견인성능 예측 모델을 통해 고소작업기계의 견인성능을 예측하였다.

한편, 전술한 바와 같이 과수원 지역에서 고소작업기계가 주행하는 과수원 통로 토양은 강도가 매우 높아 원추지수의 측정이 용이하지 않아 토양의 전단특성 변수를 이용한 견인성능 예측 모델이 적합한 것으로 판단되었다.

궤도형차량의 구동력 관점에서, 토양은 궤도의 전단에 의해 파괴되고, 구동력은 토양의 전단강도에 의해 결정된다. 차량의 주행부에서 나타나는 파괴는 압축전단에 의한 파괴이다. 압축전단에 의한 토양의 전단강도는 모어-쿨롱의 파괴법칙에 따라 아래 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다[2].

$$\tau_{max} = c + p \tan \phi \tag{1}$$

- 여기서, τ_{max} : 토양의 최대 전단응력, (kPa)
- c : 점착력(cohesion), (kPa)
- p : 궤도 아래 수직하중, (kPa)
- ϕ : 토양의 내부마찰각, (degree)

궤도형차량의 최대구동력 F_{max} 는 식 (1)로부터 구한 토양의 최대전단응력 τ_{max} 와 궤도형차량 주행부의 토양접촉면적 A 를 이용하여 식 (2)에 의해 결정할 수 있다.

$$F_{max} = A \tau_{max} = A(c + p \tan \phi) = Ac + W \tan \phi = 2blc + W \tan \phi \tag{2}$$

식 (2)에서 b 와 l 은 각각 궤도의 폭과 길이, A

는 궤도의 폭과 길이의 곱으로 결정되는 궤도의 접지면적, W 는 궤도형차량의 무게이다.

궤도형차량의 운동저항은 주행부(궤도)의 침하를 유발하는 접지압에 관계된다.

Bekker[6]는 궤도형차량의 접지압력에 따른 침하관계를 예측하기 위해 폭이 다른 두 개의 평판을 이용하여 식 (3)과 같은 토양의 압력-침하 관계식을 제안하였다.

$$p = \left(\frac{k_c}{b} + k_\phi \right) Z^n \quad (3)$$

- 여기서, p : 압력 (kN/m²)
- b : 평판의 작은 폭의 길이 (cm)
- Z : 침하 (cm)
- k_c, k_ϕ : 토양변형계수 (kN/mⁿ⁺¹, kN/mⁿ⁺²)
- n : 토양변형지수 (dimensionless)

식 (3)의 압력-침하 관계식으로부터 궤도형차량의 주행부 침하 Z 는 식 (4)에 의해 결정할 수 있다.

$$Z = \left(\frac{p}{\frac{k_c}{b} + k_\phi} \right)^{1/n} = \left(\frac{\frac{W}{2bl}}{\frac{k_c}{b} + k_\phi} \right)^{1/n} \quad (4)$$

여기서, W 는 차량의 무게이고, l 과 b 는 각각 궤도의 토양접촉 길이와 폭이다.

한편, 아래 식 (5)에 나타낸 바와 같이, 토양다짐에 의한 운동저항 R_c 의 크기와 같은 힘에 의해 길이 l 만큼 당기는데 수행된 일은 Z_0 의 깊이로 폭 b , 길이 l 의 궤도자국(track rut)을 만드는데 수행된 일과 같다는 원리로부터,

$$\begin{aligned} R_c l &= bl \int_0^{z_0} p dz \\ &= bl \left(\frac{k_c}{b} + k_\phi \right) \left[\frac{Z_0^{n+1}}{n+1} \right] \end{aligned} \quad (5)$$

궤도형차량의 토양다짐에 의한 운동저항 R_c 는 식 (6)에 의해 결정할 수 있다[6].

$$R_c = 2b \left(\frac{k_c}{b} + k_\phi \right) \left[\frac{Z_0^{n+1}}{n+1} \right] \quad (6)$$

궤도형차량의 최대 견인력은 진술한 식 (2)를 이용하여 구한 최대구동력과 식 (6)로부터 구한 운동저항의 차로써 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$DP = F_{max} - R_c \quad (7)$$

- 여기서, DP : 궤도형차량의 최대견인력
- F_{max} : 궤도형차량의 최대구동력
- R_c : 궤도형차량의 운동저항

진술한 4개 지역의 사과과수원에서 측정된 토양의 전단특성 변수인 점착력(c) 및 내부마찰각(ϕ)과 고소작업기계의 총중량 1460 kgf, 궤도 폭 180 mm, 궤도 길이 1200mm인 고소작업기계의 주요 제원을 이용하여 식 (2)로부터 고소작업기계의 최대구동력을 결정하였다. 위에서 고소작업기계의 총중량은 고소작업기계의 자체 중량 1390 kgf에 운전자 1명의 중량 70 kgf를 더하여 산정하였다.

고소작업기계의 운동저항을 예측하기 위해서는 식 (6)에 나타난 바와 같이 토양의 압력-침하 변수로 측정된 k_c, k_ϕ, n 값이 있어야 하나, 이들 압력-침하 변수들은 과수원 주행로의 토양 강도가 매우 높아 측정이 어려웠다. 따라서 기존 문헌을 통해 국내 주요 과수원과 토성이 같고, 본 연구에서 측정된 전단강도(점착력 및 내부마찰각)와 유사한 전단특성을 갖는 토양조건에 대해 보고된 압력-침하 변수를 사용하여 고소작업기계의 운동저항을 예측하였다. 문헌을 통해 사용한 토양의 압력-침하 변수는 $k_c = 11.42 \text{ kN/m}^{n+1}$, $k_\phi = 808.96 \text{ kN/m}^{n+2}$, $n = 0.7$ 이었다[1].

표 2에 고소작업기계의 주요 제원과 4개 지역의 주요 사과과수원에서 측정된 토양의 전단특성변수

와 문헌으로부터의 토양의 압력-침하관계 변수를 이용하여 고소작업기계의 견인성능을 예측한 결과를 나타내었다.

표 2. 주요 과수원 토양의 견인성능
Table 2. Performance of the main orchards towed soil

Region	Maximum soil thrust (kgf)	Motion resistance (kgf)	Traction (kgf)
Chungju-1	1581	66	1515
Chungju-2	1522	66	1456
Chungju-3	1546	66	1480
Jecheon	1354	66	1288

다. 고소작업기계의 등판 성능

일반적으로 그림 6과 같이 포장도로에서 차량이 일정 속도로 경사각 θ 의 노면을 올라갈 경우 차량의 등판저항 R_θ 는 식 (8)과 같이 차량 총중량 W 의 진행방향 분력인 $W\sin\theta$ 로 나타난다.

$$R_\theta = W\sin\theta \tag{8}$$

그러나 경사지 토양에서의 등판저항은 식 (9)와 같이 포장도로에서의 등판저항 R_θ 에 식 (6)에 제시한 토양다짐에 의한 저항 R_c 의 합으로 결정된다.

$$R_g = R_c + R_\theta \tag{9}$$

따라서 토양에서의 등판저항은 포장도로에서보다 크게 나타나고, 등판저항에 의해 결정되는 등판시 소요동력도 포장도로에 비해 크게 나타나므로 구동부 모터 선정 및 차량의 설계시 토양특성을 고려해야 한다.

일반적으로 고소작업기계가 운용되고 있는 사과 과수원 토양의 최대 경사율을 20%(11.31°)로 하였을 경우 경사율 20%에 따른 등판저항 R_θ 와 식 (6)에 의한 토양다짐에 의한 저항 R_c 는 각각 286

kgf와 66 kgf이다. 따라서 고소작업기계의 20% 경사지 토양에서의 전체 등판저항 R_g 는 식 (9)에 의해 352 kgf로 결정된다.

한편, 고소작업기계의 최고속도(V)를 3 km/h라고 했을 때 20% 경사지 토양을 등판하기 위해 요구되는 고소작업기계의 모터 용량 P는 식 (10)에 의해 결정할 수 있다.

$$P = R_g V = (3453\text{N}) \left[(3\text{ km/h}) \left(\frac{1000\text{ m}}{3600\text{ s}} \right) \right] = 2878\text{ Watt} \approx 2.9\text{ kW} \tag{10}$$

따라서 고소작업기계는 최소한 2.9kW 이상의 모터를 선정해야 하는 것으로 나타났다. 위의 결과를 토대로 본 연구에서는 고소작업기계에 4,500rpm의 1.6kW의 모터 두 개를 사용하는 것으로 결정하였다.

한편 본 연구에서는 고소작업기계의 모터에서 구동스프로켓까지의 총감속비를 50:1로 하였고, 구동스프로켓의 직경을 175mm로 하였다. 이 때 고소작업기계의 최고속도는 식 (11)에 의해 결정할 수 있다.

$$V = \frac{N}{i} \frac{2\pi r_s}{60} = \frac{4,500}{50} \frac{2\pi(0.0875)}{60} = 2970\text{ m/h} = 2.97\text{ km/h} \approx 3\text{ km/h} \tag{11}$$

식 (11)에서 N 은 모터의 rpm, r_s 는 케도형 주행장치 구동스프로켓의 반경, i 는 모터에서 구동스프로켓까지의 감속비이다.

한편, 고소작업기계의 구동모터의 동력(P)을 1.6 kW, 모터의 회전수(N)을 4500 rpm, 구동스프로켓 반경(r_s)을 0.0875m, 총감속비(i)를 50으로 했을 때 고소작업기계의 총 구동력 F 는 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$F = T_m \frac{i}{r_s} = \frac{60P}{2\pi N} \frac{i}{r_s} = \frac{60(1600 \times 2)}{2\pi(4500)} \times \frac{50}{0.0875}$$

$$= 3880 \text{ N} = 396 \text{ kgf}$$

(12)

식 (12)로부터 결정된 총구동력(F)은 396 kgf로서 이것은 전술한 20% 경사율에서의 등판저항 352 kgf에 비해 약 12.5% 크게 나타나 20% 경사각을 충분히 등판할 수 있는 구동력으로 나타났다.

라. 모터 주행장치 설계

스마트 고소작업기계는 고소작업기계가 운용되는 토양특성과 고소작업기계가 운용되는 파수원의 20% 최대 경사율을 고려한 견인성능 평가를 통해 고소작업기계의 모터 용량을 선정하였다. 모터는 경사지 힘로 주행 등을 원활하게 하기 위해 직권 모터, BLDC 모터 등의 단점을 보완하여 용량에 맞게 개발된 AC모터를 양쪽 무한궤도 구동에 독립적으로 적용하였다.

일반적으로 모터가 회전하면 역기전력이 발생하는데, 이 역기전력의 형태에 따라 구형파 및 정현파와 모터가 있다. 시중에 많이 사용되는 BLDC (Brushless Dc Motor)는 브러시가 없는 모터를 표현하는 것인데, 브러시가 없는 모터 중 역기전력이 구형파와 정현파인 모터가 존재하다 보니 구분이 필요해졌다. 따라서 좁은 의미로 BLDC라고 하면 구형파 역기전력을 가진 brushless DC motor를 의미하며, (BL)AC는 정현파 역기전력을 가진 brushless DC motor를 의미한다. 모터에 흐르는 역기전력 위상과 전류 위상을 같은 상으로 제어하면 토크 제어 입장에서 매우 유리하기 때문에 본 과제에 적용될 모터는 AC 모터의 제어 형태를 가진다.

한편, 좁은 의미의 BLDC는 구형파 형태이기 때문에 전류를 구형파 형태로 제어하려면 6-step 형태의 구동방식을 사용하게 되는데, 비교적 간단한 회로와 제어 알고리즘이 된다. 그러나 AC모터는 역기전력이 정현파 형태이므로 전류도 정현파 형태로 인가되도록 해야 하기 때문에 모터 제어 컨

트롤은 조금 복잡한 형태가 되지만, 성능측면(토크 리플, 속도 추종성능 등)에서 보면 BLDC 보다 훨씬 좋은 성능을 지니게 된다.

특히, 고소작업기계는 경사지 주행이 많고 선회 반경을 좁게 함은 물론 정밀한 제어가 가능해야 하기에 AC모터를 적용하였으며, 기어박스를 제작하여 모터 드라이브를 통해 최적 연동제어가 되도록 하였다.

따라서 본 과제의 고소작업기계는 그림 6과 같이 AC모터와 감속기, 구동 스프로킷, 무한궤도 등으로 이루어진다. 원활한 구동 및 제어를 위해 앞질의 모터 용량 선정 결과에 따라 DC48V, 1.6kW AC모터 2대를 양쪽에 독립적으로 적용하였으며, 50:1 감속기를 이용하여 동력전달 하도록 하였다. 감속기는 외부에 다수개의 냉각핀이 돌출되게 형성되어지고 내부에 구동축과 피동축이 베벨감속기 어로 결합하였으며 모터의 동력은 감속기를 경유하여 주행부의 구동 스프로킷 휠을 구동시킴으로써 주행이 이루어지도록 하였다.

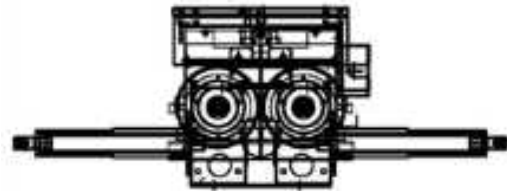


그림 6. 고소작업기계 주행장치
Fig. 6. Aerial Work Machinery driving device

고소작업기계는 양측의 구동모터 작동에 따라 직진 및 선회구동을 할 수 있으며 제어부의 조향 레버 조작정도에 따라 주행속도가 조절되게 된다. 표 4는 주행장치부의 주요 구조와 사양을 나타내었다.

표 3. 주행장치의 주요 사양
Table 3. Specifications of the traveling device

항 목			특 징
AC모터	전압	VDC	48
	출력	W	1,600
	회전속도	rpm	4,500
감속기	감속비	-	50:1
Crawler	궤도간 거리	mm	1,128
	폭×피치×피치수	mm, 개	180×60×53
동력전달장치	형식	-	전동기 구동식, 무단

4. 결 론

본 연구에서는 과수원에서 운용되는 친환경 고소작업기계에 적용할 수 있는 최적의 모터 구동 궤도형 주행시스템을 설계하였다. 최적의 모터 주행시스템의 설계를 위해 고소작업기계가 운용되는 과수원의 토양특성(토양의 전단 및 압력침하 특성)을 고려하여 고소작업기계의 견인 및 등판성능을 예측, 평가하였다.

견인성능은 고소작업기계의 구동력과 운동저항의 차로 나타나는 견인력을 설계 기준으로 하였고, 등판성능은 3 km/h의 속도로 20% 경사로의 등판능력을 설계 기준으로 하였다. 견인 및 등판능력 평가 결과를 토대로, 모터구동 주행시스템은 DC48V, 4500rpm 및 1.6kW의 AC모터 2대를 좌우 궤도 양쪽에 독립적으로 적용하였고, 각각의 모터는 50:1의 감속비를 통해 궤도형 주행장치의 구동 스프로킷에 동력을 전달하도록 설계하였다.

본 연구에서 설계된 궤도형 모터 구동 주행시스템은 396 kgf의 총구동력을 발휘하는 것으로 나타났고, 이것은 20% 경사율의 과수원 토양에서의 등판저항 352 kgf에 비해 약 12.5% 큰 것으로 나타나 충분한 견인성능과 등판능력을 발휘할 수 있는 것으로 나타났다.

REFERENCES

[1] Wong, J. Y. Theory of Ground Vehicles. New York, John Wiley & Sons. 2001.

[2] Wong, J. Y. Terramechanics and off-road vehicles. Elsevier. 1989.

[3] Coering, C. E., Stone, M. L., Smith, D. W. and Turnquist, P. K. Off-road vehicle engineering principles. ASAE Publication 801M0103. 2003.

[4] Park, W. Y and S. S. Lee. Development of a Tractive Performance Prediction Program of Tractors. J. of Biosystems Engineering 37(3)131-139. 2012.

[5] Lee, K. S., D. H. Lee, Y. J. Cho, S. O. Chung, W. Y. Park, K. M. Noh and Y. C. Chang. Development of a Digital Cone Index Measuring Device. J. of Biosystems Engineering 35(6)387-392. 2010.

[6] Kim, Eui-Soo. "Forensic engineering study on assessment of damage to aerial lifter parts." Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers A 34.11 (2010): 1727-1732.

[7] Ryu, B. J., C. R. Lee, and H. S. Kim. "Structural Analysis and Vibration Characteristics of Scaffolding Structures." Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering 19.5 (2009): 491-498.

[8] Seo, Seong-Hwa, Jong-Il Weon, and Heung-Sik Woo. "A Study on Reduction of Hazard Conditions on Plant Work of Steel Industry." Journal of the Korea Safety Management and Science 13.4 (2011): 61-69.

저자약력

이 상 식(Sang-Sik Lee) [중신회원]



- 1993-2000년 LG전선(주)
- 1996-2000년 성균관대학교 박사
- 2001-2004년 (주)미도테크
- 2004-2010년 성균관대학교 연구교수
- 2011-현재 가톨릭관동대학교 의료공학과 교수

<관심분야> 의용메카트로닉스, u-Health, 생체역학, 의용전기전자

장 세 윤(Se-yoon Jang) [정회원]

- 현 재 : 성부 산업

<관심분야> 의용기계, 제어시스템

김 태 수(Tae-soo Kim) [정회원]

- 현 재 : 한국발명진흥회

<관심분야> 의용기계, 제어시스템

남 규 철(Kyou-cheol Nam) [정회원]

- 현 재 : 한경대학교 기계공학과

<관심분야> 의용메카트로닉스, 의용기계, 제어시스템,

박 원 엽(Won-Yeop Park) [중신회원]



- 1984-1988년 성균관대학교학사
- 1988-1990년 성균관대학교석사
- 1990-1998년 성균관대학교박사
- 2004-현재 한경대학교기계공학과 교수

<관심분야> 의용메카트로닉스, 의용기계, 제어시스템