

# 시물레이션을 이용한 전기 트랙터 주요 부품 배치에 따른 전도각 분석

손진호 · 김영수 · 하유신<sup>†</sup>

## Analysis of Rollover Angle According to Arrangement of Main Parts of Electric Tractor Using Dynamic Simulation

Jin Ho Son · Yeong Su Kim · Yu Shin Ha<sup>†</sup>

### ABSTRACT

In the agricultural sector, power sources are being developed that use alternative energy sources such as electric tractors and hydrogen tractors, away from internal combustion engine tractors. As parts such as engines and transmissions used in conventional internal combustion engine tractors are replaced with motors and batteries, the center of gravity changes, and thus the risk of rollover should be considered. The purpose of this study is to analyze the overturn angle of the main parts of the electric tractor through dynamic simulation to minimize the overturn accident and to derive the optimal arrangement of parts to improve stability. A total of nine dynamics simulations were conducted by designing three components of the PTO motor, drive motor and the battery pack, and three factors of the arrangement method. As a result of the experiment, it was confirmed that Type3 Level3, in which the drive motor and the PTO motor are located at the front and rear of the tractor, and two battery packs are located in the middle of the tractor, has a high rollover angle. As a result of this study, the stability increased as the center of gravity was placed backward and located below. Future research needs to be done to find the optimal location of parts considering their performance and placement efficiency.

**Key words** : Dynamic simulation, Stability, Electric tractor, Rollover

### 요약

농업 분야에서도 내연기관 트랙터에서 벗어나 전기 트랙터 및 수소 트랙터와 같은 대체 에너지를 사용하는 동력원이 개발되고 있다. 기존의 내연기관 트랙터에서 사용되던 엔진 및 변속기와 같은 부품들이 모터와 배터리 등으로 교체되면서 무게중심이 변화하게 되며, 이에 따라 전도 위험성을 새로이 고려해야 한다. 이 연구의 목적은 동역학 시물레이션을 통해 전기 트랙터의 주요 부품 위치별 전도 각도를 분석하여 전도 사고를 최소화하고 안정성을 향상하기 위한 부품 최적의 배치를 도출하는 것이다. PTO 모터, 구동 모터와 배터리 팩의 구성 수준 3가지와 배치 방법 3가지 요인으로 실험 설계하여 총 9가지 동역학 시물레이션을 진행하였다. 실험 결과, 구동 모터와 PTO 모터를 트랙터 앞쪽과 뒤쪽에 각각 위치하고 두 개의 배터리 팩을 트랙터 중간에 위치시킨 Type 3 Level 3가 전도 각도가 높은 것을 확인하였다. 본 연구 결과 무게중심을 뒤쪽으로 배치할수록, 아래에 위치할수록 안정성이 증가하였다. 향후 연구로는 부품의 성능과 배치 효율성을 고려한 부품의 최적 위치를 찾는 연구가 필요하다.

**주요어** : 동역학 시물레이션, 안정성, 전기 트랙터, 전도

\* 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가  
관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20023098).

**Received:** 6 October 2023, **Revised:** 4 December 2023,  
**Accepted:** 12 December 2023

**† Corresponding Author:** Yu Shin Ha  
E-mail: yushin72@knu.ac.kr  
Kyungpook National University & Bio-industrial  
Machinery Engineering

## 1. 서론

기술이 발전함에 따라 기존 내연기관에서 벗어나 차세대 에너지원, 수소와 전기를 향한 산업의 발 빠른 전환이 이루어지고 있다(Faria et al, 2012). 이러한 전환 과정 속에서 현재 농업 기계 분야도 환경에 대한 인식과 지속 가

농한 에너지에 관한 관심이 증가하여 내연기관 트랙터에서 벗어나 전기 및 수소와 같은 대체 에너지를 사용하는 트랙터가 개발되고 있다(Moreda et al, 2016, Zhou et al, 2016, Azwan et al, 2017, Kang et al, 2018). 현재 기존의 내연기관에서 사용되던 엔진 및 변속기와 같은 부품들은 배터리와 모터 등으로 교체되고 있다(Xie et al, 2022). 이러한 변화로 새로운 부품 배치에 따른 트랙터 무게중심의 변화로 인한 안정성 측면에 관한 많은 연구가 요구된다. 트랙터 전도에 관한 연구는 농업 작업 중에 일어날 수 있는 잠재적인 위험 요소로부터 농민들을 보호하고 트랙터의 안정성을 향상하기 위한 중요한 연구 분야이다(Sanderson et al, 2006, Myers et al, 2009, Murphy et al, 2010). 현재까지 내연기관 트랙터의 전도에 관한 연구가 많이 이루어졌지만, 여전히 트랙터 전도 사고는 농기계 사고에서 큰 비중을 차지한다(Reynolds et al, 2000, Day et al, 2004). 미국에서는 트랙터 전도 사고가 농업 분야 사고 중 가장 높은 비율을 차지하고 있고, 이탈리아와 포르투갈에서도 트랙터 사고로 인한 사망자 중 트랙터 전도 사고 비율이 농기계 전체 사고에서 높은 비중을 차지하고 있다(Antunes et al., 2018, Rondelli et al., 2018). 이처럼, 농업 분야에서 전도 사고가 지속적으로 발생하고 있기에 트랙터를 개발하는 과정에서 전도 사고를 예방하기 위한 다양한 요인에 초점을 맞추어 많은 연구가 필요한 실정이다.

트랙터의 부품을 교체하고 전도 분석을 실제 실험하는 것은 시간, 비용 및 노동력 측면에서 어려움이 있기에 동역학 시뮬레이션을 활용하여 어려움을 해결하고자 하였다. 본 연구는 기존 내연기관 트랙터에서 전기 트랙터를 개발하는 과정에서 기존의 부품이 새로운 부품으로 교체될 때 변화되는 무게중심을 계산하여 각 부품의 배치와 트랙터 전도에 미치는 영향을 평가하고, 가장 안정적인 부품 배치를 도출함으로써 향후 전기 트랙터를 개발하는 과정에서 전도 위험성이 낮은 안정적인 전기 트랙터를 개발할 때 도움이 되고자 한다.

## 2. 전도 시뮬레이션 계획 및 실행

### 2.1 트랙터 3D 모델 형상화

실험에 사용된 전기 트랙터 3D 모델은 인벤터(Autodesk Inventor 2023)를 활용하여 제작하였고, 전도각 시험은 만들어진 3D 모델을 이용하여 동역학 시뮬레이션인 Recurdyn (V2023, Function Bay Inc., Republic of Korea)을 활용하였다. 트랙터의 크기는 55kW급 트랙터로 3,800(L)×

2,700(W)× 2,800(H) mm이다(Table 1). 바퀴의 무게는 다음과 같이 설정하였다. 앞바퀴는 11.2-24 규격의 타이어를 사용하였고, 뒷바퀴는 16.9-30 규격의 타이어를 사용하였다. 전체적인 형상은 다음과 같다(Fig. 1). 트랙터 무게 중심(CoG)의 계산은 선행연구를 참조하여 설정하였다(Kim et al., 2016). 시뮬레이션 상에서 엔진이 장착된 내연기관 트랙터 형상에 무게 중심을 설정하고 엔진을 제거 후 전기 트랙터의 각 부품을 배치하여 무게 중심을 도출하였다(Fig. 2).

Table 1. Specifications of the tractor

Parameters	Values
Width (W)	2,700 mm
Length (L)	3,800 mm
Height (H)	2,800 mm
Mass of front wheel	35 kg
Mass of rear wheel	80 kg
Total mass of the tractor	3,000 kg

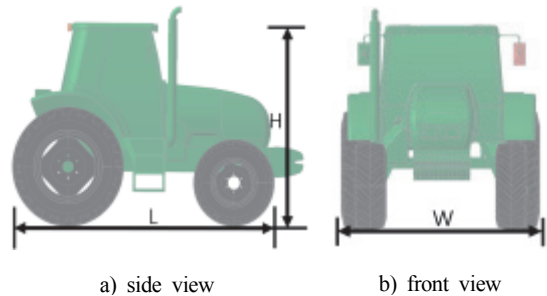


Fig. 1. 3D model of the tractor

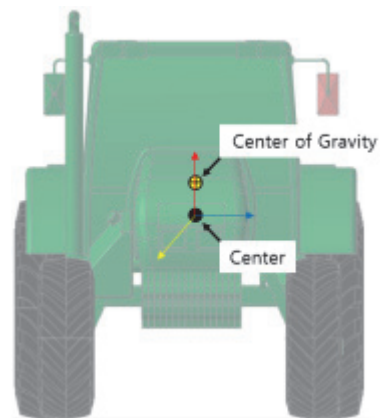


Fig. 2. 3D model of a tractor for Center of Gravity (CoG)

### 2.2 동역학 시뮬레이션 조건 및 방법

부품 배치별 수소 트랙터의 전도 실험을 위해 사용한 동역학 시뮬레이션에 설정한 값들은 다음과 같다(Table 2). 트랙터가 일반 노면에서 전도 실험을 할 때 미끄러지는 것을 방지하기 위하여 동마찰 계수는 1.2로 설정하였으며, 강성 계수와 감쇠 계수는 각각 105, 10으로 설정하여 기존 동역학 시뮬레이션 프로그램을 이용한 횡전도 시뮬레이션 논문을 참고하였다(Jung et al., 2019). 농림축산식품부 농업 기계 검정기준을 보면 국내 트랙터 전도 시험의 경우 기준 무부하 상태에서는 30° 이하에서 전도되지 않아야 하며, 트랙터를 회전하면서 전도 분석을 한 경우 최대 50° 이상까지 전도되지 않았기 때문에 지면을 반시계 방향으로 2 rad/s 속도로 회전하는 것을 고려하여 최대 60°까지 해석이 가능하도록 해석 시간은 30s, 해석 단계는 1,000으로 설정하였다.

**Table 2.** Simulation variable parameters

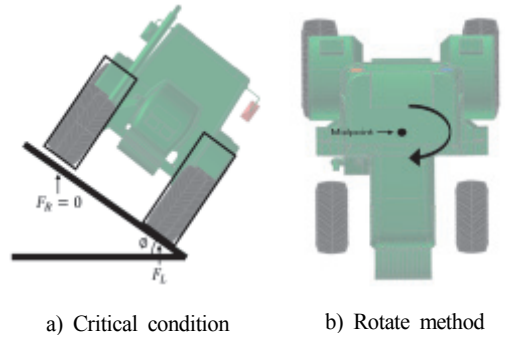
Parameters	Values
Dynamic friction coefficient (동마찰 계수)	1.2
Stiffness coefficient (강성 계수)	105
Damping coefficient (감쇠 계수)	10
Simulation time (해석 시간)	30 s
Simulation steps (해석 단계)	1,000

전도각 시뮬레이션 순서는 다음과 같이 정의할 수 있다(Fig. 3).

1. 트랙터를 지면위에 위치시킨다.
2. Ground는 2rad/s 속도로 반시계방향 회전한다.
3. 전도각은 두 바퀴가 지면과의 접촉력이 0N이 되었을 때로 정의한다.
4. 트랙터의 중심을 기준으로 반시계방향으로 15°씩 회전시키면서 실험을 반복한다.

**Table 3.** Specifications of main parts

	Battery (B)	Half Battery (HB)	Motor (M)	Drive Motor 1 (DM1)	Drive Motor 2 (DM2)	PTO Motor (PM)
Width (mm)	1,000	1,000	400	400	300	400
Height (mm)	600	300	400	400	400	400
Length (mm)	400	200	400	400	30	400
Weight (kg)	500	250	80	70	40	65
Torque (Nm)	-	-	200	185.3	37.7	176
Power (kW)	-	-	62.8	58.4	11.8	55.3



**Fig. 3.** Schematic view of the lateral overturning of the tractor

### 2.3 주요 부품 배치 및 무게 중심 설정

각 부품의 사양은 55kW급 트랙터에 장착되는 사양으로 채택하였다(Table 3). B는 80kWh 사양의 배터리를 사용하였고, HB는 B를 2 등분한 것으로 40kWh 사양의 배터리를 사용하였다. M은 트랙터의 구동과 PTO에 동력을 전달하는 모터로 토크는 200.0 Nm, 파워는 62.8 kW, DM1은 트랙터를 구동하는 모터로 토크는 185.3 Nm, 파워는 58.4 kW, DM2는 트랙터를 구동하는 모터로 토크는 37.7 Nm, 파워는 11.8 kW이다. 마지막으로 PM은 PTO에 동력을 전달하는 모터로 토크는 176.0 Nm, 파워는 55.3 kW로 설정하였다.

Gao 등(2020)이 연구한 기존 트랙터에서 전기 트랙터로 전환 시 부품의 위치를 고려하여 트랙터의 엔진을 교체하고 구동 모터와 배터리 팩의 위치를 조정한 모델을 참고하여 기존 트랙터에 크게 벗어나지 않도록 배치하여 본 연구를 진행하였다(Fig. 4).

배터리 팩, 구동 모터, PTO 모터의 구성에 따라 Type을 3수준으로 나누었고, 자세한 부품 배치에 따라 Level을 3수준으로 나누었다.

Type 1은 구동과 PTO를 연결하는 모터 1개와 배터리 팩을 사용하였다. Type 1 Level 1은 모터를 트랙터 중앙

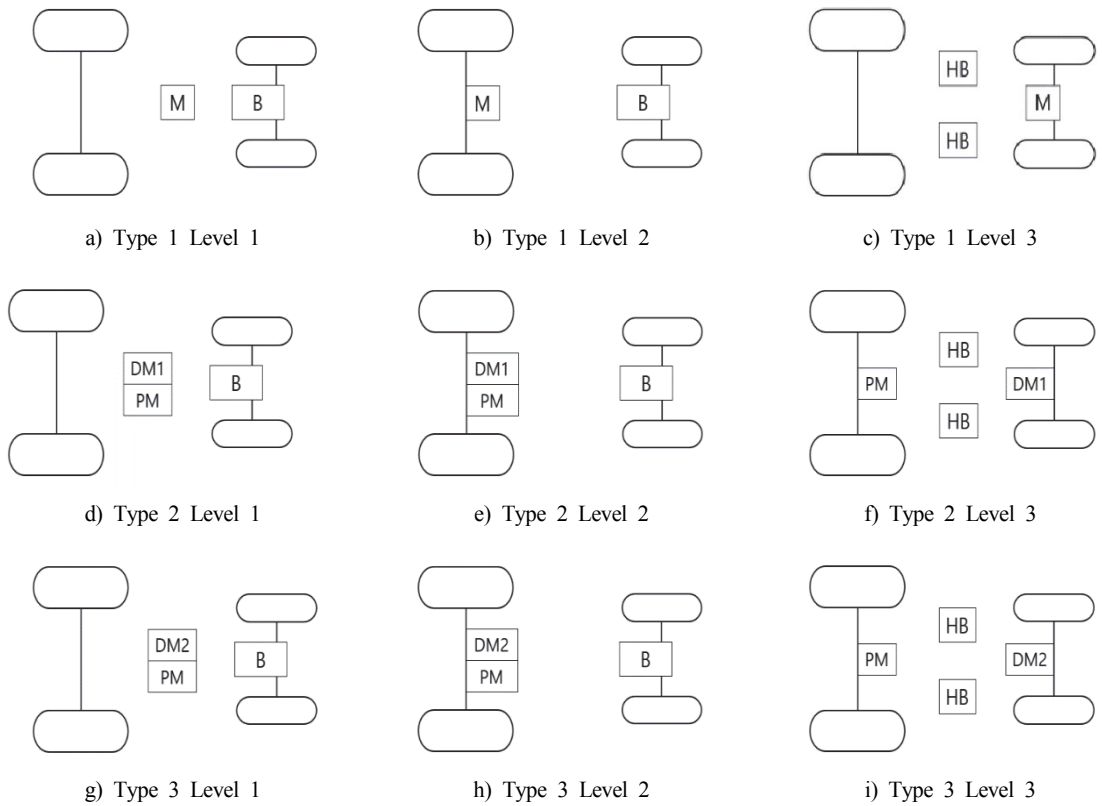


Fig. 4. Electric tractor main parts layout diagram

에 위치시키고 배터리 팩을 전방에 위치시켰다. Type 1 Level 2는 모터를 후방에 위치시키고 배터리 팩을 전방에 위치시켰다. Type 1의 Level 3는 모터를 전방에 위치시키고 배터리 팩을 2개로 나누어 중앙에 위치시켰다. Level 1과 Level 2의 모터와 배터리 팩은 각각 지상으로부터 800 mm, 900 mm로 배치하였으며, Level 3의 모터와 배터리 팩은 각각 지상으로부터 1,100 mm, 700 mm로 배치하였다. 배치 후, Type 1 Level 1의 무게 중심의 높이는 1,473 mm, 전방과 후방의 무게 분포 비율은 49.1:50.9이다. Type 1 Level 2의 무게 중심의 높이는 1,473 mm로 동일하고, 전방과 후방의 무게 분포는 49.8:50.2이다. Type 1 Level 3의 무게 중심의 높이는 1,409 mm, 전방과 후방의 무게 분포는 53.8:46.2로 Type 1에서 무게 중심의 위치는 가장 낮고 후방에 위치한다.

Type 2는 구동 모터 1개, PTO 모터 1개, 배터리 팩을 사용하였다. Type 2 Level 1은 구동 모터와 PTO 모터를 중앙에 위치시키고 배터리 팩을 전방에 위치시켰다. Type 2 Level 2는 구동 모터와 PTO 모터를 후방에 위치시키고

구동 모터를 전방, PTO 모터를 후방에 위치시키고, 배터리 팩을 2개로 나누어 중앙에 위치시켰다. Level 1과 Level 2의 구동 모터 1, PTO 모터, 배터리 팩은 각각 지상으로부터 800 mm, 800 mm, 900 mm로 배치하였으며, Level 3의 구동 모터 1, PTO 모터, 배터리 팩은 각각 지상으로부터 1,200 mm, 1,200 mm, 700 mm로 배치하였다. 배치 후, Type 2 Level 1의 무게 중심의 높이는 1,459 mm, 전방과 후방의 무게 분포 비율은 48.9:51.1이다. Type 2 Level 2의 무게 중심의 높이는 1,459 mm로 동일하고, 전방과 후방의 무게 분포는 50.3:49.7이다. Type 2 Level 3의 무게 중심의 높이는 1,403 mm, 전방과 후방의 무게 분포는 54.4:45.6로 Type 2에서 무게 중심의 위치는 가장 낮고 후방에 위치한다.

Type 3는 구동 모터 1개, PTO 모터 1개, 배터리 팩을 사용하였다. Type 3 Level 1은 구동 모터와 PTO 모터를 중앙에 위치시키고 배터리 팩을 전방에 위치시켰다. Type 3 Level 2는 구동 모터와 PTO 모터를 후방에 위치시키고

고 배터리 팩을 전방에 위치시켰다. Type 3 Level 3는 구동 모터를 전방, PTO 모터를 후방에 위치시키고, 배터리 팩을 2개로 나누어 중앙에 위치시켰다. Level 1과 Level 2의 구동 모터 2, PTO 모터, 배터리 팩은 각각 지상으로부터 800 mm, 800 mm, 900 mm로 배치하였으며, Level 3의 구동 모터 2, PTO 모터, 배터리 팩은 각각 지상으로부터 1,200 mm, 1,200 mm, 700 mm로 배치하였다. 배치 후, Type 3 Level 1의 무게 중심의 높이는 1,465 mm, 전방과 후방의 무게 분포 비율은 49.0:51.0이다. Type 3 Level 2의 무게 중심의 높이는 1,465 mm로 동일하고,

전방과 후방의 무게 분포는 50.0:50.0으로 중앙에 위치한다. Type 3 Level 3의 무게 중심의 높이는 1,406 mm, 전방과 후방의 무게 분포는 54.7:45.3로 Type 3에서 무게 중심의 위치는 가장 낮고 후방에 위치한다.

### 3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

전기 트랙터 전도 시험 결과는 다음과 같다(Fig. 5). 그 래프는 각 Type 별로 나누었고, 각 Level 별로 둥근 점선, 실선 파선으로 구성하였다. 먼저 Type 별로 0°, 90°,

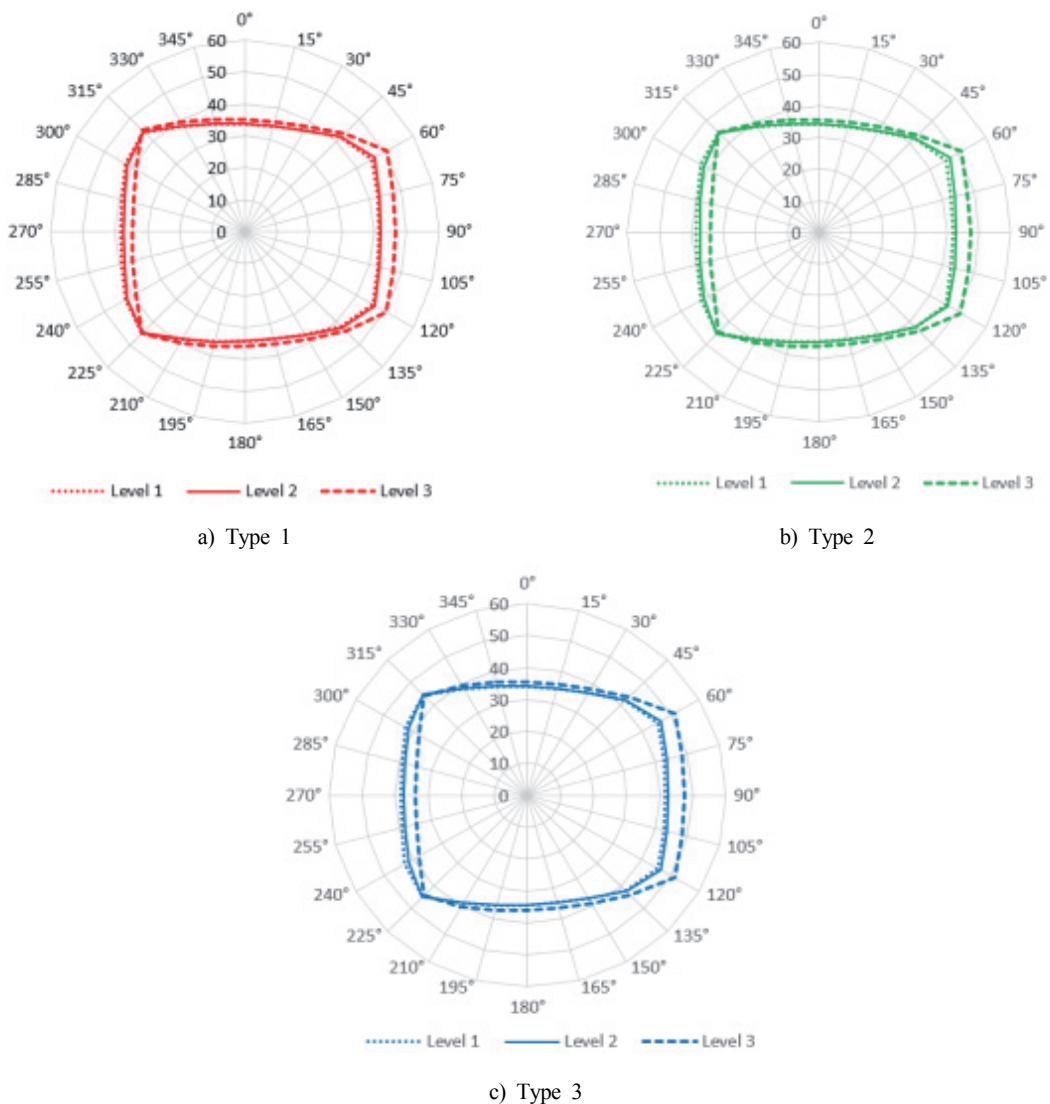


Fig. 5. Comparison of the rollover angle for each Type

180°, 270°를 회전하였을 때 왼쪽 측면, 정면, 오른쪽 측면, 후면의 전도각을 확인하였다.

Type 1은 0°에서 Level 1, Level 2가 33.81°, 90°에서 Level 1이 41.63°, 180°에서 Level 1, Level 2가 34.31°, 270°에서 Level 3가 34.76°로 가장 낮았다.

Type 2는 0°에서 Level 1, Level 2가 34.03°, 90°에서 Level 1이 41.79°, 180°에서 Level 1, Level 2가 34.59°, 270°에서 Level 3가 34.14°로 가장 낮았다.

Type 3는 0°에서 Level 1이 34.03°, 90°에서 Level 1이 41.63°, 180°에서 Level 2가 34.37°, 270°에서 Level 3가 33.86°로 가장 낮았다.

종합적으로 0°에서는 Type 1 Level 1, Level 2가 33.81°로 가장 낮았고, Type 2 Level 3가 35.38°로 가장 높아 전도각은 4.64%의 차이를 보였다. 90°에서는 Type 1 Level 1, Type 3 Level 1이 41.63°로 가장 낮았고, Type 3 Level 3가 47.31°로 가장 높아 전도각은 13.64%의 차이를 보였다. 180°에서는 Type 1 Level 1, Level 2가 34.31°로 가장 낮았고, Type 2 Level 3, Type 3 Level 3가 35.89°로 가장 높아 전도각은 4.61%의 차이를 보였다. 270°에서는 Type 3 Level 3가 33.86°로 가장 낮았고, Type 2 Level 1이 38.64°로 가장 높아 전도각은 14.12%의 차이를 보였다.

모든 Type에서 Level 3가 전도각이 높은 구간이 많았다. 무게중심이 경사 위에 위치할 때는 Level 3가 무게중심이 중심보다 뒤쪽에 있어서 다른 Level보다 안정성이 높았지만, 무게중심이 경사 아래로 위치한 경우 다른 Level에 비해 안정성이 낮았다. Type 3 Level 3가 Type 2 Level 3보다 높은 전도각을 보여주는 구간은 많았지만, 낮은 전도각을 보여주는 구간도 많았기 때문에 안정성은 Type 2 Level 3가 더 높다고 할 수 있다. 전기 트랙터를 전도에 대한 안정성을 고려한다면 주요 부품의 배치는 Type 2 Level 3와 같은 형태로 배치하는 것이 가장 안정적이다.

위의 실험 결과를 고려할 때, 전기 트랙터의 안정성은 부품 배치에 따른 무게 중심 위치에 따라 크게 영향을 받음을 확인할 수 있다. 무게 중심이 뒤쪽으로 위치할수록 경사면에서는 더욱 취약할 수 있는 것을 알 수 있었다. 이러한 경향성은 향후 전기 트랙터의 설계 및 안정성 향상을 위해 무게 중심의 적절한 배치가 중요하다는 것을 시사한다.

앞으로의 연구는 안정성 향상과 동시에 트랙터의 효율적인 운전을 위한 최적의 무게 분포 및 부품 배치에 중점을 두어야 할 것으로 보인다. 이를 통해 농업 분야에서의

농민의 안전과 전기 트랙터의 실용적인 도입을 촉진할 수 있을 것이다.

#### 4. 결론

본 연구를 통해 전기 트랙터의 주요 부품 배치 별 트랙터 전도에 대한 안정성을 평가하였다. 전도각은 트랙터의 안정성을 평가하는 중요한 지표로서, 트랙터 개발 시 고려해야 할 중요한 요소이다. 전도 시험 결과를 종합적으로 분석한 결과, 각 Type 별로 Level 1이 가장 낮은 전도각을 보여주었으며, Level 3가 안정적인 경향을 보였다. 배터리 팩을 두 개로 나누고 중앙에 위치시켜 무게 중심의 높이를 낮추는 것이 안정성 측면에서 유리함을 확인할 수 있었다. 또한, 무게중심을 뒤쪽으로 위치시킬수록 경사 위에서 안정성이 높아지는 경향을 보였지만, 경사 아래쪽에서는 더 취약한 모습을 보였다. 따라서, 무게중심의 적절한 위치 배치와 부품의 최적 배치가 전기 트랙터의 안정성을 향상하는 데 중요한 역할을 할 것으로 판단된다.

하지만 이 연구에서 제시한 부품 배치는 현재 개발 단계에서 제안하는 것으로 실제 트랙터를 제작하는 과정에서는 주요 부품뿐만 아니라 나머지 부품을 추가하는 등 수정이 필요할 것이다.

향후 연구 방향은 전기 트랙터의 안정성만 아니라 부품 배치에 따른 동력 효율성과 성능 측면에서도 고려한 최적의 무게중심 위치 및 부품 배치에 대한 연구가 필요하다. 또한, 개발 과정에서는 실증 연구가 필수적이며, 이러한 연구들이 전기 트랙터의 안정성을 높이면서 효율적으로 운전 가능한 모델을 개발하는 데 기여할 것으로 기대된다.

#### References

Antunes, S.M., Cordeiro, C., Teixeira, H.M., "Analysis of fatal accidents with tractors in the Centre of Portugal: Ten years analysis", *Forensic Science International*. 287, pp.74-80, 2018.

Azwan, M. B., Norasikin, A. L., Sopian, K., Abd Rahim, S., Norman, K., Ramdhan, K., & Solah, D., "Assessment of electric vehicle and photovoltaic integration for oil palm mechanisation practise" *Journal of cleaner production*, 140, pp.1365-1375, 2017.

- Day, L., Rechnitzer, G., & Lough, J., “An Australian experience with tractor rollover protective structure rebate programs: process, impact and outcome evaluation”, *Accident Analysis & Prevention*, 36 (5), pp.861-867, 2004.
- Faria, R., Moura, P., Delgado, J., & De Almeida, A. T. “A sustainability assessment of electric vehicles as a personal mobility system”, *Energy Conversion and Management*, 61, pp.19-30, 2012.
- Gao, H., & Xue, J., “Modeling and economic assessment of electric transformation of agricultural tractors fueled with diesel”, *Sustainable energy technologies and assessments*, 39, 100697, 2020.
- Jung, Y.J., Lim, R.G., Choi, C.H., Kim, Y.J., “Analysis of Overturning Angle for Radish Harvester”, *Korean Society for Agricultural Machinery*, 1(19), pp.458-459, 2019.
- Kang, E., Pratama, P. S., Byun, J., Supeno, D., Chung, S., & Choi, W., “Development of super-capacitor battery charger system based on photovoltaic module for agricultural electric carriers”, *Journal of Biosystems Engineering*, 43(2), pp.94-102, 2018.
- Kim, W.S.; Siddique, M.A.A.; Kim, Y.J.; Jung, Y.J.; Baek, S.M.; Baek, S.Y.; Kim, Y.S.; Lim, R.G. Simulation of the Rollover Angle of a Self-Propelled Radish Harvester for Different Load Conditions. *Appl. Sci*, 2022, 12(21), 10733-10748.
- Moreda, G. P., Muñoz-García, M. A., & Barreiro, P. J. E. C., “High voltage electrification of tractor and agricultural machinery - A review”, *Energy Conversion and Management*, 115, pp.117-131, 2016.
- Murphy, D.J., Myers, J., McKenzie JR, E.A., Cavaletto, R., May, J., Sorensen, J., “Tractors and Rollover Protection in the United States”, *Journal of Agromedicine*. 15(3), pp.249-263, 2010.
- Myers, M.L., Cole, H.P., Westneat, S.C., “Injury severity related to overturn characteristics of tractors”, *Journal of Safety Research*. 40(2), pp.165-170, 2009.
- Reynolds, S. J., & Groves, W., “Effectiveness of roll-over protective structures in reducing farm tractor fatalities”, *American journal of preventive medicine*, 18(4), pp.63-69, 2000.
- Rondelli, V., Casazza, C., & Martelli, R., “Tractor rollover fatalities, analyzing accident scenario”, *Journal of safety research*, 67, pp.99-106, 2018.
- Sanderson, W. T., Madsen, M. D., Rautiainen, R., Kelly, K. M., Zwerling, C., Taylor, C. D., & Merchant, J. A., “Tractor overturn concerns in Iowa: perspectives from the Keokuk county rural health study”. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 12(1), pp.71-81, 2006.
- U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS, *Injuries, Illnesses, and Fatalities, Fatal occupational injuries by industry and event or exposure*, all Unites States, 2021.
- Xie, B., Wang, S., Wu, X., Wen, C., Zhang, S., & Zhao, X., “Design and hardware-in-the-loop test of a coupled drive system for electric tractor”, *Biosystems Engineering*, 216, pp.165-185, 2022.
- Zhou, Z., Ni, Q., & Xu, L., “Design and performance analysis of parallel hybrid electric tractor transmission parameters”, *Journal of Henan University of Science and Technology (Natural Science Edition)*, 37(6), pp.9-15, 2016.



**손진호** (ORCID : <https://orcid.org/0009-0009-9742-8284> / [thsghqkd@knu.ac.kr](mailto:thsghqkd@knu.ac.kr))

2018~ 현재 경북대학교 학석사 연계과정

관심분야 : 시뮬레이션, 최적화, 모델링



**김영수** (ORCID : <https://orcid.org/0000-0001-5153-9469> / [mvio9256@naver.com](mailto:mvio9256@naver.com))

2017 영남이공대학교 공학사

2019 경북대학교 공학석사

2022 경북대학교 공학박사

2023~ 현재 경북대학교 발농업기계개발센터 연구원

관심분야 : 모델링, 최적화, 공정분석



**하유신** (ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-9434-8694> / [yushin72@knu.ac.kr](mailto:yushin72@knu.ac.kr))

1997 경북대학교 농학사

2001 경북대학교 공학석사

2007 경북대학교 공학박사

2013~ 현재 경북대학교 생물산업기계공학전공 교수

관심분야 : 공정분석, 최적화, 모델링