

K-55A1 자주포 급속장전장치의 장전신뢰성 향상에 관한 연구

나라별, 김병현, 이주승, 김병호*
국방기술품질원 기동화력센터

A Study on the Increase of the Reliability of the Flick Rammer on K-55A1 Self Propelled Artillery

Ra-Byeol Na, Byung-Hyun Kim, Ju-Seung Lee, Byeong-Ho Kim*

Land Systems Center, Defence Agency for Technology and Quality

요 약 본 연구는 군 포병 전력의 핵심 장비인 자주포의 급속장전장치에 장착된 밀대 시스템 개선을 통해 탄의 장전 안정성 향상을 목표로 하는 것이다. 종래의 자주포에는 수동 장전장치가 적용되어 있었다. 군에서 운용하는 장비의 현대화와 연속사격 속도 향상을 위해 급속 장전장치를 설치하였으며, 이러한 급속 장전장치를 통해 탄이 장전되는 과정에서 약실 내부와 간섭되는 현상을 줄이고, 비행시간을 감소하도록 설계되었다. 그러나 기본적으로 밀대를 통해 탄의 급속장전이 이루어지는 슈팅 방식의 장전시스템에서는 탄 흐름(fall-back) 현상이 간헐적으로 발생할 수 있다고 보고되고 있다. 그래서 이러한 문제를 해결하기 위해서 장전 과정의 실제 조건을 반영한 전산모사(C.A.E.)를 통해 탄이 장전되는 과정에서 비행 거리를 감소시키면 탄 흐름 현상을 방지할 수 있는 것을 이론적으로 확인 하였고, 탄의 비행거리를 줄이는 최적의 설계 방안을 도출하였다. 최종적으로 이러한 결과를 바탕으로 야전에 배치된 자주포에 장착하여 시험한 결과 개선효과가 있음을 확인하였다.

Abstract This study was conducted to improve the shooting stability of self propelled artillery by improving the flick rammer system. The flick rammer system is designed to reduce crew fatigue and shorten the movement and loading time of the shell compared with the conventional manual loading system. Basically, in the flick rammer system of the shooting type, fall-back occurs intermittently, which causes problems in the rapid loading. To solve this problem, a detailed C.A.E. (Computer Aided Engineering) analysis of the internal structure of the existing rapid loading field was conducted. Through this, we sought a solution that can prevent fall-back by reducing the flying distance. We then optimized the loading station to reduce the flying distance and confirmed the possibility of suppressing the fall-back compared to the existing product through actual tests in the field.

Keywords : Self Propelled Artillery, Flick Rammer System, Fall Back, Reliability, Shell

1. 서론

자주포(Self propelled artillery)는 스스로 움직여 사격할 수 있도록 무한궤도 기동장치의 차체에 탑재된 야전포를 말하며, 제2차 세계대전에서 전차와 동시에 전투 임무를 수행하기 위해 대포에 기동력을 부여하도록 개발되었다.

20세기 후반 한국에서는 미국의 M109A2를 도입하여

처음으로 K-55 자주포를 제작하여 사용하였다. 그 후 21세기 국내 기술의 발전으로 종래의 M109A2와는 다른 방식으로 K-55 자주포에 대한 성능개량사업이 시작되었고 2011년도부터 K-55A1이 전력화가 되었으며 이와 더불어 국내 기술로 개발된 K-9 자주포와 함께 현재까지 000문이 야전에 배치되었다.

K-55A1 자주포 체계는 크게 무장장치, 동력장치, 사격통제장치 및 통신장치 등으로 구성되어 있으며, 이 중

*Corresponding Author : Byeong-Ho Kim(Defence Agency for Technology and Quality, DTaQ)

Tel: +82-55-279-4032 email: kjbshh@dtq.re.kr

Received August 2, 2018

Revised August 27, 2018

Accepted September 7, 2018

Published September 30, 2018

에서도 자주포의 운용 특성상 포의 핵심인 무장장치와 기동력의 핵심인 동력장치(엔진+변속기) 기술이 매우 중요하다. 종래의 K-55의 무장장치에서는 유압식 수동 장전장치가 설치되어 있어 탄의 발사 속도 및 초탄 발사 속도가 사용자의 숙련도에 따라 차이가 많이 났지만, K-55A1에서는 슈팅 방식의 급속장전장치를 적용하여 발사속도 및 초탄발사가 일정하게 유지되며 시간도 단축이 되었다.

그럼에도 불구하고 급속장전장치를 이용한 장전 시 포강 내 탄이 안착되지 않고 흘러내리는 현상인 탄흐름(fall-back)이 간헐적으로 발생한다면, 재장전 후 사격하게 되므로 신속한 대응이 불가하게 되는 문제가 발생하게 될 수도 있다. 지금까지 국내에서 급속장전장치 탄흐름에 대한 연구는 전무후무 하며 만약 이 부품의 신뢰성이 낮으면 자주포의 정밀 타격 정확도가 낮아지고 근탄(목표 타점에 도달하지 못하는 현상)을 초래함으로써 최종적으로는 후방지원 사격에 치명결함이 발생되어 전시 상황에서 생존율이 급격하게 저하된다[1-2].

본 연구에서는 자주포 핵심부품인 급속장전장치 탄흐름을 해결 하고자 급속장전장치 구조를 분석, 모델링 및 해석프로그램을 이용한 비행거리 최적화를 통해 새로운 장전 밀대캡을 설계/제작하였고, 개발된 밀대캡을 실 장비에 적용하여 장전 신뢰성을 검토하고자 한다.

2. 자주포 장전 밀대캡 구조와 설계 방안

2.1 급속장전장치 구조 및 CAE 분석 방안

현재 적용되는 K-55A1 자주포의 급속장전장치의 내부 구조는 Fig. 1과 같다. 그림에서 나타나듯이 포탄 안착 시 탄 감지 센서에 의한 포탄감지를 위해 탄을 전방

으로 185mm까지 이동가능하며, 운용병이 탄을 장전트레이 안착 시 탄저부 모서리에 의한 장전트레이(알루미늄) 찍힘 방지를 위해 보강판(합금강)에 안착 시켜야 함으로 보강판까지 길이(170mm) 및 인체공학적으로 운용병 손과 밀대사이 여유 공간(약 50mm)을 고려하면 밀대캡은 110mm까지 이동 가능한 것으로 확인되었으며, 연장밀대캡 길이에 따른 비행거리 감소에 대한 결과는 Table 1과 같다. 그러나 Table 1에서 보듯이 단순히 치수적인 부분에서는 비행거리가 짧은 110mm의 밀대캡이 우수한 것으로 판단되기 때문에 보다 심층적인 분석을 위해 급속장전장치 모델링을 통한 CAE 분석을 실시하였다. 이 때 분석 조건은 Table 2와 같다. 장전고각은 야전 운용부대에서 간헐적으로 탄흐름 발생 시의 고각(°)을 나타내었고, 장전 속도는 기납품된 장전속도(m/s)이며, 마찰 계수는 각각 0.2, 0.3, 0.5로 하였고, 래머 이동거리(mm)는 60~110으로 조건을 입력하였다[3-4].

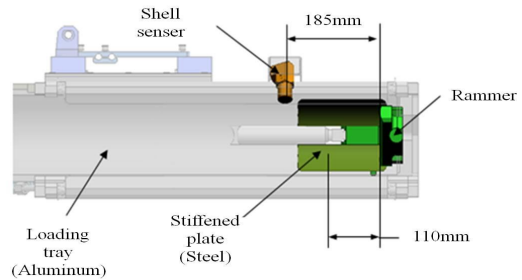


Fig. 1. Internal structure of the flick rammer on self propelled artillery

Table 1. Flying distance according to flick rammer length

Rammer Length (mm)	60	70	80	90	100	110
Flying Distance (mm)	1,676	1,666	1,656	1,646	1,636	1,626

Table 2. The analysis condition for appling to flick rammer

Classification	Requirement	Reason
Loading angle(°)	23	When the fall-back occurs, the elevation angle(20° ~ 25°)
Loading speed(m/s)	6.4/7.0	Range of shooting speed
Friction coefficient	0.2	No foreign substance in shell and bore
	0.3	Increase friction coefficient because of foreing susstance in shell and bore
	0.5	Increase friction coefficient because of foreing susstance in shell and bore and deterioration in bore
Rammer moving distance (mm)	60~110	60mm : Increase of flying distance compared with K9 110mm : Maximum flying dstance considering operation condition

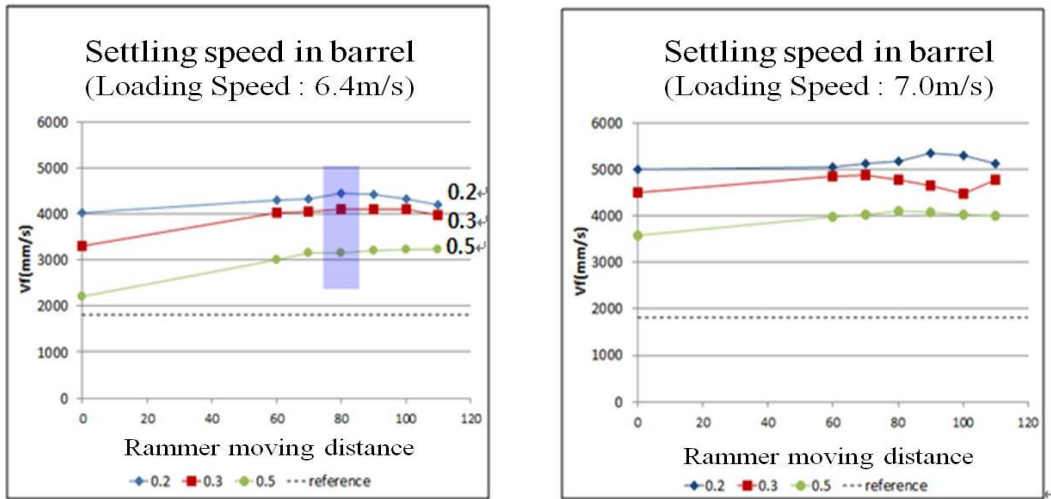


Fig. 2. Analysis of seated speed in shell

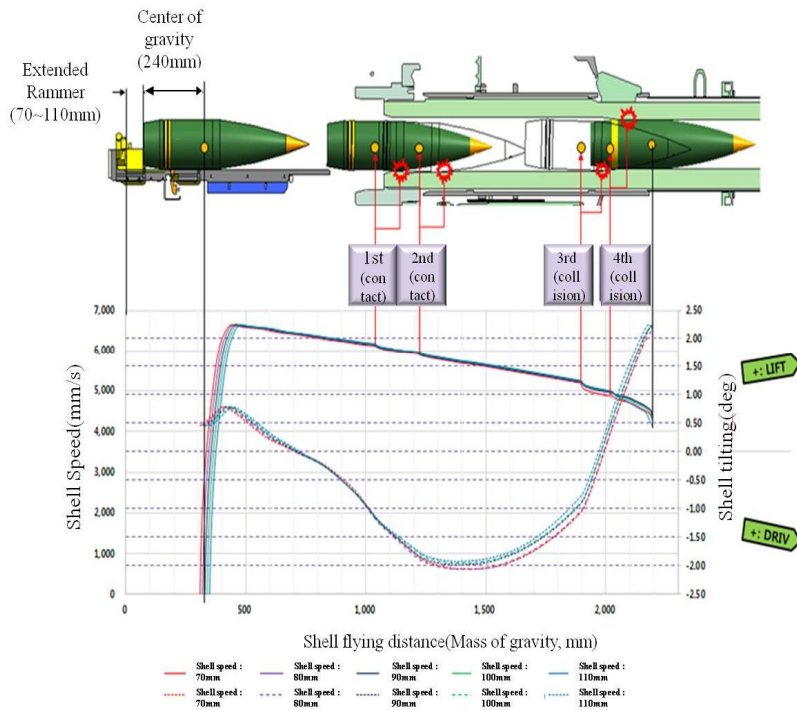


Fig. 3. Shell speed, attitude change, crash position according to flick rammer

2.2 CAE 분석 결과

Fig. 2는 ANSYS 3.0 프로그램을 이용하여 Table 2에 따라 분석한 내용을 나타내고 있다. 그림에서 보여 주듯이 장전속도 7.0m/s일 때 포강안착속도를 증가하며, 장

전속도가 6.4m/s일 때 밀대캡 길이 60mm~110mm 범위에서 80mm 연장밀대캡이 포강안착속도가 최적임이 분석되었다. 그리고 Fig. 3에서는 장전속도 6.4m/s에서 마찰계수 0.2, 장전고각 23°에서의 탄 연장밀대캡 별 포탄

Table 3. The analysis result according to flick rammer

Classification	Shell movement	Position of contact and collision		Shooting speed change according to flick rammer
		Shell	Bore	
1st contact	Dive	Bottom	Entrance	Similar
2nd contact	Dive	Bottom	Flow bump	Similar
3rd contact	Dive	Bottom	Taper	70mm flick rammer is maximum
4th contact	LIFT	Top	Rifle	80mm flick rammer is minimum

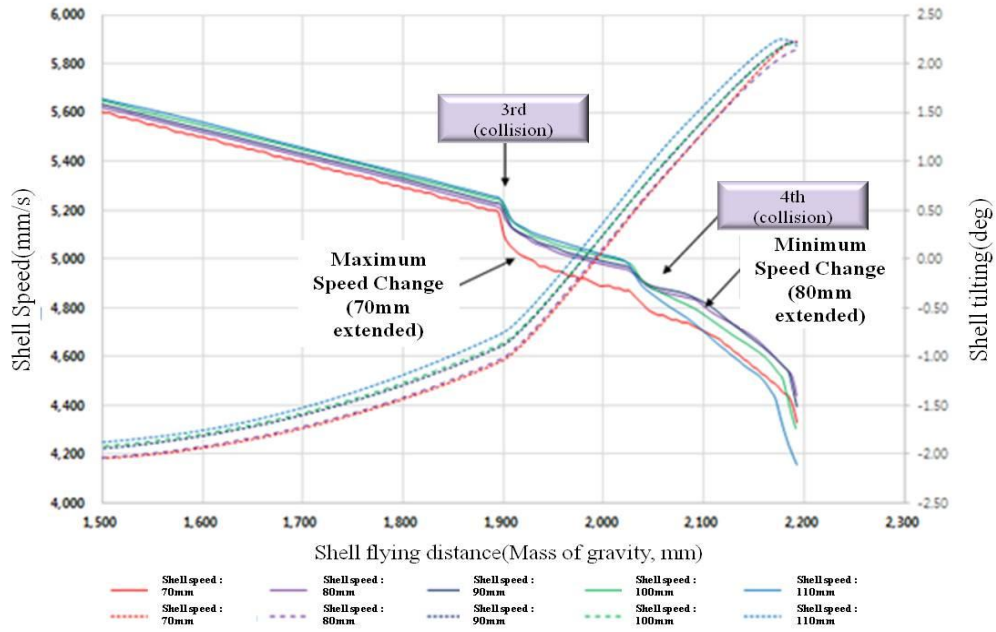


Fig. 4. The enlargement graph of 3rd and 4th crash

속도, 자세변화, 충돌 위치를 나타내고 있다. 기본적으로 탄은 00kg이상의 무게를 가지고 있으며 자중에 의해 탄 장전 시 6시 방향으로 충돌이 발생하게 된다.

이 때 CAE 분석 결과 탄 장전 시 약실로 진입한 탄두의 기울기는 기울어진(Dive)상태에서 비행하여 약실부와 4차례 접촉 또는 충돌이 발생하며 1, 2차 접촉에 의한 탄의 속도변화는 유사하나 3차 충돌 시 70mm 연장 밀대캡의 속도저하는 다소 크며 포강안착속도가 결정되는 4차 충돌 시에서는 80mm 연장밀대캡의 속도 감소량이 최소가 되는 것으로 Table 3 및 Fig. 4에서 확인할 수 있다. 즉 최종적으로 탄의 비행거리 감소통한 급속장전장치 간헐적 탄호름 문제를 개선하기 위해 기존의 0mm 밀대캡에서 연장된 80mm 밀대캡(CAE 분석을 통







한 최적화된 밀대캡), 그리고 110mm 밀대캡(설계적으로 비행거리 감소가 가장 큰 밀대캡)을 선정하여 제작하기로 결정하였다.

3. 연장밀대캡 시험방법 및 시험 결과

3.1 시험방법

2장에서 언급하였듯이 이론적 설계방안으로 도출된 80mm 및 110mm 연장밀대캡을 제작하여 기존의 0mm의 연장밀대캡과 비교하고자 한다. 밀대캡 형상 및 장착 위치는 Table 4와 같다. 그리고 시험 방법은 실제 장비에 개선 전/후 밀대캡을 부착하여 모의탄을 이용하여 장

Table 4. A scheme of flick rammer

Classification	Existing	80mm extended	110mm extended
Rammer			
Install Rammer Position			

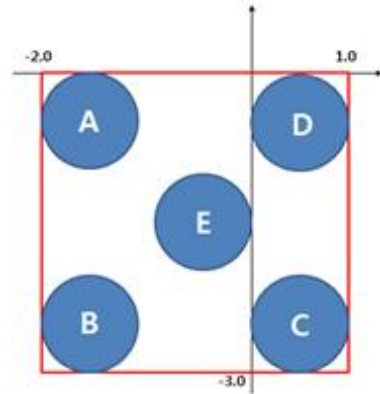


Fig. 5. A scheme of array position

전을 실시하며, 탄의 상태변화를 확인하기 위해 그림과 같이 속도 센서를 부착하여 장전완료 직전의 탄속을 측정하고, 가속도 센서를 부착하여 탄의 강내 비행 상태 변화(접촉, 충돌)를 측정하였다. Table 5와 같이 각 밀대캡 당 35회 장전 시험을 실시하며 이때 장전각은 0°, 25°, 52°이며 포신의 정렬 위치는 정렬범위 내부에서 경계조건인 5개소 A(좌상), B(좌하), C(우하), D(우상)와(중앙)으로 Fig. 5와 같이 조건을 설정하였다[5].

3.2 시험결과

자주포 장비에 설치하여 연장밀대캡에 대한 입증시험을 수행한 결과는 Table 6에서 보여 주고 있다. 표와 같이 기존 제품 대비 80mm 및 110mm 가변형 연장밀대캡을 적용했을 시 우수한 것으로 나타났다. 기존 밀대캡에서는 35회 시험횟수 대비 장전 성공 횟수가 32회(탄흐름 2회)며, 약실 입구 접촉 발생률은 76%로 이로 인해 개선

Table 5. The condition of proof test

Classification	Array Position					Sum
	A(Left-Up)	B(Left-Down)	C(Right-Down)	D(Right-Up)	E(Center)	
0°	1	1	1	1	1	5
25°	3	3	3	3	3	15
52°	3	3	3	3	3	15
Sum	7	7	7	7	7	35

Table 6. The result of proof test

Classification		Requirement	Existing	80mm extension	110mm extension
The number of success/ The number of test		-	33/35	37/37	37/38
The depth of a cartridge belt in shell (mm)	Average	3.0 ↑	10.1	11.1	10.4
	Standard deviation	-	2.33	0.95	1.13
Contact incident rate of chamberentrance (The number of contact/ The number of test)		-	76% (27/35)	46% (17/37)	51% (20/38)
The average of settling speed (m/s)		1.81 ↑	2.21	2.64	3.19

된 밀대캡 보다 평균포강안착속도가 2.21m/s로 낮은 것으로 나타났다. 이에 대해 개선품은 장전 성공 횟수도 높으며, 약실 입구 접촉 발생률이 46%~51%로 낮으며 평균포강안착속도 역시 2.64m/s~3.19m/s로 높은 것으로 나타났다. 그러나 설계단계에서는 예상하지 못했던 체계 운용성 부분이 확인 되었다. 즉, 운용병이 포탄을 장전트레이에 안착 시 트레이 후방 보강판(합금강)에 안착시켜야 하나, Fig. 6과 같이 110mm 연장 밀대캡에서는 길이가 길어서 장전트레이(알루미늄)의 찍힘 현상이 발생하였다.

즉, 설계측면 및 운용 측면을 모두 고려하였을 때 80mm 연장밀대캡이 최적인 것으로 분석되었으며 이를 통해 자주포 슈팅 방식의 급속장전장치에서 장전 시 발생하는 간헐적 탄흔름 현상을 일부 개선 할 수 있었으며, 개선품에 대한 실 장비 장착시험을 통해 체계 영향성에는 이상 없음을 입증하였다.

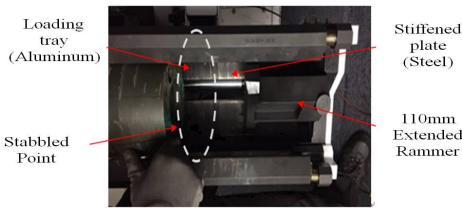


Fig. 6. Shooting tray dent phenomenon

4. 결론

본 연구는 자주포 급속장전장치의 사격 안전성 증대에 대한 연구를 위해 급속장전장치 내부 구조 분석을 통해 설계방안을 도출 및 제작하였고, 실제 장비에 장착하여 확인시험을 수행한 결론은 다음과 같다.

- (1) 슈팅 방식의 급속장전장치에서는 간헐적인 탄흔름(fall-back)이 발생할 수 있으며, 이를 해결하기 위해서는 비행거리를 감소해야 한다.
- (2) 급속장전장치 내부 구조 분석 및 실제 장전을 고려한 CAE 분석을 통해 비행거리 감소를 위해서는 장전밀대캡을 연장해야 되며 이때 최적화된 밀대는 80mm 연장밀대캡과 이론적으로 가장 비행거리가 짧은 110mm 연장밀대캡으로 분석되었다.
- (3) 연장밀대캡에 대한 체계장착 시험결과 장전 시

준폼에 비해 장전성공 횟수, 약실 입구 접촉발생율, 평균포강안착속도 등 모든 측면에서 우수하였고, 설계적인 측면과 운용적 측면을 고려하였을 때 80mm 연장 밀대캡이 가장 우수하였다.

References

- [1] J. W. Jung, U. H. Jung, C. S. Kim, Y. S. Yu, K. C. Park, K. C. Park, "Structural Integrity Evaluation for Crane Bracket of Armored Recovery Vehicle", *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, Vol.16, No.5, pp.653-658, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.9766/KIMST.2013.16.5.653>
- [2] DTaQ, "A report on Durability Improvement for Spline Shaft of Alternator of K9", 2011
- [3] S. H. Chu, C. Liu, "Finite Element Simulation of Fracture Toughness Test", *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers A*, Vol.37, No.4, pp.491-496, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.3795/KSME-A.2013.37.4.491>
- [4] S. J. Chu C. Liu, "Determination of True Stress-True Strain Curves from Tensile Tests with the Aid of Finite Element Analysis Simulation", *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers A*, Vol.35, No.1, pp.25-31, 2011.
- [5] ASTM A370 "Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products", 2014.

나 라 별(Ra-Byeol Na)

[정회원]



- 2013년 2월 : 인하대학교 항공우주공학과 (공학사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 국방기술품절원 연구원

<관심분야>

국방, 항공우주공학, 화력장비

김 병 현(Byung-Hyun Kim) [정회원]



- 2011년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 2013년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

국방, 기계/재료, 진동/소음

이 주 승(Ju-Seung Lee) [정회원]



- 2012년 2월 : 부산대학교 재료공학부 (공학사)
- 2014년 2월 : 부산대학교 재료공학과 (공학석사)
- 2014년 7월 ~ 2015년 7월 : 현대중공업 용접연구실 연구원
- 2015년 9월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 기계/재료, 진동/소음

김 병 호(Byeong-Ho Kim) [정회원]



- 2007년 2월 : 부산대학교 재료공학부 (공학사)
- 2009년 2월 : 부산대학교 재료공학과 (공학석사)
- 2012년 3월 : 부산대학교 재료공학과 (공학박사)
- 20012년 7월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

국방, 기계/재료, 화력장비