

무한궤도 로봇의 등판 해석에 관한 연구

A study on the Climbing Analysis of Tracked Robot.

*이상호¹, #한창수², 고진석³, 정연하⁴, 신현수⁵, 김창준⁶, 이승열⁷

*S. H. Lee¹, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)², J. S. Ko³, Y. H. Jung⁴, H. S. Shin⁵, C. J. Kim⁶, S. Y. Lee⁷

¹한양대학교 메카트로닉스공학과, 인펠스(주), ²한양대학교 기계공학과, ³한양대학교 기계공학부, ⁴한양대학교 기계공학부, ⁵한양대학교 기계공학과, ⁶한양대학교 기계공학과, ⁷한양대학교 기계공학과

Key words : Analysis, Ansys, Climbing, RecurDyn, Tracked Vehicle

1. 서론

최근 적지에서 경찰 수색을 위한 군용 로봇, 화재 및 지진 등의 재난 현장에서의 인명 탐색 로봇, 건물과 공장의 청소 로봇, 오염지역 조사 로봇, 위험물 취급 로봇 등 로봇에 대한 관심이 고조되면서 높은 주행 성능을 가질 수 있는 이동 로봇들이 계속 개발되고 있다.¹⁾

본 연구는 험지 주行的 능력이 우수하며 특히, 어느 분야에서든 주행 로봇이 사용되기 위해서는 공통적으로 이동할 수 있는 구조적인 기능을 기본적으로 갖추어야 하며²⁾, 여러 목적에 사용하기 위해 각각의 목적에 맞는 모듈(module)을 장착할 수 있고, 장착된 모듈과 함께 야지를 쉽게 이동하고 그 일을 수행할 수 있는 후륜이 작은 형태의 무한궤도 로봇을 제안하고 RecurDyn을 이용하여 해석 모델(model)을 비교·검증하는 내용을 다루고 있다.

RecurDyn은 기계시스템의 모델링(modeling)과 시뮬레이션(simulation)을 하는 3 차원 해석이 가능한 역학분야의 시뮬레이션 프로그램으로서 3 차원의 기계적인 형상을 설계하고 물성을 입력하면 부하 토크(torque), 등가관성계수, 마찰계수를 출력할 수 있어 기계시스템 모델의 파라미터(parameter)를 쉽게 구할 수 있다.³⁾ 또한, Ansys최적화 프로그램으로 궤도의 회전하는 형상을 나타내는 설계변수, 만족시키고자 하는 성능을 제한하는 제한조건, 최소화하고자 하는 목적함수를 지정하고⁴⁾ 반복계산의 실행을 통하여 구동륜에 장착되는 궤도에 대한 유한요소해석 결과를 도출하고 이를 비교·검토하였다.

2. 궤도 로봇의 등판 시뮬레이션

Fig.1 은 제안한 로봇의 형상을 나타내고 있으며 지게차의 차륜 형태와 같이 후륜이 작은 무한궤도 로봇이다. 제원은 전륜의 반지름은 100mm 이고, 후륜의 반지름은 70mm, 로봇의 가로는 330mm 이고, 세로는 600mm, 모듈을 제외한 총 무게는 27Kg 이다.

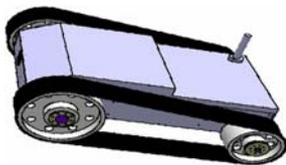


Fig. 1 Schematic view of the racked robot

평탄한 경사지형에서 궤도와 지면과의 마찰계수를 μ , 수직항력을 N 이라 할 때, 무한궤도가 올라갈 수 있는 경사지형의 경사는 다음과 같다.

$$\tan \theta_2 \leq \mu \quad (1)$$

여기에서, 마찰력 $F' = \mu N$ 이다.

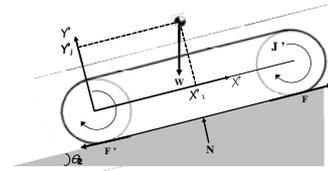


Fig. 2 Climbing of tracked robot on the slope

Fig.2 는 제안한 무한 궤도 로봇을 RecurDyn 프로그램으로 구동 상황을 나타내었다.

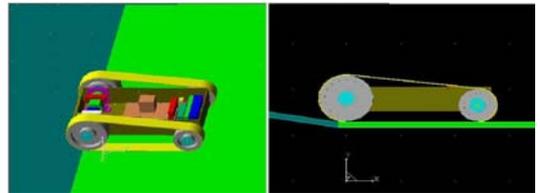


Fig. 2 Tracked robot model by using RecurDyn

무한궤도 로봇의 속도는 11.3Km/h, 경사각 30° 일 때 차륜의 크기가 모두 같은 모델과 제안한 로봇에 대하여 해석을 하였다. 선정된 모델의 무게는 31Kg이고, 제안한 로봇의 무게는 27Kg이다. 여기에서 두 모델의 후륜 크기가 다르므로 로봇의 무게 차이가 있다.

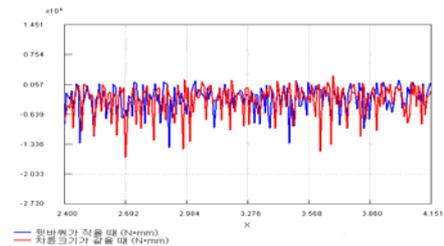


Fig. 3 Driving Torque of 2 models by using RecurDyn

정지 마찰계수와 운동 마찰계수는 일반적으로 적용하는 0.9, 0.7 로 각각 선정하였다. 무한궤도 로봇의 구동시간 8 초 동안에 600 번 결과를 추출하도록 하였다. Fig .3 은 평지에서 2.4 초~ 4.1 초 사이에 주행하는 두 모델의 드라이빙 토크(driving torque) 결과를 나타내는 그래프이다.

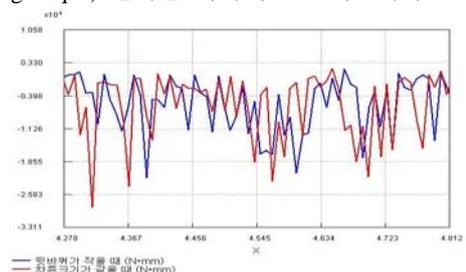


Fig. 4 Climbing Torque of 2 models by using RecurDyn

Fig. 4 는 경사에서 주행하는 두 모델의 드라이빙 토크 결과를 자세히 보기 위해 4.2 초 ~ 4.8 초 사이를 확대하여 나타내는 그래프이다.

Fig. 3 과 Fig. 4 는 속도에 대한 무한궤도 로봇에서 발생하는 토크를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 두 모델의 발생 토크가 유사하지만 경사가 없는 평지를 주행을 나타내는 그래프와 경사 위 주행을 나타내는 그래프에서 피크(peak)점 값이 차를이 모두 같은 모델이 훨씬 크게 발생함을 알 수 있다. 그래프 상에서 토크 값이 잡음과 비슷하게 진동을 하고 있는데, 그 이유는 RecurDyn 모드에서 스무스 콘택(smooth contact) 조건을 설정하지 않아 발생하는 것으로 추측된다.

무한궤도 로봇의 구동륜의 회전 사이클(cycle) 중 가장 가혹한 경계조건이 작용하는 부분에 대하여 해석을 수행함으로써 궤도의 스트레스(stress)를 추정할 수 있다. 또한, 차륜의 전륜과 후륜을 같은 형태를 설정하여 이를 기준 모델과 비교함으로써 궤도의 요소 변화에 따른 스트레스를 해석하였다. Ansys 를 이용하여 궤도 회전에 따른 유한 요소 해석을 수행하였고 해석에 사용된 전륜과 궤도의 재질은 Table 1 과 같으며, 구동륜의 토크는 0.06 Nm 으로 설정 하였다.

Table 1 Material Properties

	Material	Young's Modulus E	Poisson's Ratio
Wheel	Aluminum	72 GPa	0.33
Belt Pulley	Urethane	4.413 Mpa	0.49

좌측의 구동륜이 시계 반대방향으로 회전할 경우 Fig.5 의 해석 결과로부터 구동륜 수직방향의 궤도와 닿는 부분의 궤도에서 가장 큰 스트레스가 일어남을 알 수 있다. 이는 구동륜이 회전할 때 구동륜 중심에서 수직의 치수 부분이 궤도를 회전시키기 위한 회전력이 가장 크게 발생하는 부분으로 판단된다.

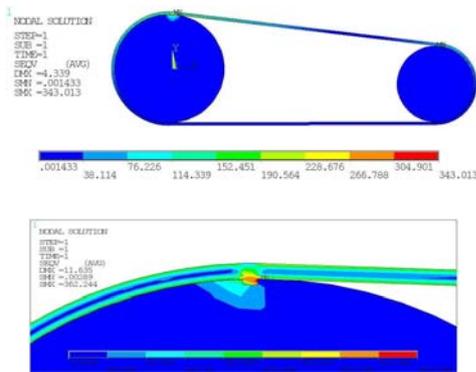


Fig. 5 Analytic result of rear wheel(R:70mm)

Fig.6 에서는 전륜 반지름 100mm 와 후륜 반지름 100mm 를 선정하여 해석한 궤도 스트레스 결과를 나타내었다.

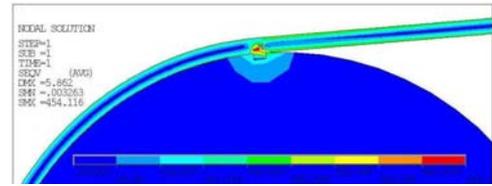
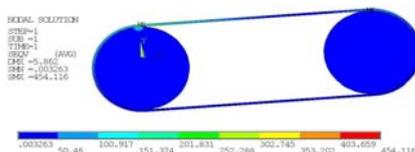


Fig. 6 Analytic result of rear wheel(R:100mm)

위와 같은 두 모델을 선정하여 궤도의 스트레스해석 결과를 Table 2 에 나타내었다. 결과를 보면 후륜이 클 때 구동륜의 치수에 닿는 궤도 스트레스는 111.103Mps 만큼 증가됨을 알 수 있다.

Table 2 Results of Ansys

Front Wheel (mm)	Rear Wheel (mm)	Max Stress (Mpa)
100	100	454.116
100	70	343.013

3. 결론

본 연구에서는 험지 주행을 위한 후륜이 작은 무한궤도 로봇을 제안하였다. 일반적인 형태의 무한궤도 로봇에 대해 Recurdyn 프로그램으로 해석하여 복잡한 모델링 및 계산 과정이 없이 쉽게 구동 모터의 드라이빙 토크에 대해 결과값을 알 수 있었다. 또한, Ansys 프로그램을 이용하여 구동륜에 의해 회전 되어지는 궤도의 스트레스를 예측 할 수 있었다. 전륜의 크기에 비해 후륜의 크기만을 작게 하여 무게를 줄임으로써 로봇의 소비 에너지를 줄이고 구동륜 즉, 전륜의 궤도 스트레스를 감소 시킬 수 있다. 이와 같은 결과는 무한 궤도 로봇의 설계와 제작 시에 적용하여 발생하는 기계적인 오차 및 에러를 감소시켜 보다 안정된 성능을 제시할 수 있다.

향후 로봇을 제작하고 실험을 통하여 장애물 및 경사지형 등반 등 각각의 실험을 통한 분석과 시뮬레이션의 검증이 요구된다. 이렇게, 동역학 해석 프로그램과 유한요소 해석 프로그램을 활용할 경우 다양한 조건에서의 시뮬레이션에 대한 데이터를 제공을 함으로써 설계자에게 보다 다양한 정보 제공이 가능하여 시뮬레이션 기반의 설계시스템의 수준을 향상 시키는 역할을 할 수 있다.

참고문헌

1. 정경민, 신호철, 정승호, 김승호 "수동형 관절을 가진 이동 메커니즘의 험지주행 능력에 대한 고찰", 지상무기체계 발전 세미나, 13, 1, 2006
2. Kim, U. C., Kim, J. C., Shin, B. S., 1993, "Effects of Initial Track Tension on the ground Pressure Distribution of Tracked Vehicles.", *Conf. of the KSAE*, No. 933923, pp. 342~348
3. 2005, "RecurDyn v6.21 Basic Training Guide" *Functionbay*
4. Tae Sung S&E Inc., 2002, "Selected Problem for Ansys Users.", Kyerim,