

군용 전술 차량 전복 시 안전성 평가 방안에 관한 연구

김선진*, 박진원, 김록한
국방기술품질원 기동화력센터

A study on the safety analysis method for military tactical vehicle's rollover

Seon-Jin Kim*, Jin-Won Park, Rok-Han Kim
Landsystems Center, Defense Agency for Technology and Quality(DTaQ)

요약 군용 전술 차량은 차량 및 운용환경의 특성상 승용 차량 대비 전복의 위험성이 높을 수 있어 이에 대한 안전성 평가가 필요함을 확인하였다. 하지만 군용 전술 차량의 안전성 평가를 위한 법규, 기준 등이 없어 국내·외 법규 및 관련 연구 분석을 통해 전복 시 차량 안전성 평가를 위한 기준으로 ECE R 66 (횡방향 전복시험)과 ECE R 29 (천장강도 시험)을 선정하였다. 군용 전술 차량의 안전성 평가를 위해 선정된 두 가지 기준에 대해 전산해석 방법을 이용하여 기준 만족 여부를 확인하기 위해 5개의 전산해석모델을 구성하였고 차체 모델에 대해서는 실차와의 유사성 확인을 위한 모달 시험을 통해 유효성을 확인하였다. 두 시험 기준에 대한 전산해석 수행결과 군용 전술 차량의 차체는 전복에 대한 충분한 차체 안전성을 갖는 것을 확인하였으며, 향후 유사차량 개발 시 적용 가능한 참고자료가 될 것으로 기대한다.

Abstract The risk of rollovers of military tactical vehicles is high, considering the characteristics and the operating environment. Therefore, a safety assessment of vehicles is needed. On the other hand, there are no regulations or standards for assessing vehicle safety. The ECE R 66 (Lateral rollover test) and ECE R 29 (Roof strength test) were selected as criteria for assessing the vehicle safety in rollovers based on analysis of domestic and foreign laws and related research. Five computational analysis models were constructed using the CAE methods to confirm if the two selected criteria for assessing vehicle safety were satisfied. The validity of the body model was confirmed in terms of its similarity to the modal test results. CAE analysis confirmed that the vehicle has sufficient safety measures to prevent rollovers based on two criteria. In addition, it is expected to provide reference data that can be applied when developing similar vehicles in the future.

Keywords : Military Tactical Vehicle, ECE R 66, Rollover, ECE R 29, Roof Strength

1. 서론

군용차량은 자동차 관리법 및 동법 시행령에 의거하여 군수품 관리법의 지배를 받는 차량으로 차량의 안전기준 등이 명시된 자동차 관리법 등에 대한 준수의무가 없어 그동안 차량 안전과 관련된 시험을 수행되지 않았다. 하지만 최근 군용차량의 사고 빈도가 높아짐에 따라 군용

차량의 안전에 대한 요구의 목소리가 커지고 있어 신규 개발된 군용 전술 차량에 최초로 차량 안전성에 대한 평가를 수행하였다.

군용 전술 차량은 차량의 기동성 확보를 위해 승용 차량 대비 최저지상고를 거의 2배 수준으로 설계되었으며, 이를 위해 허브 리덕션(Hub Reduction)과 포탈 차축(Portal Axle)을 적용하였다. 이는 군용차량의 최저지상

*Corresponding Author : Seon-Jin Kim(DTaQ)

email: seonjin0928@naver.com

Received July 24, 2023

Accepted October 6, 2023

Revised August 11, 2023

Published October 31, 2023

고를 높이기 위해 미군 전술 차량인 험비(HMMWV)에도 적용된 구조로 Fig. 1과 같이 휠의 중심보다 차축의 중심을 높여 전체적으로 구동계를 상향 배치시켜 차량의 최저지상고를 높일 수 있는 구조이다. 하지만, 이와 같이 구동계의 높이가 높아지면서 자연스럽게 차량의 무게중심이 높아지게 된다.

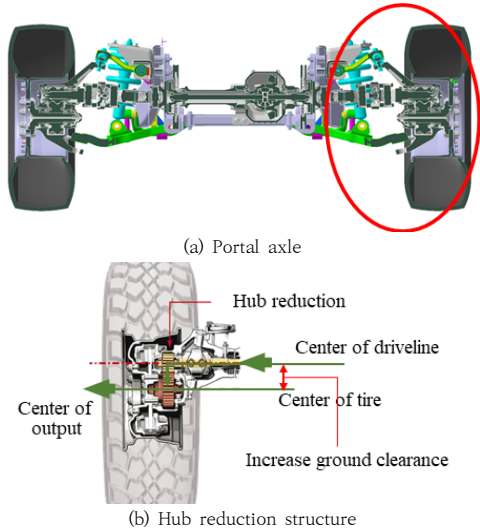


Fig. 1. The structure of portal axle and hub reduction of military tactical vehicle

차량의 무게중심 상승은 차량의 전복가능성을 높이는데, 미국 도로교통안전국(NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration)에서 2001년부터 2003년까지 수행한 연구 결과에 따르면 무게중심이 높을수록 차량의 전복 가능성이 높은 것으로 확인되었다[1].

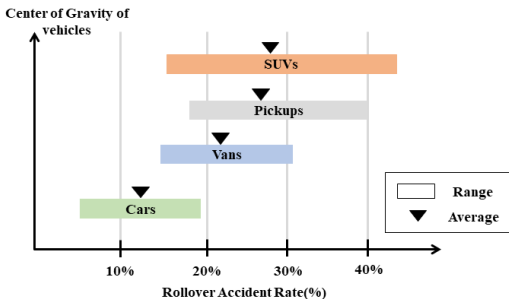


Fig. 2. Vehicle stability test results by NHTSA(2014)

또한, NHTSA에서 차량의 전복 가능성을 판단하는 중요한 지수 중 하나로 정적안전계수(SSF, Static Stability Factor)를 사용하는데, SSF는 0° 구배의 도로에서 차량

의 휠 트레드(w)와 차량의 무게 중심의 높이(h_c)로 Eq. 1과 같이 계산된다[2].

$$SSF = w / 2h_c \quad (1)$$

정적안전계수에 대한 NHTSA의 연구 결과에 따르면 승용 차량의 경우 1.1 이상의 정적안전계수를 가지는 데 비해 군용 전술 차량의 경우 0.93으로 승용 차량 대비 정적안전계수가 낮아 전복에 대한 가능성이 다소 높을 수 있다는 것을 확인하였다. 그러나 정적안전계수를 이용하는 방법은 높은 무게중심을 갖는 군용차량에 적용하기에는 한계가 있다.

이에 따라 차량이 전복되는 경우 탑승자의 안전에 미치는 영향 등을 평가하기 위해 국내(자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙, 국의 법규(FMVSS 및 ECE 등) 및 관련 연구 동향 등을 분석하였다. 이를 통해 군용 전술 차량에 적합한 안전 평가 기준을 수립하고 이에 대해 전산해석 방법을 활용하여 평가를 수행함으로써 군용 전술 차량의 전복 시 안전성을 평가하였다.

2. 안전평가 기준 수립

2.1 차량 전복 관련 국내·외 법규 분석

차량 전복과 관련된 안전성 평가에 대한 국내·외 법규를 분석하는데 있어 군용 전술 차량이 해당 법규에서 요구하는 차량의 중량 조건 등을 만족하는지 확인하였으며, 이를 통해 군용 전술 차량에 적용 가능한 차량 전복 시 안전성 평가 기준을 설정하였다.

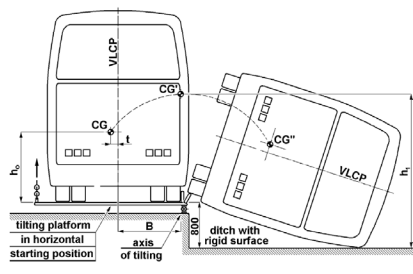
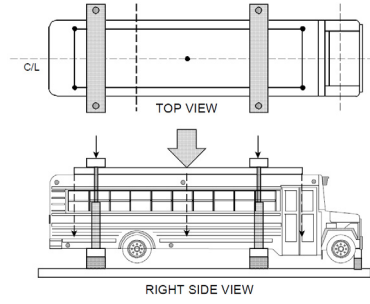
2.1.1 국내 전복 관련 법규

국내 자동차 안전 관련 법규는 자동차 관리법이 있으며, 세부적인 안전평가 방법은 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙에 명시되어 있다. 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제 102조에 따르면 4.5 톤을 초과하는 승합차량의 경우 전복시험을 통해 차량의 안전성을 평가하도록 규정하고 있으며, 유럽의 법규인 ECE(Economic Commission for Europe)와 동일한 방법으로 평가하며, 시험방법은 Table 1과 같다.

2.1.2 유럽 전복 관련 법규

유럽은 ECE R 66에서 횡방향(Lateral direction) 전복시험을 규정하고 있으며, 적용차종은 5톤 이상의 차종으로 시험방법은 Table 1과 같으며, 횡방향 전복 시험

Table 1. Comparison of vehicle rollover test regulations according to country

	Korea	E.U.	U.S.A.
Law	Rules on the performance and standards of automobiles and auto. parts	UN ECE Regulation NO. 66	FMVSS 220
Applied vehicle	$M_{GVW} > 4.5$ ton and Van type	$M_{GVW} > 5$ ton and over 8 seats	School Bus
Test Method			
Result Review	No intrusion to residual space		Structure deformation Door operability after test

후 변형된 차체가 생존공간(Residual space)을 침범하는지 여부를 판단한다.

2.1.3 미국 전복 관련 법규

미국의 경우 통학버스에 대해 전복시험을 요구하고 있으며, FMVSS 220에 해당 내용이 명시되어 있다. FMVSS 220은 Table 1과 같이 공차중량의 1.5배 하중을 차량의 천장에 부여하여 차체의 변형량이 130.2 mm를 초과하는지 여부와 시험 후 도어의 정상작동 여부를 판단한다.

2.1.4 안전평가 기준 수립 결과

국내 및 유럽, 미국의 전복관련 법규를 분석한 결과, 국내의 기준은 유럽 ECE 법규와 유사하며 적용 차종 역시 군용 전술 차량에 적용이 가능할 것으로 판단된다. 다만, 미국의 FMVSS의 경우 통학버스에 적용되는 규격으로 군용 전술 차량에 적용은 제한될 것으로 보인다. 다만, 유럽의 ECE R 29 기준에 미국 FMVSS와 유사한 천장강도 시험이 규제되어 있고 적용 차종 역시 총중량이 3.5톤 이상 12톤 미만의 차량으로 군용 전술 차량에 적용 가능할 것으로 보인다. 따라서, 국내·외 법규의 분석을 통해 군용 전술 차량의 전복 시 안전성 평가를 위한 기준을 다음과 같이 수립하였다.

1) 자동차 및 자동차 부품의 성능 및 기준에 관한 규칙 제 120조 및 ECE R 66을 참조한 횡방향 전복시험

2) ECE R 29를 참조한 차량 천장강도 시험

위의 두 법규는 모두 실차시험 또는 전산해석의 방법 중에 선택하여 검증할 수 있도록 법규에 명시되어 있다. 전산해석을 통한 연구방법은 실제 차량과 동일한 해석 모델을 구성하기가 어렵다는 단점이 있지만, 실제 시험에 소요되는 비용 및 시간을 절감할 수 있고 다양한 시험이 가능하다는 장점이 있어 많은 분야에 적용 중에 있다. 이러한 장점으로 인해 차량 뿐만 아니라 헬기, 열차 및 차량의 전방충돌 등 다양한 충돌사고에 대한 연구에 전산해석이 활용되고 있다[3-9]. 따라서, 본 연구에서도 비선형 해석프로그램 중 하나인 LS-DYNA를 활용한 전산 해석 방법을 적용하여 해당 기준에 대한 군용 전술 차량의 안전성 평가를 수행하였다.

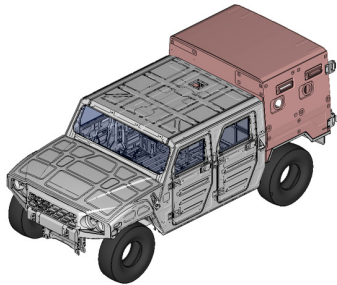
3. 해석모델 수립

3.1 차체 해석 모델 수립

3.1.1 차체 해석 모델

군용 전술 차량의 전복 시 안전성 평가를 위한 차체 해석 모델은 CATIA를 통해 구성된 3D 모델을 활용하였

으며, 차량의 강성과 무관한 비구조 질량(Non Structural mass)은 해석 시간을 감안하여 제거하고 집중 질량(Lumped mass)로 구성하였다. 또한, 시트 및 시트 구조물도 제거하였는데 시트 및 시트 구조물이 차체의 강성에 영향을 주며 이를 제거한 경우 좀 더 보수적인 예측이 가능하기 때문이다[10]. 최종적으로 구성된 차량의 해석 모델은 Fig. 3(a)와 같으며 해석모델의 정보는 Fig. 3(b)와 같다.



(a) Analysis model figure

No. of node/element		
Node		1,907,023
Element	Shell	1,208,878
	Solid	2,258,892
	1D-Ele.	573
	Total	3,468,343

(b) Analysis model information

Fig. 3. The rollover analysis model of military tactical vehicle

3.1.2 차체 해석 모델 신뢰성 검증

군용 전술 차량 전복 시 안전성 평가를 위해 구성된 차체 모델이 실제와 얼마나 일치하는지를 확인하는 것이 매우 중요하다[11]. 미국 기계학회(ASME)는 “Guide for verification and validation in computational solid mechanics”를 표준으로 수립하여 해석모델과 실제 모델간의 차이를 줄이기 위해 해석모델에 대한 검증이 반드시 필요함을 강조하고 있다. 이에 따라 군용 전술 차량에 대해 구성된 차체 모델에 대해 고유 진동 해석한 결과의 실차의 모달시험(Modal test) 결과와 비교하여 군용 전술 차량의 차체 해석 모델의 유효성을 확인하였다[12].

군용 전술 차량의 실차 모달시험을 위해 Fig. 4와 같이 시험기를 구성한 후, Fig. 5와 같이 차량에 부착된 341개의 3축 가속도 센서를 통해 실차 데이터를 계측하

였다.

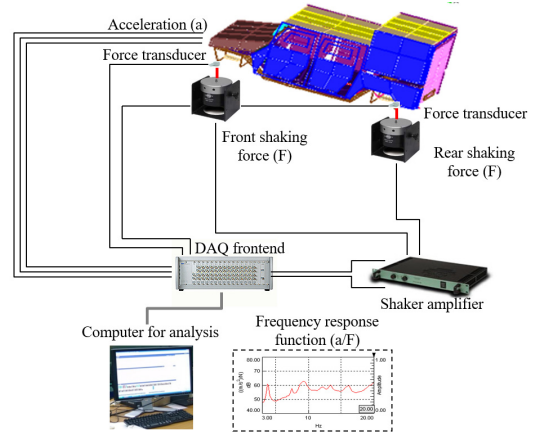




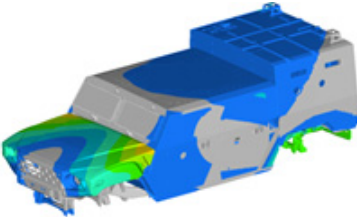
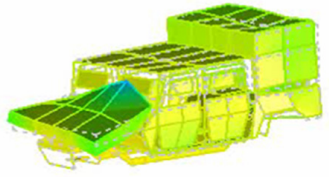
Fig. 4. The figure of instrumentation setup for modal test



Fig. 5. The figure of accelerometer setup for modal test

실차 모달시험에서 계측된 데이터를 통해 차량의 모드 형상 및 고유진동수를 도출하였고 이를 차체 해석모델에 대한 고유진동해석 결과와 비교한 결과, Table 2와 같이 1번 모드에서는 약 10.7%, 2번 모드에서는 약 8.6%의 고유진동수 차이가 있음을 확인하였다. 시험과 해석상 발생하는 고유진동수의 차이는 해석 모델을 구성하는데 있어 발생하는 비선형 구성요소와 실차 모달시험에서 제한된 영역의 측정 데이터를 활용하는 것도 영향을 줄 수 있다. 이러한 제한사항으로 인해 실차 모달시험과 고유진동해석 간의 차이가 발생되었으나 경험적으로 10% 정도 오차는 유의미할 것으로 판단되어 차체 모델은 충분한 신뢰도를 가질 것으로 보인다.

Table 2. Results of mode shape and frequency deviation

Mode shape	Analysis	Modal test
Frame front end bending + P/Train pitch + Hood bending (Frequency deviation : 10.7%)		
Frame rear torsion + P/Train roll + Hood torsion (Frequency deviation : 8.6%)		

3.2 횡방향 전복시험(ECE R 66) 모델 구성

3.2.1 전복해석 모델

전복해석 모델은 ECE R 66에 따른 횡방향 전복시험을 해석으로 수행하기 위해 필요한 모델이다. ECE R 66에 따른 전복시험은 기울임 장치를 활용하여 강제 전복시키는 데 이때 차량이 전복되는 각속도가 필요하며, 초당 5°를 초과하지 못하도록 규정하고 있다. 전복해석을 위해서도 실차와 동일한 조건의 전복 각속도가 필요한데 이는 운동에너지는 위치에너지로 전환된다는 에너지 보존법칙을 통해 계산할 수 있다. 위치에너지(E_p)는 Eq. 2와 같이 차량의 유효질량(M_t)과 중력가속도(g) 그리고 Fig. 6과 같이 차량이 전복되는 과정에서 무게중심의 높이차 Δh 로 정의된다.

$$E_p = M_t g \Delta h \tag{2}$$

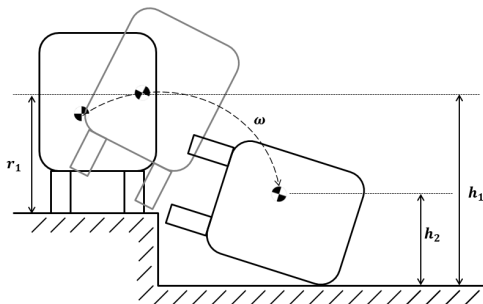


Fig. 6. Vehicle's potential energy during rollover test

운동에너지(E_k)는 Eq. 3과 같이 차량 전복시 힌지 축을 기준으로 한 질량관성모멘트($I_{xx,hinge}$)와 각속도(ω)로 정의된다.

$$E_k = I_{xx,hinge} \omega^2 / 2 \tag{3}$$

Eq. 2와 Eq. 3을 통해 군용 전술 차량 전복 시험시 각속도(ω)는 Eq. 4와 같이 계산되며, 최종 계산결과 2.72°/s로 확인되었다.

$$\omega = \sqrt{2E_p / I_{xx,hinge}} \tag{4}$$

군용 전술 차량의 전복해석을 위한 해석모델은 Fig. 7과 같이 모델링 하였으며, 차량이 충돌하는 바닥면은 강체로 정의하였다.

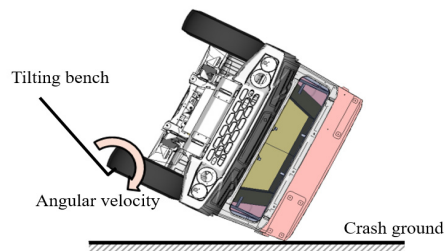


Fig. 7. Rollover simulation model

3.2.2 생존공간 모델

생존공간(Residual space)은 ECE R 66의 횡방향 전복시험에 대한 만족여부를 판단하기 위한 가상의 공간으로 Fig. 8과 같이 정의되며, 이를 통해 설정된 군용 전술 차량의 생존공간은 Fig. 9와 같다.

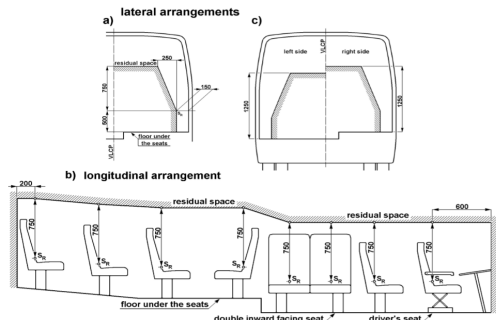


Fig. 8. The figure of residual space(ECE R 66)

군용 전술 차량의 생존공간을 정의하는데 있어 Fig. 8에 비해 Fig. 9(d)를 보면 분리된 영역이 있는데 해당부위는 사람이 탑승하는 부분이 아니기 때문에 이를 제외하고 두 개의 분리된 영역으로 설정하였다. 설정된 생존공간은 차량의 횡방향 전복시험 후 차체 변형에 의한 침범이 없어야 하는 공간으로 시각적으로만 확인이 가능하면 되므로 해석시 "NUL_MATERIAL"로 구성하였다.

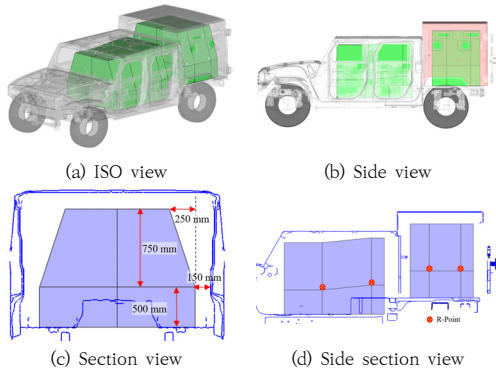


Fig. 9. Residual space of MPV according to ECE R 66

3.3 천장강도 시험(ECE R 29) 모델 구성

3.3.1 임팩터(Impactor) 모델

임팩터 모델은 ECE R 29에 따른 천장강도 시험을 위한 모델로 차량의 주 탑승공간이 캐빈에 대한 평가를 위해 후방벤을 제거하고 Fig. 10과 같이 모델을 구성하였다.

임팩터 모델에 부여되는 하중은 19.328 kN으로 ECE R 29에 따라 전방 차축에 작용하는 최대 하중과 98 kN 중 작은 값으로 설정하였으며, 전방 차축 최대 하중은 차량 무게중심점을 고려한 정역학적 힘의 평형을 통해 계산하였다.

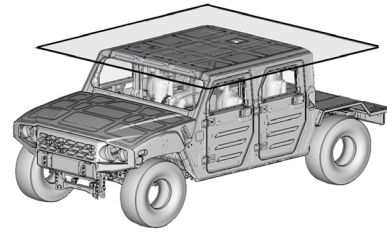


Fig. 10. Impactor model according to ECE R 29

3.3.2 인체더미 모델

인체더미 모델은 ECE R 29 부록 2의 50% Hybrid III 남성모델을 적용하였으며, 이는 북미 지역의 남성 평균체형으로 성인 100명 중 평균에 해당하는 신체 조건으로 몸무게 78 kg에 키는 175 cm이다. 인체더미모델의 세부형상 및 치수는 SAE J 2826을 참조하였으며, Fig. 11과 같이 천장강도 해석을 위해 캐빈의 각 시트에 위치한 후법규를 만족하는 여유량을 확인한 결과는 Fig. 11과 같다.

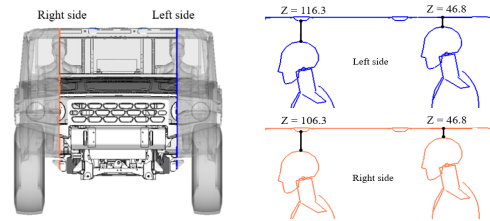


Fig. 11. Dummy model setting and Residual space

4. 해석 결과

4.1 횡방향 전복 해석 결과

횡방향 전복해석은 Fig. 12와 같이 차량이 지면과 충돌하기 직전을 초기조건($t = 0$)으로 설정하여 앞서 계산된 충돌시 각속도 $2.72 \text{ }^\circ/\text{s}$ 를 초기 각속도로 부여하고 차량이 지면과 충돌한 후 최대 변형을 보이는 순간까지 수행하였다.

횡방향 전복해석 수행 결과 Fig. 13과 같이 캐빈의 A 필라부와 후드의 전방 모서리 부분 그리고 후방벤 전방 모서리 부에서 변형이 가장 많은 것으로 확인되었으며, 세부적으로 탑승자가 존재하는 구간에 대한 차체 변형이 생존공간을 침범하였는지 확인한 결과 Table 3과 같이 침범은 확인되지 않아 ECE R 66의 법규 기준을 만족하는 것으로 확인되었다.

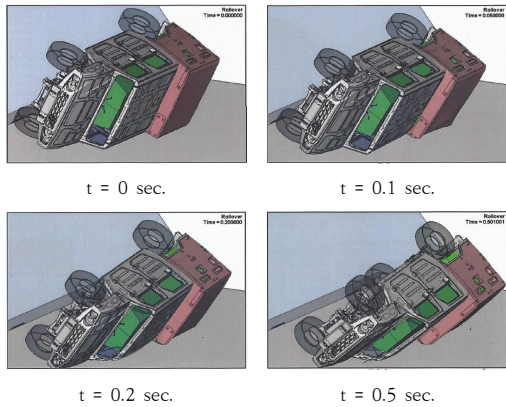


Fig. 12. Rollover analysis histories

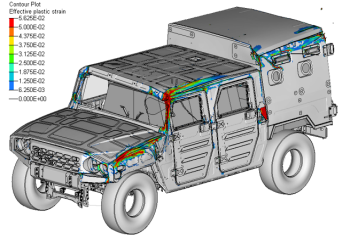


Fig. 13. Deformation of MPV after rollover analysis

Table 3. The results of rollover analysis

1st row	2nd row
3rd row	4th row

4.2 천장강도 해석 결과

천장강도 해석은 임팩터 모델에서 구성한 차량의 천장에 위치한 임팩터 더미에 최대 하중인 19.328 kN을 약 0.25초 동안 점차 증가시키며 차체 변형 및 인체더미와 간섭여부를 확인하였다. 그 결과 차체의 최종 변형은

Fig. 14와 같이 약 2.2 mm가 캐빈 중앙부에서 발생되었으며, 인체더미와 차체간의 간격은 Fig. 15와 같이 확인되었다.

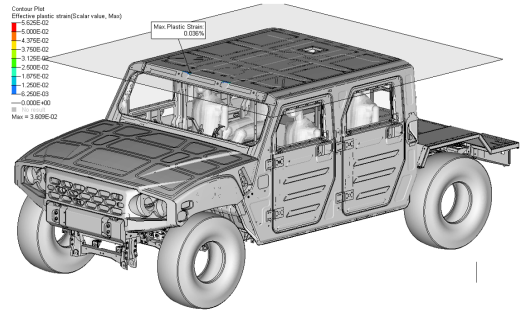


Fig. 14. Deformation of MPV after roof strength analysis

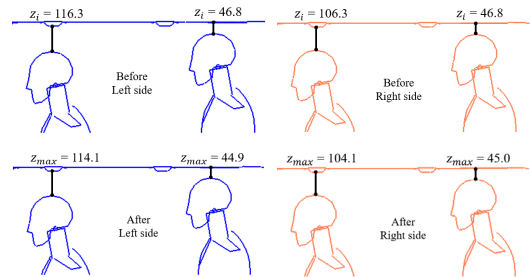


Fig. 15. Analysis results for roof strength

천장강도 해석 결과 확인된 인체더미와 차체의 간격에 앞서 고려한 루프 두께, 내장재 두께 및 헬멧 두께를 고려한 최종결과는 Table 4와 같으며, ECE R 29의 법규 기준을 만족하는 것으로 확인되었다.

Table 4. The results of residual space

Unit (mm)	Left side		Right side	
	1st row	2nd row	1st row	2nd row
Analysis Results	114.1	44.9	104.1	45.0
Roof thickness	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7
Interior material	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0
Helmet thickness	-40.8	-40.8	-40.8	-40.8
Clearance	70.5	1.4	60.5	1.5

5. 결론

군용 전술 차량의 차량 안전성 평가를 위해 연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

- 1) 차량의 특성 및 운용 환경 등을 분석하여 군용 전술 차량의 높은 최저지상고로 인해 차량의 전복 가능성이 높을 수 있어 이에 대한 차체 안전성 평가가 필요함을 확인하였다. 이를 위해 국내외 법규 및 관련 연구들을 확인하여 ECE R 66(횡방향 전복시험), ECE R 29(천장강도 시험)를 군용 전술 차량 전복 시 안전성 평가 기준으로 설정하였다.
- 2) 설정된 두 가지의 법규의 시험방법에 대한 전산해석을 수행하기 위해 필요한 5가지의 전산해석 모델(차체모델, 전복해석 모델, 생존공간모델, 임팩터 모델, 인체더미 모델)을 구성하였고 차체 모델에 대해서는 실차 모달시험과 고유진동해석을 통해 유효성을 검증하였다.
- 3) 구성된 전산해석 모델을 통해 군용 전술 차량 전복 시 차체 안전성 평가를 수행한 결과, 두 법규의 기준을 모두 만족하는 것을 확인하여 군용 전술 차량이 전복에 대한 충분한 차체 강성이 확보됨을 확인하였다.
- 4) 군용 전술 차량의 차체에 대한 안전성 평가 연구는 아직 명확한 기준이 없어 본 연구를 통해 군용 전술 차량의 안전성 평가 기준과 방법을 제시하는데 큰 의미가 있으며, 향후 유사 차량 개발 시 활용 가능한 참고자료가 될 것으로 기대한다.

References

- [1] W. S. Cho, *Vehicle dynamics model for rollover analysis*, Master's thesis, Kookmin University of Automotive Engineering, Seoul, Korea, pp.1-6, 2008.
- [2] G. J. Forkenbrock, B. C. O'Hara, D. Elsasser, A demonstration of the dynamic tests developed for NHTSA's NCAP rollover rating system - PHASE VIII of NHTSA's light vehicle rollover research program, NHTSA, No. DOT HS 809 705, 2004.
- [3] H. S. Han, J. S. Koo, "Simulation of train crashes in three dimension", *Journal of The Korean Society for Railway*, Vol.5, No. 3, pp. 187-195, September, 2002.
- [4] T. Ambati, K. Srikanth, P. Veeraraju, "Simulation of vehicular frontal crash-test", *International Journal of Applied Research in Mechanical Engineering*, Vol. 2, No. 1, pp. 37-42, 2012.
- [5] S. Barbat, X. Li, P. Prasad, "Vehicle to vehicle front to side crash compatibility analysis using a CAE based methodology", *20th International Technical conference on the enhanced safety vehicles*, Lyon, France, Paper Number 07-0347, June 2007.
- [6] S. Dörr, H. Chladek, A. Huß, I. Huß and Feickert, "Crash simulation in pedestrian protection", 4th European LS-DYNA users conference, Ulm, Germany, pp. 19-28, May 2003.
- [7] O. Kwon, S. Baek, J. Yoon, J. Lim, "A study on crash analysis of vehicle and guardrail using LS-DYNA program", *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol. 16, No. 3, pp.179-186, 2016.
DOI: <https://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2016.16.3.179>
- [8] G. Moon, S. Park, D. Park, W. Yoo, "Dynamic simulation of a child seat with LS-DYNA", *Proceedings of confernece on automotive engineering*, The Korean Society Of Automotive Engineering(Busan, Ulsan, Kyungnam), Korea, pp. 37-42, October 2004.
- [9] M. Kim, J. Lee, D. Lim, "Analysis of head impact test of the passenger airbag module assembly by LS-DYNA explicit code", *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol. 23, No. 12, pp. 88-94, 2006.
- [10] K. Elitok, M. A. Guler and Bayram, "An investigation on the roll-over crashworthiness of an intercity coach, influence of seat structure and passenger weight", *9th International LS-DYNA users conference*, MI, USA, pp. 17-34, June 2006.
- [11] C.-C. Liang and G.-N. Le, "Analysis of bus rollover protection under legislated standard using LS-DYNA software simulation techniques", *International journal of automotive technology*, Vol. 11, No. 4, pp.495-506, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12239-010-0061-x>
- [12] K. Suh, M. Yu, M. Lim, C. Jeong, "Durability analysis on the prototype of a korean light tactical vehicle", *Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers*, Vol. 21, No. 3, pp. 148-156, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.7467/KSAE.2013.21.3.148>

김 선 진(Seon-Jin Kim)

[정회원]



- 2013년 2월 : 한국항공대학교 기계공학과 졸업
- 2019년 2월 : 전남대학교 대학원 기계공학과 졸업 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

군용차량 설계 및 품질관리

박 진 원(Jin-Won Park)

[정회원]



- 2009년 8월 : 전남대학교 대학원 기계공학과 졸업 (공학석사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

군용차량 설계 및 품질관리

김 록 한(Rok-Han Kim)

[정회원]



- 2014년 8월 : 경상대학교 기계공학과 (공학사) 졸업
- 2020년 9월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

군용차량 설계 및 품질관리