

탄약운반장갑차 궤도장력 변화에 따른 최대속도 영향성 연구

노상완*, 김성훈, 박영민
국방기술품질원

A Study on the Influence of Maximum Velocity on Track Tension Change to Military Ammunition Vehicle

Sang Wan Noh*, Sung Hoon Kim, Young Min Park
Defense Agency for Technology and Quality

요약 본 연구는 탄약운반장갑차의 동력장치 부품들이 최대속도에 미치는 영향성 확인을 목표로 하고 있다. 탄운차는 습지나 수렁 등이 많은 국내 상황을 고려하여 궤도장비로 개발되었다. 궤도장비의 기동성은 전투 중 생존 가능성을 높여 주는 중요한 성능이다. 장비의 최대속도에 영향을 끼치는 요소를 먼저 분석하였고, 그 중 동력전달장치 부품들의 변화에 따른 영향성을 확인하였다. 엔진과 변속기의 변화에 따른 최대속도는 각각 3%, 1.7%의 차이를 나타냈다. 간단히 유압유 주입/배출을 통하여 조절 할 수 있는 궤도장력의 변화에 따른 최대속도 영향성을 확인하였다. 궤도장력 중간을 기준으로 장력이 강한 경우 4.6% 낮아졌고, 장력이 약한 경우 1.5% 상승하는 결과를 얻었다. 궤도장력을 6구간으로 나누어 최대 속도를 확인한 결과 궤도장력이 중간 이하로 유지되는 경우의 최대속도가 가장 큰 것을 확인 할 수 있었다. 장비 양측 궤도장력을 다르게 조절하여 실험한 결과 장비의 최대속도는 장력이 큰 부분의 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 주행 전용 시험장에서 장력을 조정하여 최대속도 실험을 진행하였다. 실험결과 장력이 강한 경우 규격요구보다 16.7% 높은 속도를 내었고, 장력이 약한 경우 28.3% 높은 속도를 나타냈다. 궤도장력의 변화에 따라 최대속도의 영향성을 확인하였고, 고액의 부품을 교체하는 것 보다 큰 효과를 나타내는 것을 확인하였다.

Abstract This study aimed to identify the influence of the power components of the ammunition vehicle on the maximum speed. The maximum speeds of the engine and transmission changes were 3% and 1.7%, respectively. In the case of strong tension based on the track tension, the decrease was 4.6%. A 1.5% increase was obtained when the tension was weak. An examination of the maximum speed by dividing the track tension into six sections revealed the maximum speed to be highest when it was maintained below the middle. Experiments were performed by varying the orbital tension on both sides of the equipment. The maximum speed of the machine was affected by a large part of the tension. The maximum speed test was conducted by adjusting the tension at the driving test site. The results showed that when the tension was strong, the speed was 16.7% higher than the standard requirement. The speed was 28.3% at low tension. The influence of the maximum speed on the track tension was confirmed; the effect was greater than replacing the large parts.

Keywords : Track Tension, Maximum Speed, Engine, Transmission, Ammunition Vehicle

*Corresponding Author : Sang-Wan Noh(Defense Agency for Technology and Quality)

email: noh0821@dtqaq.re.kr

Received March 16, 2020

Accepted June 5, 2020

Revised April 10, 2020

Published June 30, 2020

1. 서론

탄약운반장갑차(이하 탄운차)는 탄 및 장약의 보급을 위해 기존 군용 트럭의 단점인 야지 기동성과 생존성을 향상시키고, 탄약/장약의 자동화된 탑재를 위한 군 전용 장비로서 지주포와 패키지화하여 군에 전력화 하고 있다[1~3].

탄운차는 습지나 수렁 등이 많은 국내 야전상황을 고려하여 기동화력장비와 마찬가지로 궤도를 적용하여 개발되었다. 궤도는 장비의 기동과 안전에 있어 중요한 역할을 한다. 궤도차량은 현수장치에 적용된 궤도장력을 조절하여 동력손실을 최소화 하고 차량의 최대속도를 얻을 수 있다. 이는 장비에 기동성에 영향을 주는 큰 요인 중에 하나이다.

궤도장비의 기동성은 전투 중 생존 가능성을 높여주는 중요한 인자이고, 현재까지 궤도장비 최대속도에 관한 연구는 없는 실정이다. 이전까지는 노면과 궤도장력에 대한 연구, 주행 시 궤도장력의 변화 등이 연구 되어 왔다 [4~7]. 따라서 본 연구에서는 장비의 최고속도에 대한 영향을 줄 수 있는 부품들에 변화를 주어 영향성을 확인하였고, 이 중 궤도장력에 대한 영향이 가장 크다는 점을 확인 할 수 있었다. 또한, 궤도장력을 운용 하한치부터 상한치까지 조절하여 최대속도에 대한 영향성을 확인하였다. 그리고 장비의 최대속도를 확인하기 위하여 주행로 거리가 1000m인 주행 전용 시험장과 500m인 자체 시험장에서 각각 실험하여 궤도장력 최적상태에서 장비의 최대속도를 확인 할 수 있었다.

2. 현수장치 구조 및 궤도장력 영향

2.1 현수장치 기능 및 형상

Fig. 1은 궤도장비의 동력전달 구조를 나타내었다. 우선 엔진과 변속기를 통합한 파워팩으로 부터 동력을 생성하고, 해당 동력은 유니버설조인트와 종감속기 기동륜(Sprocket Wheel) 순으로 전달되었고, 기동륜과 연결된 궤도조립체(Track Shoe Assembly)가 같이 회전을 하면서 궤도차량 전체의 기동을 책임진다.

현수장치는 Fig. 2와 같이 궤도조립체와 맞물려 장비를 움직이는 기동륜 1개, 지면과의 충격을 흡수 하는 6개의 보기륜(Road Wheel), 궤도조립체의 이탈을 막아주는 3개의 지지롤러(Return Roller), 차량의 궤도장력과 직접적인 영향이 있는 1개의 유동륜(Idier)로 이루어져 있고, 이는 차량의 좌측 우측 동일하게 구성되어 있다.

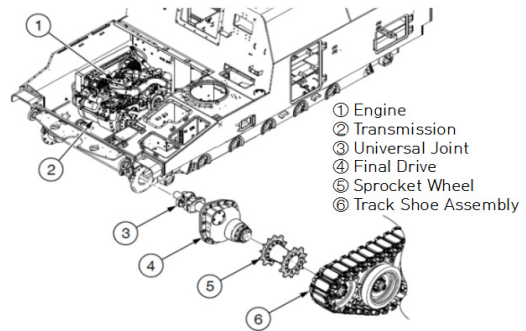


Fig. 1. Power transmission mechanism

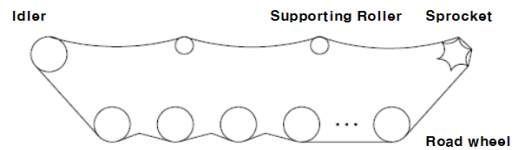


Fig. 2. Geometry of suspension system

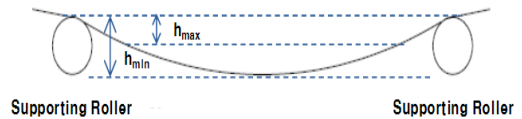


Fig. 3. Track tension structure

2.2 궤도장력에 따른 현수장치 영향

가운데를 포함한 2개의 지지롤러 사이 궤도 처짐량 h 를 궤도장력이라 한다. 궤도장력은 유동륜과 연결된 장도 조절 장치 내부에 유압유를 주입 및 배출을 통하여 조절한다. 장비 규격에서 요구하는 궤도장력의 하한 h_{min} 는 상한 h_{max} 의 2배이다. 따라서 본 논문에서는 궤도장력 h 의 범위는 1~2로 무차원화 하여 진행하였다.

궤도장력은 마치 고무줄을 늘이고 줄이는 것과 같다. Fig. 3(a)는 장력 조절을 규격 범위 내에 관리하였을 경우 이고, (b)는 궤도장력 h 를 하한치 보다 더 낮게 관리하였을 경우이다. 유압유를 많이 주입하여 궤도를 팽팽하게 할 경우 기동륜, 유동륜 등 현수장치 전체에 많은 힘을 발생시켜 신뢰성 저하를 야기 할 수 있다. 반대로 유압유를 너무 적게 주입 할 경우 궤도가 처지게 되어 기동륜과 연결이 불안정 하게 된다. 특히 궤도장비의 조향은 양쪽의 궤도 속도 차이를 이용하기 때문에 궤도조립체의 분리, 주행 불가 등 사고를 야기 할 수 있다.



Fig. 4. Influence of tension between sprocket and track

3. 최대속도 영향성 분석

3.1 최대속도 영향 인자 분석

탄운차의 최대속도는 인적요소(조종수의 숙련도)와 장비요소(구성부품)로 크게 2가지로 구분 할 수 있다. 본 논문에서 진행한 실험에서 신뢰성 있는 데이터를 얻기 위하여 탄운차 조종 경력 7년 이상의 베테랑 2명이 모든 실험에서 주행하여 인적요소 변수를 최대한 줄였다.

장비요소로는 동력 발생 및 전달 구조를 직접적인 요인으로 선정하였다. Fig. 5를 통하여 동력전달 구조에서 확인 할 수 있다. 엔진과 변속기를 통한 동력출력이 유니버설조인트와 종감속기에 전달되고 변속기의 회전을 종감속기가 토크를 감속/증대 시킨다. 종감속기 출력축과 조립되어 있는 기동륜이 같이 회전하여 궤도를 움직이게 한다. 이때 궤도 장력에 따라서 현수장치에 걸리는 부하가 결정되고 부하의 정도가 속도에 영향을 준다.

Table 1 과 같이 외형 치수만 규제되어 있고 변동 인자가 없이 단순 동력 전달만 하는 품목인 유니버설조인트, 종감속기, 기동륜은 장비의 최대속도에 영향성이 거의 없다고 볼 수 있다. 반면에 엔진, 변속기, 궤도장력의 경우 엔진의 출력, 변속시간 조절, 궤도장력 조절과 같이 일부 성능 조절이 가능하기 때문에 최대속도에 큰 영향을 줄 수 있는 부품으로 추려 볼 수 있다.

따라서 본 논문에서는 고액의 부품인 엔진, 변속기의 변동에 따른 영향과 유압 조절을 통한 궤도장력 조절을 통한 최대속도의 영향을 분석하였다.

Table 1. Influence of parts on maximum speed

	Influence	Factor
Engine	O	Component
Transmission	O	
Universal Joint	X	
Final Drive	X	
Sprocket Wheel	X	
Track Tension	O	
Driver	O	Human

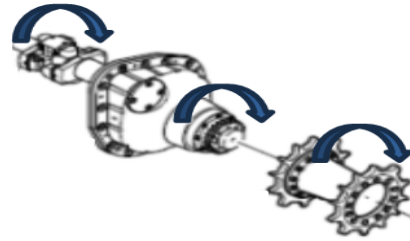


Fig. 5. Power transmission structure

3.2 최대속도 영향 분석 결과

모든 실험에서는 GPS 기반으로 속도를 측정하는 VBOX를 장비에 부착하여 진행하였다. Fig. 6과 같이 주행로 500m인 자체시험장에서 부품의 변화에 따른 영향, 궤도장력의 변화에 따른 영향을 실험을 통하여 분석하였다. 그 후 전용시험장(주행로 1,000m)에서 추가 실험을 진행하여 최대속도에 대한 영향성을 분석하였다.

최대속도에 미치는 영향을 확인하기 위하여 규격을 만족하는 2세트의 엔진과 변속기를 준비하였다. 우선 1세트의 엔진과 변속기를 장비에 장착 하였고, 이를 Case 1이라 하였다. Case 1을 기준으로 삼아 엔진만 변경하였을 경우를 Case 2, 변속기만 변경하였을 경우를 Case 3으로 하여 500m 주행로 내에서 최대속도 시험을 진행하였다. 위 3가지 Case에 대한 궤도장력은 모두 중간 값으로 설정하였다.

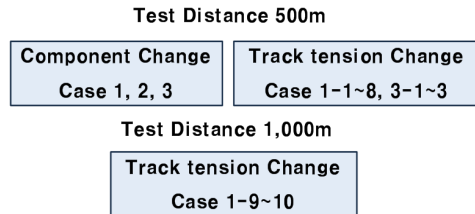


Fig. 6. Maximum speed test diagram

Table 2. Specifications of component parameters

	Engine Change	Transmission Change
Case 1	X	X
Case 2	X	O
Case 3	O	X

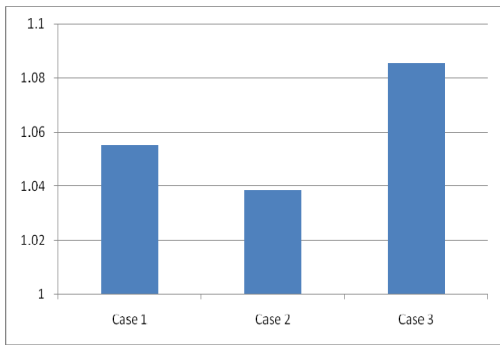


Fig. 7. Maximum speed due to component changes

Fig. 7은 Table 2 조건에서의 최대속도 시험 결과 이다. 최대속도 규격 요구 조건을 1로 무차원화 하여 기준을 잡았다. Case 1 조건에서는 규격 요구조건 보다 5.5% 높은 속도를 내었고, 변속기를 바꾼 Case 2의 경우 기준보다 3.8% 높은 속도를 내었고, Case 1 보다 약 1.7% 줄었다. 엔진을 교체한 Case 3의 경우 기준보다 8.5% 높은 속도를 내었고 Case 1 보다 약 3% 증가하였다. 위 결과를 통하여 엔진과 변속기와 같은 고액의 주요 부품의 변화는 크지 않은 것을 확인할 수 있었다.

궤도장력 변화에 따른 최대속도 영향성을 확인하기 위하여 최대속도가 가장 잘 나오는 Case 3을 기준으로 궤도장력을 하한에서 10% 중간, 상한에서 10% 총 3가지 Case로 시험을 진행하였다.

Fig. 8은 위 3가지 조건을 적용하였을 때 500m 주행 거리에서의 최대속도이다. 궤도장력이 큰 Case 3-1의 경우 Case 3-2 보다 4.6% 낮아졌고, 궤도장력이 작은 Case 3-3의 경우 Case 3-2보다 1.5% 상승하였다. 그림과 같이 궤도장력이 클수록(유압유 주입이 많을수록) 최대속도가 낮아지는 경향을 볼 수 있다.

궤도장력과 최대속도의 영향성을 확인하기 위하여 첫 번째 실험을 진행하였던 Case 1에 적용한 엔진과 변속기를 사용하여 궤도장력 변화에 따른 최대속도를 확인하였다. 여기서 궤도장력의 변화를 더 자세히 검토하기 위하여 Table 4와 같이 궤도장력 1~2를 6구간으로 나누어 500m 주행로에서 시험을 진행하였다.

Table 3. Specifications of track tensions

	Track Tension(1~2)
Case 3-1	1.2
Case 3-2	1.5
Case 3-3	1.8

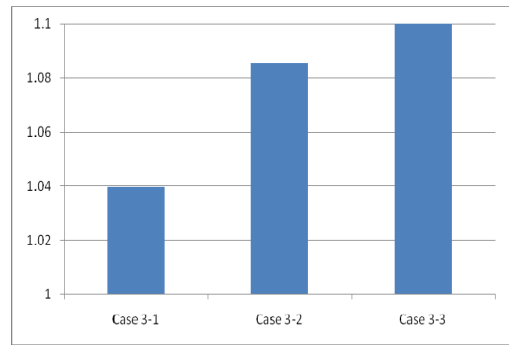


Fig. 8. Maximum speed due to the effect of track tension

Fig. 9는 Case 1에서 궤도장력을 좌측과 우측 동시에 궤도장력 상한인 1.0부터 하한인 2.0 까지 0.2씩 조절하여 최대속도를 측정한 결과이다. 궤도장력 최대치인 Case 1-1은 최대속도 요구조건 보다 6.3%가 높았고, Case 1-2의 경우 6.9%. 궤도장력이 1.4인 Case 1-3은 9.3% 높아 상승세를 나타냈고, Case 1-4에서 18.2%가 높은 최대속도를 나타내었다. Case 1-5에서는 Case 1-4와 비슷하게 18.1%가 높고, 궤도장력 최저치인 Case 1-6에서는 17.5% 높은 것으로 나타나 미세하게 감소하는 추세를 확인 하였다. 이를 통하여 궤도장력이 커서 현수장치에 전체적으로 부하를 많이 줄 경우 최대속도에 나쁜 영향은 미치는 것을 알 수 있었고, 반대로 궤도장력이 너무 낮은 경우에도 궤도의 침침에 의하여 최대속도가 낮아지는 경향을 확인할 수 있었다.

Table 4. Specifications of track tension(2)

	Track Tension(1~2)	
	Left	Right
Case 1-1	1.0	1.0
Case 1-2	1.2	1.2
Case 1-3	1.4	1.4
Case 1-4	1.6	1.6
Case 1-5	1.8	1.8
Case 1-6	2.0	2.0

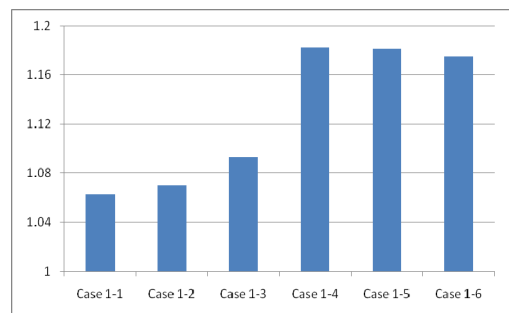


Fig. 9. Maximum speed due to the effect of track tension(2)

지금까지의 궤도장력 변화에 대한 분석은 좌측, 우측 모두 동일한 상태에서 진행하였다. 따라서 추가적인 실험에서는 좌측과 우측의 궤도장력을 다르게 주었을 경우에 대한 영향을 파악해 보았다. Table 5와 같이 궤도장력을 조절하였고, 결과는 Fig. 10과 같다.

Table 5. Specifications of track tension(3)

	Track Tension(1~2)	
	Left	Right
Case 1-7	1.9	1.2
Case 1-8	1.2	1.8

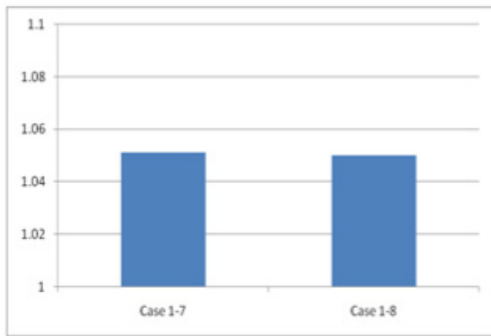


Fig. 10. Maximum speed due to the effect of track tension(3)

좌측의 장력을 줄이고, 우측의 장력을 높인 Case 1-7의 경우 최대속도 기준보다 5.1% 상회하였고, 궤도장력을 반대로 주입한 Case 1-8의 경우 최대속도 기준보다 5% 상회하는 결과를 얻었다. 이를 통하여 좌측과 우측의 궤도장력을 다르게 적용 한 경우 최대속도는 궤도장력이 높은 경우를 따라가는 경향을 보인다.

500m 주행로에서 실험한 자료를 기반으로 궤도장력을 양쪽을 동일하게 맞추어야 하고, Case 1-4~1-5기준 일 경우 최대속도가 가장 빠르게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 장비의 가속 구간을 더 늘린 1000 m 주행로에서 위와 같은 결과를 적용하여 탄약운차의 최대속도를 확인하여 보았다.

Table 6과 같이 궤도장력을 조정하였고, 군수품 기동장비 전용 시험장(주행로 1000m)에서 최대속도 실험을 진행하였다.

실험결과 Fig. 11과 같이 Case 1-9의 경우 최대속도 기준보다 16.7% 높게 나타났다. Case 1-10의 경우 최대속도 기준보다 28.3% 높게 나타났다. 실험결과를 통하여 궤도장력의 변화에 따른 장비의 최대속도의 영향을

알 수 있었다.

Table 6. Specifications of track tension(4)

Case	Track Tension(1~2)	
	Left	Right
1-9	1.2	1.2
1-10	1.8	1.8

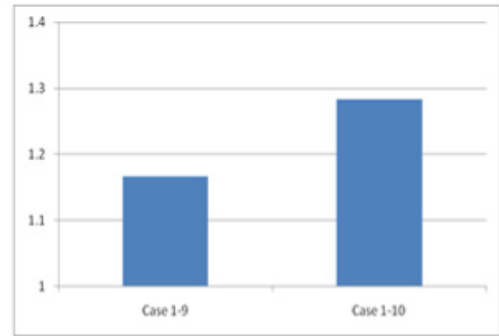


Fig. 11. Maximum speed due to the effect of track tension(4)

4. 결론

본 논문은 탄약운차의 최대속도를 출력하는데 직접적으로 연관된 부품들의 변화와 실제 주행실험을 진행 하였고, 이를 통하여 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 궤도장비에 동력출력을 직접적으로 영향을 미치는 엔진과 변속기의 변화는 최대속도에 약 3% 이내의 차이가 있었다.
- (2) 궤도장력의 영향성을 확인하기 위하여 상한치인 1부터 하한치 2 사이 임의 3값(1.2, 1.5, 1.8)을 적용하여 주행실험을 한 결과 궤도장력이 큰 경우(현수장치가 받는 힘이 크게 할 경우) 최대속도가 낮은 것을 확인 할 수 있었다. 반대로 궤도장력이 작은 경우 최대속도가 규격 요구치 보다 6% 더 증가하는 결과를 얻었다. 궤도장력의 변화를 통하여 고액 부품을 교체 하는 것과 유사한 효과를 내는 것을 확인 할 수 있었다.
- (3) 궤도장력의 최대부터 최소 사이를 6개로 나누어 장비의 최대속도를 낼 수 있는 최적의 궤도장력을 얻어내었고, 장력 조절 간 확인한 최대속도의 차이는 11.9%가 나는 것을 확인하였고, 궤도장력이 1.6~1.8인 경우 가장 빠른 것으로 나타났다. 또

한, 주행로 길이가 충분히 긴 전용시험장에서 실험한 결과 최대속도는 장비 요구조건보다 28.3% 더 높은 것을 확인하였다.

- (4) 장비의 좌/우측 궤도장력을 다르게 설정하여 주행할 경우 최대속도는 궤도장력이 큰 쪽의 속도와 동일하게 나타나는 경향을 확인하였다.

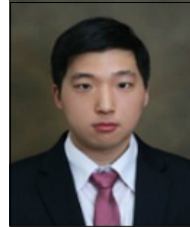
본 연구결과를 통하여 향후 궤도장비의 운용 및 개발에 있어서 유용한 참고자료로 활용될 것으로 기대한다.

References

- [1] R. B. Na, B. H. Kim, J. S. Lee, "A Study on the Increase of the Reliability of the Flick Rammer on K-55A1 Self Propelled Artillery", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol.19, No.9, pp.62-68, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.9.62>
- [2] J. S. Lee, S. J. Kim, G. M. Bae, S. M. Kwon, H. J. Park, J. S. Choi "The Study on Design of Circuit Card Assembly on Servo Control Unit for Automated Resupply Vehicle K56", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol.20, No.12, pp.102-109, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.12.102>
- [3] C. Y. Jung, J. M. Lee, J. Y. Lee, Y. K. Park, "Operational Effectiveness Analysis of Field Artillery Ammunition Support Vehicle for K-55 Self-Propelled Artillery Using Simulation", The Korea Society for Simulation, Vol.20, No.3, pp.11-18, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.9709/JKSS.2018.27.2.011>
- [4] B. H. Lee, B. Y. Souh, "Dynamic Modeling and Analysis of a High Mobility Tracked Vehicle", Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers, A 30(11), pp.1486-1493, 2006.11.
- [5] K. S. Huh, B. H. Cho, M. S. Suh, I. S. Seo, D. C. Park, "Track Tension Monitoring in the Longitudinal Traveling of Tracked Vehicles", Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers, A 24(6), pp.1608-1615, 2000.6.
- [6] K. S. Huh, D. G. Hong, M. S. Suh, I. S. Suh, "Track Tension Estimation in Tracked Vehicles on Various Road Conditions", Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers, A 24(10), pp.2603-2609, 2000.10.
- [7] J. S. Seo, D. C. Kim, M. S. Seo, "Effort of Soil Properties on Velocity of Tracked Vehicle on Soft Ground", Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers, pp.70~76, 1994.11.

노 상 완(Sang-Wan Noh)

[정회원]



- 2012년 7월 : TsinghuaUniversity 정밀기계과 (공학사)
- 2015년 6월 : 연세대학교 기계공학부 (공학석사)
- 2015년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 기계/재료, 열/유체

김 성 훈(Sung-Hoon Kim)

[정회원]



- 2014년 12월 : 한양대학교 재료공학과 (공학사)
- 2014년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

재료공학, 열역학

박 영 민(Young-Min Park)

[정회원]



- 2013년 2월 : 울산대학교 조선공학과 (공학사)
- 2013년 1월 ~ 2017년 1월 : STX 조선해양 대리
- 2017년 2월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 기계/조선, 진동/소음