

소형 임내 작업 차량의 안정성 평가

Stability Evaluation of Small Loaded Mini-Forwarder

심성보* 김경욱*
S. B. Shim K. U. Kim

1. 서론

임내 작업 차량은 험준한 지형에서 작업하는 시간이 많기 때문에 일반 차량보다 안정성이 중요하다. 또한, 목재를 적재하지 않고 주행하는 경우가 많기 때문에 공차시의 안정성은 더욱 중요하다고 하겠다. 목재를 후면에 적재하는 방식은 공차시 전방에 무게중심이 많이 쏠려있기 때문에 안정성의 문제가 제기되었다. 궤도의 길이를 증가시켜 안정성을 증가시킬 수는 있으나 많은 비용이 소요되기 때문에 현실적으로 어렵다(박해권 등, 2005). 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 적재 방식을 측면적재로 바꾸어야 한다. 측면 적재에서 고려해야 할 사항은 공차시와 목재 적재시 모두 안정적이어야 한다는 것이다. 이를 위해서는 무게 중심이 차량의 중앙에 오도록 하여야 한다. 측면 적재는 한 쪽에는 목재가 다른 한 쪽에는 엔진과 원치 등의 부품들이 배치되어 있어 무게 중심이 중앙에 위치 하기 때문에 안정성을 증가 시키는데 효과적이라고 할 수 있다.

본 연구는 박해권 등(2005)의 후속 연구로써, 현재 국내에서 개발되고 있는 소형 임내 작업 차량의 안정성을 평가하기 위하여 시도되었으며 측면 적재 방식의 시작기를 기본으로 시뮬레이션 모델을 개발하고, 시뮬레이션을 통하여 동적으로 안정성이 높은 차량을 개발하는데 있다. 또한, 이를 이용하여 임내차 시작기의 안전 주행 영역을 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 소형 임내차

본 연구에서 연구 대상으로 한 임내 작업 차량 시작기의 구조는 그림 1과 같다. 작업은 주로 1인이 할 수 있으며 2m 이하의 좁은 노면을 주행할 수 있는 궤도형 차량이다. 표 1에 서와 같이 기관의 최대 출력은 19.1마력이고 차량의 총 중량은 825kg이다. 궤도 시스템은 일반적인 저속용 궤도 시스템으로서 스프라켓의 열 수가 한 줄이다. 그림 1에서와 같이 궤도 차량은 트랙부(Track)와 샤시부(Chassis)로 구성되어 있다. 샤시부에는 엔진, 원치, 변속장치 등이 장착되어 있고, 원목을 적재할 수 있는 적재함이 있다.

* 서울대학교 바이오시스템공학전공

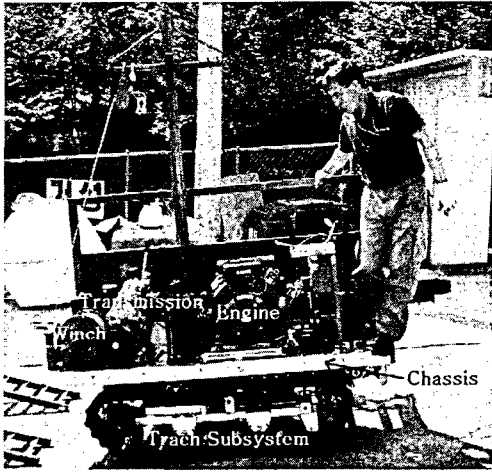


Fig.1 A view of mini-forwarder under study.

Table 1 Specifications of small loaded mini-forwarder.

Components	Specifications
Overall size	2,210 (2,345) × 1,453 × 2,265
Engine	Air-cooled, Double cylinder Gasoline Engine Ps/rpm : 15.0/3,200 - 19.1/3,600
Weight	8,090 N
Running Gear	Crawler Type Min. turning radius : 1.4m
Winch	Max. Pull speed : 80m/min

나. 임내차의 동적 모형

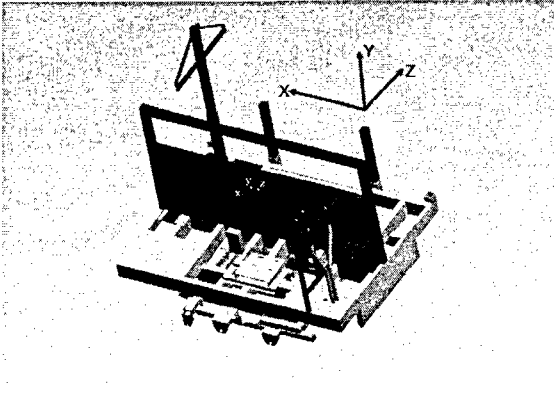
시작기의 동적 모형은 크게 차체부, 궤도부, 엔진부, 윈치부, 변속부로 구분하고 각 부분을 모형화한 후 이를 결합하는 방법으로 개발하였다. 좌우 궤도부는 46개의 궤도 링크, 6개의 로드 휠, 1개의 지지 롤러, 1개의 스포로킷으로 구성하였다. 각 모형은 설계 도면을 이용하여 실물의 형상대로 작성하였으며, 모형화를 위한 프로그램은 Solid Edge V8.0(UGS, 2000)을 이용하였다. 모형에 사용된 강재는 7800 kg/m^3 으로 하였다. 그림 2와 3은 각각 위의 방법으로 개발한 차체부, 궤도부, 엔진부, 윈치부, 변속부의 모형과 이를 결합한 임내차의 모형을 나타낸 것이다.

다. 구성 부분의 모형 검증

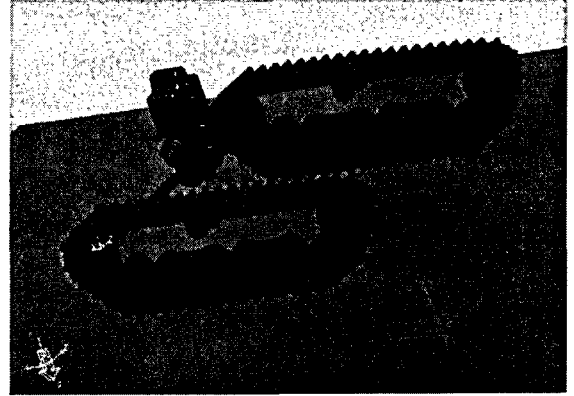
표 2는 임내차를 구성하는 각 부분에 대한 실제 중량과 모형으로 예측한 중량을 비교하여 나타낸 것이다. 모형의 %오차 범위는 윈치 변속기 부분에서 가장 크게 나타났으나 모형의 유효성을 인정하는데 무리가 없는 것으로 판단된다.

Table 2 Comparison of component weights.

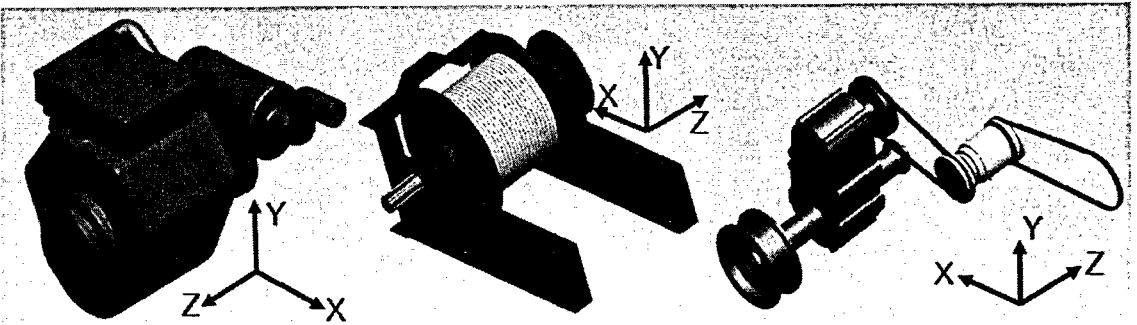
Component	Proto-type	Model	% Error
Winch (N)	363.95	363.97	0.005%
Track (N)	1638.3	1616.1	1.36%
Engine (N)	388.5	386.3	0.57%
T/M (N)	384.6	405.5	5.43%
Total (N)	8093.3	8096.8	0.04%



(a) Chassis



(b) Track



(c) Engine

(d) Winch

(e) Transmission

Fig. 2 Solid models of mini-forwarder components.

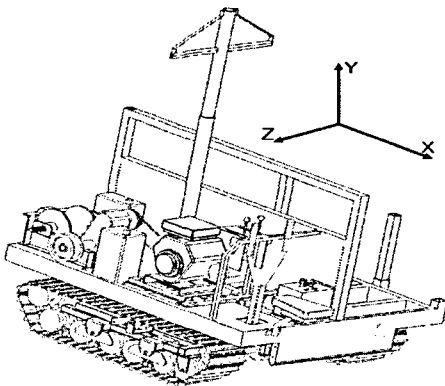


Fig. 3 Solid model of mini-forwarder assembly.

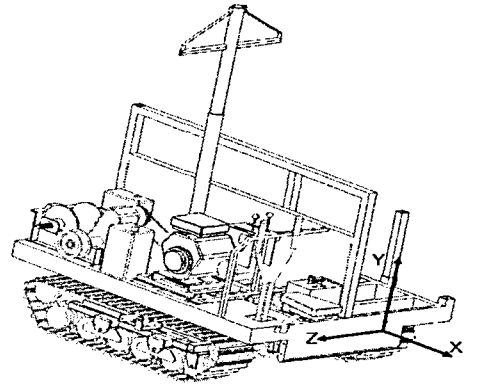


Fig. 4 Coordinate system of loaded mini-forwarder for determination of mass center.

라. 시뮬레이션

모형을 이용하여 시작기가 80mm 높이의 원형 범퍼를 통과할 때 전도에 대한 안정성을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션은 상용화된 프로그램 RecurDyn 6.0(Functionbay, 2005)을 이용하였다.

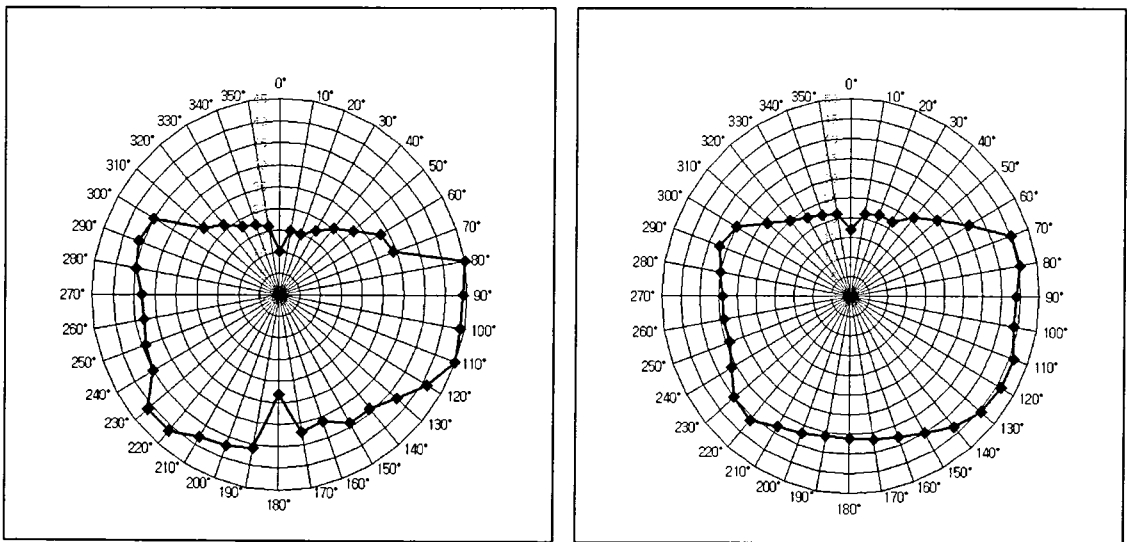
3. 결과 및 분석

임내차 시작기의 안전 영역을 구하기 위하여 0° 를 기준으로 10° 간격으로 주행 시뮬레이션을 실시하였다. 각 주행방향에 대한 범프의 위치는 차량의 진행 방향과 90° 가 되도록 고정하여 동일한 조건을 유지하였다. 그림 5에서 방사 방향은 임내 작업 차량의 주행 방향을 나타내며, 동심원의 크기는 지면의 경사도를 나타낸다. 각 주행 방향에서 임내차 시작기가 전도되는 지면의 기울기를 구하였다. 횡전도 한계 경사각을 연결한 내부 영역은 횡전도가 일어나지 않는 안정 역역이 되며, 외부 영역은 횡전도가 일어날 가능성이 있는 불안정 역역이 된다.

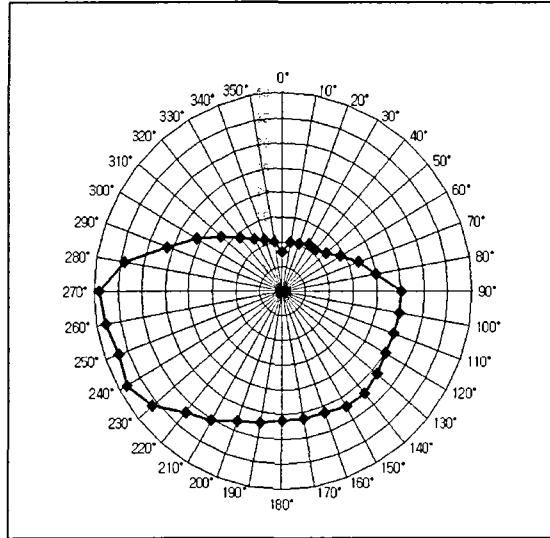
본 연구에서 임내차 시작기 모형의 안전영역을 세 가지 조건에서 구하였다. 조건은 다음과 같다.

- 1) 범프와 지면이 모두 토양이고, 공차일 때
- 2) 범프와 지면이 모두 토양이고, 3,6m 목재를 4단 적재 했을 때
- 3) 범프는 강체, 지면은 토양이고, 공차일 때

그림 5는 측면적재 방식의 임내차 시작기의 측면 전도에 대한 안전 영역을 나타낸다. (a)는 목재를 적재하지 않은 차량이 사양토 지면의 경사 방향에 있는 강체 범퍼를 통과할 때의 안전 영역이고, (b)는 목재를 적재하지 않은 차량이 사양토 지면의 경사 방향에 있는



(a) A rigid body bumper, the soil ground. (b) A soil bumper, the soil ground and the unloaded situation.



(c) A soil bumper, the soil ground and the wooden loads of 360cm.

Fig. 5 Safe region of side-loaded mini-forwarder against sideways overturning.

토양으로 된 범퍼를 통과할 때의 안전 영역이며, (c)는 360cm의 장재를 4단 적재한 상태에서 사양토 지면의 경사 방향에 있는 토양으로 된 범퍼를 통과할 때의 안전 영역을 나타낸다. 목재를 적재하지 않은 상태에서는 0°와 180°에서 강체 범퍼를 통과할 때가 토양으로 된 범퍼를 통과할 때보다 작은 경사에서 전도되는 것으로 나타났다. 또한 목재를 적재했을 때에는 무게중심이 적재함 쪽으로 쏠리기 때문에 90°영역에서보다 270°영역에서 큰 경사에서 전도되는 것으로 나타났다. 박해권 등(2005)의 연구에서 보면 후면 적재 방식의 임내차 시작기는 전방부에 무게중심이 쏠리기 때문에 공차 상태로 주행했을 때와 길이가 1.8m 이상인 인 목재를 적재한 후 주행 했을 때 안정성에 문제가 있었으나 측면 적재 방식의 임내차 시작기는 공차 상태로 주행했을 때와 3.6m의 장재를 적재 한 후 주행 했을 때 모두 대부분의 주행 방향에서 안전 영역이 25° 이상이었다.

임내차의 주행 속도, 목재 적재 상태, 범퍼의 형태 등에 따라서 전도각이 달라지기 때문에 여러 조건에서 안전 영역을 구해야 한다. 하지만 임내차가 임내에서 보편적으로 주행하는 속도인 1.8km/h를 주행 속도로 하여, 길이 3.6m인 목재를 4단 적재했을 경우와 공차로 주행할 경우 두 가지로 안전 영역을 제시하였다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 측면 적재 방식인 임내차 시작기의 적재 상태와 범퍼의 상태에 따른 차량의 안정성을 분석하였고 차량의 횡 진도에 대한 안전 영역을 제시하였다.

본 연구의 주요 결론은 다음과 같다.

1. 개발중인 측면 적재 방식의 임내차 시작기는 후면 적재 방식의 임내차 시작기보다 안정성이 향상되었고 공차 주행시와 길이가 3.6m인 목재를 4단으로 적재할 때에도 대부분의 주행 방향에서의 안전 영역이 25° 이상이었다.
2. 다물체 동력학 프로그램인 RecurDyn을 이용하여 개발중인 임내차 시작기에 대한 안전 영역을 제시 하였다.

5. 참고 문헌

1. 김경욱. 1999. 농업용 트랙터의 안정성 분석 최종 보고서. 서울대학교 대학원 농공학과.
2. 박해권 외. 2005. 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 소형 임내차 시작기의 장애물 통과 및 적재 안정성 평가. 한국농업기계학회지. 30(6).
3. 박현기. 2002. 다물체 동력학 해석 프로그램을 이용한 포워더의 횡진도 분석. 한국농업기계학회지. 27(3).
4. Bando, K., Yoshida, K., and Hori, K. 1991. The Development of the rubber track for small size bulldozers. International off-Highway Powerplants Congress and Exposition, Milwaukee, WI, Sept. 9-12.
5. Choi, J. H. 1996. Use of recursive and approximation methods for dynamic analysis of spatial tracked vehicles. Ph. D. Thesis, University of Illinois at Chicago, USA.